

2/4 21

ročník 2 1671 2021

je

V tomto čísle vám představíme plzeňskou Škodou JS, která letos oslaví pětadesáté narozeniny. V medailonku významných osobností si připomeneme profesora Josefa Bečváře, zakladatele dnešní katedry teorie a konstrukce energetických zařízení na Fakultě strojní ZČU. Detailně se zaměříme na uplatňování nových technologií ve Škodě JS, dostavbu JE Mochovce a servis jaderných zařízení. Seznámíme vás se studií o účinnosti zdrojů energie na snižování emisí CO₂, se systémem managementu jakosti na Úrade jadrového dozoru SR a se zaváděním akčních úrovní pro potřeby identifikace vzniku RMU. Na následujících stránkách tradičně najdete i aktuality z oblasti jaderné energetiky, čtvrtou část o komplexu horkých komor CVŘ a další články.

jaderná
energie

jadrová
energia

Jaderná energie

Jadrová energia

Základní úlohou časopisu „Jaderná energie/Jadrová energia“ je přispívat k úrovni kultury jaderné bezpečnosti. Časopis je psaný v českém a slovenském jazyce, vědecké a odborné články, abstrakty a anotace též v anglickém jazyce. Časopis vychází čtyřikrát ročně nákladem 400 výtisků a v elektronické podobě, která je volně dostupná na adrese jadernaenergie.online

OBSAH ČASOPISU JE ZAMĚŘEN NA:

- jadernou bezpečnost a radiační ochranu s důrazem na ochranu životního prostředí, zdraví profesionálních pracovníků a obyvatelstva,
- výzkum, vývoj a nové technologie,
- provoz a výstavbu jaderných elektráren,
- zpracování a ukládání radioaktivních odpadů,
- aplikace radioizotopů a ionizujícího záření,
- aktuální informace z dozorných orgánů,
- vzdělávání a rozvoj know-how.

Vydavatel:

Centrum výzkumu Řež s.r.o.
Hlavní 130, Řež
250 68 Husinec
Česká republika
IČO: 26722445

Úrad jadrového dozoru SR
Bajkalská 27
P.O.Box 24
820 07 Bratislava
Slovenská republika
IČO: 30844185

Redakce:

Michal Šafránek – šéfredaktor
redakce@jadernaenergie.online
+420 775 374 384
Mgr. Tereza Smékalová, Ing. Jiří Kuf,
Ing. Jan Procházka, Jan Trejbal.

Adresa redakce:

Centrum výzkumu Řež s.r.o.
Hlavní 130, Řež
250 68 Husinec
Česká republika

Redakční rada:

Ing. Aleš John, MBA – předseda
Ing. Daneš Burket, Ph.D., doc. Ing. Václav Dostál, Ph.D., Ing. Jiří Duspiva, PhDr. Tomáš Ehler, MBA,
Ing. Miroslav Hrehor, Ing. Jiří Hůlka, prof. Ing. Jan John, CSc., Ing. František Pazdera, CSc.,
Ing. Alena Rosáková, prof. Ing. Vladimír Slugeň, DrSc., Mgr. Petr Šuleř, Ing. Radek Trtílek,
Ing. Zdeněk Típek, Mgr. Miriam Vachová, Mgr. Ilona Vysoudilová, RNDr. Marek Vyšinka, Ph.D.,
RNDr. Vladimír Wagner, CSc., Ing. Jan Zdebor, CSc.

Grafika, sazba, jazykové korektury a tisk:

TOP Partners, s.r.o.
Classic 7 Business Park
Jankovcova 49
170 00 Praha 7
Česká republika

Registrace MK ČR

Časopis Jaderná energie/Jadrová energia
byl zapsán do evidence periodického tisku
Ministerstva kultury České republiky a bylo
mu přiděleno evidenční číslo MK ČR E 4671.
ISSN 2694-9024

Číslo 2/2021, ročník 2 [67]

Vychází 20. 4. 2021

editorial

Mé setkání se značkou Škoda

Vzpomínám si, když jsem začal chodit do školy, měli jsme na stěnách třídy kromě obrazů lovců mamutů od Zdeňka Buriana, řezu parním strojem a nákresu cukrovaru i jeden obraz s názvem Jaderný reaktor. Na něm byla značka připomínající indiánskou čelenku. Prostě takový indián.

Později jsem se dozvěděl, že na Slovensku u obce Jaslovské Bohunice se buduje první československá jaderná elektrárna a zase to bylo spojeno s tím indiánem. Když jsem skládal státnice, tak se ta první československá A1 spouštěla a zas u toho byl ten indián. Začaly se stavět Dukovany, často jsem zajížděl na Slovensko do Jaslovských Bohunic na V1 a V2, ale také do Plzně, a vždycky se na mě odněkud koukal ten indián.

Poznal jsem řemeslný um, invenci, ale i hrdost Plzeňáků a škodováků na firmu a na značku, na toho indiána. To jsem ovšem již dávno věděl, že to není indián, ale okřídlený šíp. Nicméně familiární název indián se mi líbil a líbí se mi s úctou dodnes.

Později po spuštění V2 na Slovensku a dalších jaderných bloků v Dukovanech, přišla po Černobylu dokompletační opatření pro zvýšení bezpečnosti. Řešil se problém, kam s použitým palivem. Realizovaly se projekty zkompaktnění bazénů skladování a stavby meziskladů v Dukovanech i Temelíně. Modernizoval se systém měření a regulace EDU. Zvýšil se výkon bloků EDU na 500 MWe. Spustily se dva reaktory v Mochovcích a dva reaktory v Temelíně a vždycky na straně dodavatele byli ti hoši s indiánem na montérkách.

Nemohu nevzpomenout výrobu reaktorů VVER-440 a VVER-1000, reaktor Vrabec, reaktory v Řeži, a nakonec i dnešní debaty o nových jaderných blocích, o čtvrté generaci a třeba malých modulárních reaktorech. A také konstatování, že značka Škoda je známá i na Ukrajině, v Rusku, v Maďarsku, Bulharsku, a i jinde za hranicemi.

A tak ať se řekne Škodovka nebo okřídlený šíp, nebo indián, vždycky si vybavím ty stovky vysoce kvalifikovaných lidí s tahem na branku, s obrovskou technickou invencí, kteří dokážou dodržet slíbené a dohodnuté a kteří jsou hrdí na svou firmu a její značku. To je firemní kultura, jakou mohou mnozí závidět.

Toto číslo Jaderné energie je věnováno „Jaderné výrobě v Plzni“ a proto jsem si dovolil takový osobní přístup. A tak všem jaderným škodovákům děkuji, za 65 let práce pro jadernou energetiku a za možnost být společně u toho. Škodovce gratuluji ke skvělé firemní kultuře a přeji následovatelům další rozvíjení firmy. Tak, aby ten indián byl pořád na projektech, výrobcích a akcích pro další jaderné pokračování v budoucích obdobích.

Aleš John

předseda redakční rady



obsah

představujeme

- Ve ŠKODA JS se již 65 let úspěšně věnujeme jadernému strojírenství** 04
Ing. František Krček

medailonek významných osobností

- Prof. Ing. Josef Bečvář** 08
Ing. J. Zdebor, CSc. a kolektiv

jaderná bezpečnost a radiační ochrana

- Zavádění havarijních akčních úrovní pro potřeby identifikace vzniku RMU na JE** 10
Ing. Josef Koc, CSc., Ing. Jiří Hůlka

výzkum, vývoj a nové technologie

- Praktické využití virtuální reality, 3D tisku, 3D skenování a dalších moderních technologií** 16

Ing. Antonín Rudolf, Ing. Pavel Krupař

- Speciální metody svařování používané při výrobě obalových souborů na vyhořelé palivo** 20

Ing. Ladislav Benýr

- Evaluation of the Effectiveness and Economics of Varying Renewable Energy as a Means for Abating Global Warming (Part 1)** 24

Agustin Alonso, Barry Brook, Juan Eibenschutz, Carlo Lombardi, Kazuaki Matsui,

Jozef Mišák, Guido Possa, Jan van Erp

- Infrastruktura horkých komor Centra výzkumu Řež (4. díl)** 32

Mgr. David Zoul, Ing. Markéta Koplová, Ph.D., RNDr. Mariia Zimina, Ph.D.,

Mgr. Patricie Halodová, Ph.D., RNDr. Pavel Zháňal, Ph.D., Bc. Ondřej Libera,

Roman Janura, Vít Rosnecký

provoz a výstavba jaderných zařízení

- ŠKODA JS a.s. v projektu výstavby 3. a 4. bloku JE Mochovce** 44

Ing. Jan Vybulka

- ŠKODA JS se již řadu let stará o české jaderné elektrárny** 50

Ing. Z. Kratochvíl

- Dodáváme řešení i pro konec palivového cyklu** 55

Ing. Luděk Urban

vzdělávání a rozvoj know-how

- Spolupráce ŠKODA JS s vysokými školami** 58

Ing. J. Zdebor, CSc.

- Systém manažerstva kvality na Úrade jadrového dozoru SR** 62

Ing. Ján Husárček, CSc.

okno do historie

- Z knihy o historii jaderné energetiky (6. část)** 72

Ing. Zdeněk Kříž

aktuality

- 65 let od zřízení Spojeného ústavu jaderných výzkumů v Dubně (Mgr. Emilie Těšínská)** 76

- Symposium ISSCWR-10 (Monika Šípová)** 80

- Nový jaderný zdroj Dukovany dosáhl významného milníku (Aleš John)** 81

41

Ve ŠKODA JS se již 65 let úspěšně věnujeme jadernému strojírenství

Jaderný obor v Plzni si připomíná 65 let. Od úzké skupiny odborníků v tehdejších Závodech V. I. Lenina, které ale stejně byly vždy Škodovkou, po dnešní společnost, která je významným hráčem evropského jaderného strojírenství.

Ing. František Krček

20

Speciální metody svařování používané při výrobě obalových souborů na vyhořelé palivo

Článek představuje unikátní metody svařování využívané v divizi Jaderné zařízení ve společnosti ŠKODA JS, v tomto případě konkrétně ve využití vývoje unikátních a speciálních metod svařování ve výrobě jaderných zařízení.

Ing. Ladislav Benýr

32

Infrastruktura horkých komor Centra výzkumu Řež (4. díl)

V tomto článku si klademe za cíl seznámit čtenáře s novým pracovištěm horkých komor, které bylo v uplynulých letech postaveno v Řeži u Prahy. Náš výzkumný program je zaměřen na strukturální diagnostiku a studium mechanických vlastností materiálů vystavených vysokým dávkám neutronové radiace v jaderných a termojaderných reaktorech.

Mgr. David Zoul

62

Systém manažerstva kvality na Úrade jadrového dozoru SR

V článku je opísaný procesný manažérsky systém kvality zavedený na ÚJD SR v súlade s normou STN EN ISO 9001:2016 a štandardom MAAE No. CSR Part 2. Uvedená je história jeho vzniku a rozvoja.

Ing. Ján Husárček, CSc.

Ve ŠKODA JS se již 65 let úspěšně věnujeme jadernému strojírenství

Ing. František Krček

ŠKODA JS a.s.

Jaderný obor v Plzni si připomíná 65 let. Od úzké skupiny odborníků v tehdejších Závodech V. I. Lenina, které ale stejně byly vždy Škodovkou, po dnešní společnost, která je významným hráčem evropského jaderného strojírenství.

The nuclear field in Pilsen commemorates 65 years. From a small group of experts in the then Závody V. I. Lenina, which, however, have always been a Škoda, to today's company, which is a major player in European nuclear engineering.

Mám se tu na omezeném prostoru zamyslet nad tím, co je pro těch 65 let nejvíce charakteristické a o čem vypovídají. Výčet milníků v podobě konkrétních etap a dat najdete v následujícím materiálu. Se současnými trendy v údržbě, uplatnění nejmodernějších technologií a postupů či s úlohou ŠKODA JS v Mochovcích vás seznámí články mých kolegů v tomto čísle.

Co je tedy to hlavní, co si dnes z historie bereme a na co navazujeme ve své práci každodenní i při úvahách o budoucnosti? Kompetence, odvaha, kvalifikace, inovace, kvalita. Nejsou to v případě společnosti ŠKODA JS jen slova. Ke každému z nich lze z historie uvést více než jeden příklad. Nebojíme se nových úkolů, a co je hlavní – zvládáme je.

V roce 1956, když v Plzni vzniká pracovní skupina několika odborníků, je obor ve světě i u nás zelená louka a pole neorané. Není tým, nejsou pracovníci, nejsou projekty, není vybavení, nejsou počítače. A přesto se již v roce 1972 spouští první československá jaderná elektrárna A-1 v Jaslovských Bohunicích. Pokud by pro zakladatele oboru neplatily uvedené charakteristiky, určitě bychom si s tím neporadili. Na domácí půdě potom následovala výstavba Dukovan a Temelína,

kterou zajistily v rozhodující míře české firmy, mezi nimiž měla ŠKODA JS rozhodně významný podíl.

Tak můžeme společně postupovat po časové ose naší práce a najdeme vždy nové příklady. Osvojení technologie výroby reaktorů VVER a jejich téměř sériová výroba v osmdesátých letech. Celkem jich bylo 24. Dnešní výroba vnitřních částí reaktoru pro francouzské reaktory EPR v Číně, ve Finsku, ve Velké Británii. Zahájení kontejnerového programu pro použité palivo, jehož aktuálním vrcholem jsou obalové soubory (kontejnery) vlastního designu pro obě české jaderné elektrárny. Výroba pohonů řídicích tyčí a zařízení obsluhy reaktorů pro tuzemské i zahraniční elektrárny. Vyvážecí zařízení pro Francii i pro Ukrajinu. Dnes se výroba podílí na výsledcích společnosti cca 34 %.

Provoz českých jaderných elektráren nás logicky přivedl k práci v oblasti údržby a servisu. Zvítězili jsme v soutěži a od roku 2008 zajišťujeme údržbu primárního okruhu na všech šesti tuzemských jaderných blocích. Nejen údržbu, ale také modernizaci. Při každé odstávce a údržbě se objeví nové výzvy a my je vždy dokážeme vyřešit. Servis dnes činí přibližně 29 % našich výkonů. Unikátní operací



Výroba kontejneru ŠKODA 1000/19
na soustruhu v Reaktorové hale v Plzni

byla výměna systému kontroly a řízení v Dukovanech, kterou jsme prováděli bez nároků na dodatečné odstávky bloků. Zjednodušeně jsme vyměnili mozek elektrárny za plného provozu. Dnes ukončujeme obdobný projekt v maďarské Pakši, dodáváme i na arménskou jadernou elektrárnu Metsamor.

S podobnými velkými a náročnými projekty se v naší nabídce organicky objevil také inženýring. Jeho v současnosti největší zakázkou je dostavba třetího a čtvrtého bloku v Mochovcích. Tam prokazujeme schopnost nejen dodávek, ale také řízení a koordinace dodavatelů a činností v mimořádném rozsahu. Velké projekty máme i na Ukrajině, kde se kromě modernizace elektráren staráme i o to, aby reaktory odpovídaly všem aktuálním bezpečnostním požadavkům. Podíl inženýringu na výsledcích společnosti je dnes přibližně 38 %.

Stále více se zapojujeme do projektů v zahraničí. S ohledem na omezenou kapacitu domácího trhu dnes realizujeme polovinu tržeb ve vývozu zboží a služeb. Zapojení do mezinárodních dodavatelských řetězců a týmů nám dává také nové poznatky a pracovní návyky. Umíme své zkušenosti předávat a současně též čerpat zkušenosti a vědomosti pro příští úkoly.

Aktuálně věříme, že stejně jako další české podniky v oboru dostaneme významnou možnost všechny znalosti, zkušenosti a kva-

lifikaci osvědčit na výstavbě nového jaderného zdroje v České republice. Jsme pro to kvalifikovaní a kompetentní. Můžeme tak podpořit nejen energetickou bezpečnost ČR, ale také posílit české podniky a zvýšit i celkovou technickou a vzdělanostní úroveň české ekonomiky.

Ing. František Krček

frantisek.krcek@skoda-js.cz



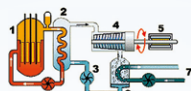
Absolvoval Strojní fakultu Vysokého učení technického v Brně, obor Tepelné a jaderné energetické stroje a zařízení. Po ukončení studia nastoupil v roce 1996 do společnosti ČEZ na budovanou jadernou elektrárnu Temelín. Kariéru zahájil v útvaru Správy zařízení primárního okruhu, kde se účastnil výstavby a spouštění elektrárny. Po jejím uvedení do provozu působil v útvaru Koordinace a řízení odstávek. V roce 2008, po vítězství ŠKODA JS a.s. v tendru na generálního dodavatele údržby zařízení primárního okruhu českých jaderných elektráren, začal pracovat v této společnosti na pozici site-managera v lokalitě elektrárny Temelín. V roce 2013 se stal ředitelem divize Servis JE a v roce 2018 členem představenstva společnosti. Od roku 2020 je generálním ředitelem a místopředsedou představenstva ŠKODA JS a.s.

Historie společnosti

Vládami Československa a Sovětského svazu byla podepsána mezivládní dohoda o výstavbě první jaderné elektrárny v Československu – A-1 Jaslovské Bohunice.

Založena pracovní skupina konstruktérů Závodu V. I. Lenina pro jadernou oblast – pod vedením Josefa Hauera, následně vzniká u útvaru hlavního konstruktéra ve Škodových závodech Odbor výstavby A-1. Tento moment považujeme za počátek jaderného programu v naší společnosti. Od 5. srpna 1956 začali ve strojírenském závodě LMZ v Petrohradě pracovat první pracovníci ze Škodovky, aby se zde podíleli s ruskými projektanty na přípravě elektrárny A-1.

1956



Na základě mezivládní smlouvy začala v podniku Škoda výroba komponent pro primární okruh jaderných elektráren typu VVER.

1974

Uvedení jaderné elektrárny A-1 Jaslovské Bohunice (1x 150 MWe GCHWR) do provozu.

Zahájena výstavba jaderné elektrárny Jaslovské Bohunice V-1, typ VVER 440/V-230.

1972

Zahájení výroby reaktorů v nové Reaktorové hale, v té době jedné z nejmodernějších v Evropě.

1979

Výroba 2-3 kompletů reaktorů VVER 440 ročně (JE Paks, Maďarsko; JE Jaslovské Bohunice V-2; JE Nord, Německo; JE Zarnowice, Polsko; JE Mochovce Slovensko; JE Dukovany, ČR)

1981

Komplexní rekonstrukce výzkumného reaktoru LVR-15 v ÚJV Řež.

Dodávka prvního reaktoru VVER 1000 pro jadernou elektrárnu Belene, Bulharsko, tlaková nádoba reaktoru později umístěna na Kalininskou JE 4. blok, Rusko.

1989

Dodávka reaktorů VVER 1000 pro jadernou elektrárnu Temelín.

1991-1993

První velký kontrakt na Ukrajině – kompaktní skladovací mříže pro použité jaderné palivo na Rovenskou jadernou elektrárnu.

Zahájení výroby kontejnerů pro použité palivo typu CASTOR®.

1994

První úspěšná dodávka kompletu pohonů regulačních orgánů a řídicí elektroniky pro ukrajinské jaderné elektrárny (Jižněukrajinská jaderná elektrárna).

1995

Otevření nové výrobní haly v Bolevci pro výrobu komponent pohonů.

1997

Dodávka vnitřních částí pro reaktory západního typu BWR pro jadernou elektrárnu Forsmark, Švédsko

Vítězství v tendru na dopravu závodu na úpravu zemního plynu v Sosnogorsku

Vznik akciové společnosti ŠKODA JS a.s.

1999

Vítězství v tendru ČEZ na dodávku a rekonstrukci systému kontroly a řízení na jaderné elektrárně Dukovany.

2000

Založení strojírenského závodu hrabětem Valdštejnem.

1859

1956-1972

1973-1989

1990-1994

1995-2004

1869

Emil Škoda kupuje plzeňský závod hrabětem Valdštejnem.

1964

Zahájena výroba zařízení pro jadernou elektrárnu A-1 Jaslovské Bohunice.

1970

Zahájení provozu experimentálního reaktoru ve Vochově.

Vládami Československa a Sovětského svazu byla podepsána mezivládní dohoda o stavbě jaderné elektrárny Jaslovské Bohunice V-1 se dvěma reaktory typu VVER 440, vládou bylo rozhodnuto založit další vývoj jaderné energetiky na reaktorech VVER.

1980

Výroba a dodání první tlakové nádoby VVER 440/V-213 do jaderné elektrárny Paks, Maďarsko.

1990

Výroba a dodávka školního reaktoru VR 1 – Vrabec pro ČVUT FJFI.

1985-1987

Spuštění jaderné elektrárny Jaslovské Bohunice V-2.

Spuštění jaderné elektrárny Dukovany, bloky 1-4.

1993

Privatizace a založení společnosti ŠKODA JADERNÉ STROJIRENSTVÍ, Plzeň, s.r.o.

První dodávka zařízení pro západní typy jaderných reaktorů (opěrný rám tlakové nádoby reaktoru PWR, JE Civaux, Francie).

1996

Zahájení výroby komponent palivových souborů pro firmu Westinghouse.

1998

Změna názvu společnosti na ŠKODA JS s.r.o.

1998-2000

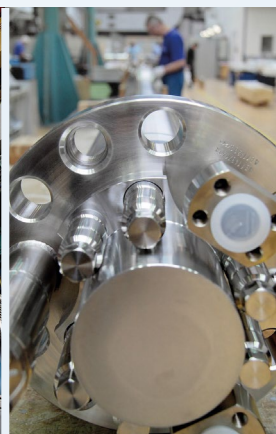
Uvádění do komerčního provozu jaderné elektrárny Mochovce 1,2.



Josef Hauer

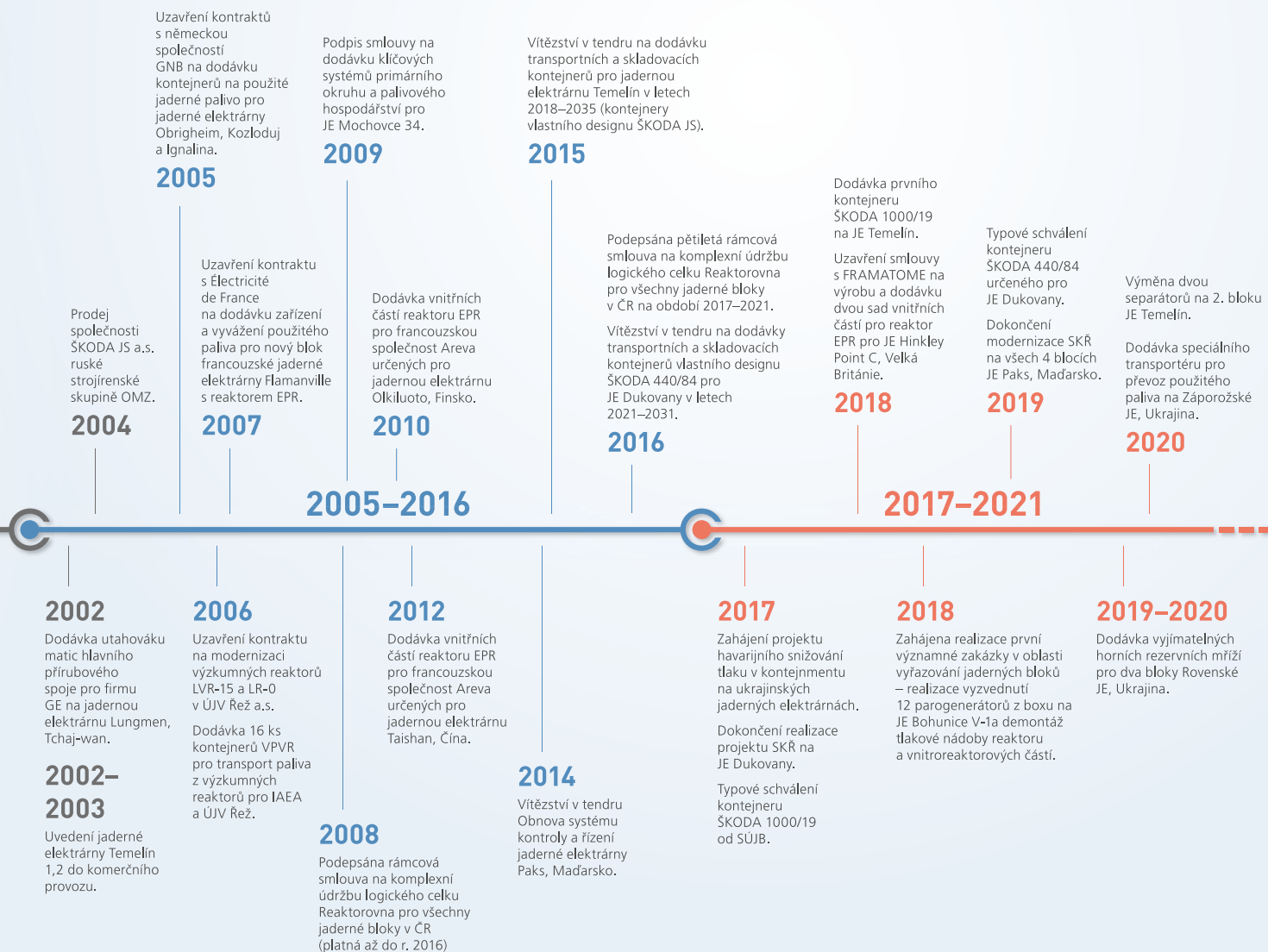


Emil Škoda



Současné aktivity

Finální dodavatel významné technologické části – systému primárního okruhu a transportně-technologické části pro jadernou elektrárnu Mochovce 3,4, servis všech bloků českých jaderných elektráren, pokračují dodávky pohonů regulačních orgánů pro rekonstrukce českých, slovenských a ukrajinských jaderných elektráren, dodávky kontejnerů vlastního designu, rozšíření dodávek v oblasti výzkumných reaktorů, pokračování v dodávkách zařízení pro elektrárny typu VVER i EPR.



Prof. Ing. Josef Bečvář

Narozen 1. 11. 1900 v Semicích u Písku

Zemřel 2. 2. 1969 v Plzni

**Volně podle poznámek Ing. A. Komárka, CSc.
a zdrojů z KKE zpracoval Ing. Jan Zdebor, CSc.**

Prof. Ing. Josef Bečvář byl významným odborníkem v oboru tepelných turbín a patří k zakladatelům jaderné energetiky v Československu.

Svá vysokoškolská studia absolvoval na ČVUT v Praze. Byl žákem a později asistentem předního konstruktéra a přednosty Ústavu parních motorů a kompresorů prof. Ing. Jana Zvoníčka. Studia absolvoval s vyznamenáním v roce 1924.

Do Škodových závodů nastoupil v roce 1927 jako výpočtář do oddělení parních turbín. Později se stal vedoucím konstrukční kanceláře a zástupcem ředitele oddělení. Ve třicátých letech vykonal řadu studijních cest na elektrárny v Německu, Belgii, Holandsku a Francii. Ve Škodovce působil více než čtvrt století a významně se podílel na vývoji nových typů parních turbín. Za dobu jeho působení

výrostly jednotkové výkony škodovských turbín téměř o tři řády. Turbíny pro elektrárnu Třebovice v roce 1932 představovaly svými parametry 125 bar a 490 °C tehdejší světovou špičku. Na tomto úspěchu měl mladý Ing. Bečvář významný podíl.

V akademickém roce 1952/53 začal Ing. Bečvář externě přednášet parní a plynové turbíny a regulace na Vysoké škole strojní a elektrotechnické v Plzni. V r. 1954 byl vyzván, aby se jako špičkový průmyslový odborník spolupodílel na vytváření odborné úrovně rozvíjející se nové technické vysoké školy. K 1. 1. 1955 odešel ze Škodovky na Vysokou školu strojní a elektrotechnickou, kde byl v dubnu 1955 jmenován řádným profesorem pro obor stavba turbín. Katedru tepelných turbín a tepelné techniky založil v roce 1956, a až do své smrti v roce 1969 ji vedl. V letech 1957/58 přednášel v postgraduálním kurzu jaderné energetiky na Fakultě technické a jaderné fyziky na Karlově univerzitě v Praze. V r. 1958 založil tradici mezinárodních konferencí o problematice parních turbín velkých výkonů. Pro studenty tohoto oboru vydal v roce 1968 celostátní vysokoškolskou učebnici Tepelné turbíny.

V bývalém Československu se v roce 1955 začal rodit nový obor, který svou novostí, teoretickou náročností i počátečním nedostatkem informací a zkušeností začal přitahovat řadu zejména mladých technických odborníků. Profesor Bečvář velice realisticky odhadl budoucnost jaderné energetiky, uvěřil v ní a ve své odborné i pedagogické činnosti ji všemožně podporoval. V letech 1956, 1958 a 1964 se zúčastnil všech třech mezinárodních





konferencí OSN o mírovém využívání jaderné energie. Zasloužil se o to, aby v akademickém roce 1963/64 byla výuka na katedře rozšířena o nový obor – jaderně energetická zařízení.

Jako člen československé delegace se v roce 1956 zúčastnil výběru typu naší první jaderné elektrárny A-1. V dalších letech se zúčastňoval řešení některých vážných technických problémů při přípravě této elektrárny. Působil jako expert při jejím projektování a v roce 1962 předsedal za čs. stranu závěrečné expertize, kterou se přejímal sovětský technický projekt. V expertní činnosti při řešení technických problémů pokračoval i v dalších letech a rovněž konzultoval nové koncepční záměry Škodovky v tomto oboru.

Pro studenty nově založené jaderně energetické specializace připravoval profesor Bečvář studijní materiály a inicioval ustavení autorského kolektivu pro další celostátní vysokoškolskou učebnici Jaderné elektrárny, jejíž 1. vydání v roce 1978 se však již nedožil.

Ing. Arnošt Komárek, CSc., dlouholetý technický ředitel a ředitel závodu Jaderné elektrárny a jeden z jeho blízkých spolupracovníků o něm napsal: „Zásluhou prof. Bečváře

měla v poválečném období Škodovka kvalitní, akademicky vzdělaný dorost v oboru stavby energetických zařízení, přičemž jako na jediném vysokoškolském pracovišti v tehdejší Československu tito mladí odborníci procházeli náročnou syntetickou výchovou v oblasti konstruování s důrazem na průpravné teoretické vzdělávání. Profesor Bečvář byl zosobněním základní technické etiky, podle níž technické dílo získává význam a hodnotu teprve tehdy, když je dovedeno do fungujícího provozního stavu. V době, kdy již bylo zřejmé, že těžkovodní program v Československu skončí jadernou elektrárnou A-1 byl jedním z těch, kterým se podařilo ve Škodovce udržet dostatek morálních sil angažovat se až do nejistého konce na realizaci typově již neperspektivní jaderné elektrárny. Také díky jemu nebyla A-1 pouhým naplněním času a prostředků, ale pro československý průmysl klíčem k cestě do nového jaderného věku. Profesor Bečvář promítl do svého technického díla i do duší svých vnímavějších spolupracovníků takové své typické osobní vlastnosti, jakými byly jeho čestnost, nezištnost, opravdovost, neobyčejná houževnatost a pracovitost, odborné zaujetí a technická poctivost. Jeho význam přerostl obor parních turbín, Škodovky a Plzně. Zřetelně se projevil i v našem novém průmyslovém oboru jaderně energetických zařízení.“



Zavádění havarijních akčních úrovní pro potřeby identifikace vzniku RMU na JE

**Ing. Josef Koc, CSc. ⁽¹⁾, Ing. Jiří Hůlka ⁽¹⁾,
Ing. Miroslav Hrehor ⁽²⁾, Ing. Marek Ruščák ⁽²⁾**

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. ⁽¹⁾, Centrum výzkumu Řež s.r.o. ⁽²⁾

V rámci řešení projektu bezpečnostního výzkumu VI20172020085 „Identifikace vzniku radiačních mimořádných událostí na jaderných elektrárnách a systém klasifikace jejich závažnosti“ zpracoval SÚRO v.v.i. ve spolupráci s CVŘ dokument s názvem Metodologie pro hodnocení systému prvotní identifikace vzniku a kategorizace závažnosti radiačních mimořádných událostí na jaderných elektrárnách. Dokument si klade za cíl usnadnit hodnotitelům SÚJB kontrolu efektivnosti vypracovaného systému identifikace vzniku a kategorizace závažnosti radiačních mimořádných událostí u držitelů povolení k vykonávání činností souvisejících s využíváním jaderné energie. Zpracování tohoto dokumentu naplňuje doporučení R-15 [1] mise IRRS [2] IAEA z roku 2013.

In the framework of the Security Research Project “Identification of the occurrence of Radiation Extraordinary Events at Nuclear Power Plants and a system for classifying their severity”, the National Radiation Protection Institute (SÚRO) in cooperation with Research Centre Řež is preparing a document entitled Methodology for the Evaluation of the System of Initial Identification of the Occurrence and Categorization of the Severity of Incidents of Radiation on Nuclear Power Plants. The aim of the document is to make it easier for the evaluators of the State Office for Nuclear Safety (SÚJB) to check the effectiveness of the developed system for the identification of the occurrence and categorization of the severity of radiological emergencies of holders of authorizations to carry out activities related to the use of nuclear energy. The drafting of this document complies with the IRRS IAEA Recommendation R-15 of 2013.

ÚVOD

Analýzy historických radiačních mimořádných událostí (RMU), ke kterým na jaderných elektrárnách v průběhu jejich spouštění, provozu, údržby a vyřazování z provozu došlo, jsou cenným zdrojem informací zejména pro předcházení jejich vzniku. Získané zkušenosti jsou využívány především z hlediska stanovení požadavků pro zavádění technických a organizačních opatření nezbytných pro úspěšné potlačování rozvoje havarijních podmínek, a to až po úroveň těžkých havárií. Přes řadu zavedených technických i organizačních opatření však dosud nešlo na provozovaných JE II. generace zabránit vzniku těžkých havárií a úniku radioaktivních látek (RaL) v takové míře, aby nebylo nutno zavádět opatření na ochranu obyvatelstva.

STÁVAJÍCÍ POŽADAVKY ČESKÉ LEGISLATIVY NA SYSTÉM IDENTIFIKACE VZNIKU RMU

Atomový zákon č. 263/2016 Sb. (AZ) nově zavedl místo výrazu havarijní připravenost pojem zvládání radiačních mimořádných událostí (ZRMU). Cílem této změny bylo postižení nejen vlastní fáze připravenosti na RMU, fáze analýz a hodnocení v úvahu přicházejících RMU, ale i následující fáze odezvy na RMU a nově i fáze nápravy stavu po radiační havárii (RH).

AZ rovněž nově v § 49 požaduje zajistit, udržovat a procvičovat opatření a postupy ZRMU stanovené vnitřním havarijním plánem a vnitřními předpisy, a dále zavést procesy a činnosti k zabránění rozvoji havarijních podmínek na

jaderném zařízení a ke zmírnění jejich následků, dokumentovat je a průběžně aktualizovat. V § 155 AZ definuje, v rámci zajištění připravenosti k odezvě na RMU, požadavky na zjišťování vzniku RMU, jejich zařazení do kategorie RMU a řízení a provádění odezvy na RMU. Požadavky na zjišťování vzniku RMU stanovené AZ jsou dále rozpracovány ve vyhlášce č. 359/2016 Sb. o podrobnostech k zajištění zvládnutí RMU v § 6 „Postupy a opatření k zajištění zjišťování vzniku radiační mimořádné události“, který havarijní akční úroveň (HAÚ) definuje jako

- a) *„veličiny nebo skutečnosti vztahující se k okamžitému stavu systémů, konstrukcí a komponent JZ nebo k okamžitému stavu pracoviště se zdroji ionizujícího záření nebo obalového souboru s radioaktivní nebo štěpnou látkou při přepravě, jejichž selhání nebo poškození může vést k narušení bariér určených k zamezení úniku RaL nebo šíření ionizujícího záření do pracovního nebo životního prostředí, nebo vzniku NES v areálu JZ nebo na pracovišti se zdroji ionizujícího záření nebo v okolí obalového souboru a dopravního prostředku při přepravě a“*
- b) *„zjištění provozní události nebo mimořádné události [3] podle jiného právního předpisu [1], která může ohrozit JB nebo radiační ochranu při vykonávání činností v rámci plánované expoziční situace, a průběh této události.“*

Požadavek na zavedení systému prvotní identifikace vzniku a kategorizace závažnosti RMU na českých jaderných elektrárnách vzešel z doporučení mise Integrated Regulatory Review Service (IRRS) [2] uskutečněné ve dnech 18.–29. 11. 2013 na SÚJB. Doporučení R-15 této mise stanovovalo požadavky na zavedení havarijních akčních úrovní do českého atomového zákona, příslušného prováděcího předpisu a na vypracování příslušného doporučení tvorby a používání HAU.

STÁVAJÍCÍ SYSTÉM IDENTIFIKACE VZNIKU RMU NA ČESKÝCH JE

Česká atomová legislativa vyžaduje na provozovateli JE, aby disponoval systémem hodnocení provozních událostí umožňujícím jejich včasnou identifikaci a rychlé posouzení příčin

a okolností jejich vzniku, vlivu provozních událostí na vývoj zhoršování jaderné bezpečnosti (JB) při provozu jaderného zařízení, míry snížení bezpečnostních rezerv a ovlivnění úrovně ochrany do hloubky. Držitel povolení musí na základě sledování, měření, hodnocení, ověřování a zaznamenávání veličin a skutečností důležitých z hlediska JB jaderného zařízení vytvořit systém hodnocení jejich potenciálních dopadů na vznik RMU, a v návaznosti na tento systém hodnocení musí zajistit přiměřenou odezvu.

Systém hodnocení veličin a skutečností důležitých z hlediska JB jaderného zařízení je základní vstupní komponentou systému ZRMU, ve kterém poskytuje pracovníkům JE základní informace umožňující mu bezodkladně implementovat řadu předem připravených souborů opatření ke zvládnutí situace související se vznikem RMU, s cílem znovunabytí kontroly nad vzniklou situací a zabránění následkům vzniklé RMU, včetně neradiačních následků, nebo jejich zmírnění. Pracovníci JE při ZRMU vychází ze znalosti HAU, jimiž jsou skutečnosti nebo veličiny, které indukují podezření na vznik nebo vznik RMU při provádění povolené činnosti. HAU, které vedou nebo mohou vést k překročení limitů ozáření, a které vyžadují zavedení opatření, jež by zabránila jejich překročení nebo zhoršování situace a z pohledu zajištění radiační ochrany tvoří základ systému kategorizace RMU sloužícího k posuzování závažnosti RMU a její odstupňované klasifikaci jako RMU prvního stupně, radiační nehody (RN) a RH.

Stávající systém identifikace vzniku RMU na českých JE je založen na principu HAU, které jsou na základě provedených analýz v úvahu připadajících RMU a hodnocení jejich dopadů stanoveny jako soubor předem určených, místně specifických iniciačních událostí (IU), jejichž výskyt je podnětem k prošetření podezření na vznik nebo potvrzení vzniku RMU, popřípadě podnětem k zahájení odezvy. HAU jsou odvozeny pro všechny činnosti prováděné v rámci povolené činnosti, mohou se například skládat z několika monitorovacích úrovní a obsahovat popis provozních událostí, jejichž další rozvoj může ohrozit jadernou bezpečnost nebo radiační ochranu.

PROCESNÍ SCHÉMA KLASIFIKAČNÍHO SYSTÉMU RMU V ČR

Okamžitá a efektivní odezva na vznik RMU na JE v ČR může být zajištěna pouze za podmínky, že každý pracovník JE podílející se na odezvě je znalý činností, které má zabezpečit při vyhlášení konkrétní kategorie RMU, tj. RMU 1. stupně, RN a RH. Rychlé a koordinované odezvy je dosaženo na základě systému posuzování závažnosti identifikovaných iniciačních událostí, včetně mimořádných událostí [4] (MU), které ke vzniku RMU vedou. Systém posuzování závažnosti IU je založen na principu odstupňovaného přístupu posuzování rizika potenciálního vlivu identifikované IU na provoz JE, a případných dopadů vzniklé RMU na zdraví a životy pracovníků JE i okolního obyvatelstva. Systém posuzování závažnosti IU je provázán se systémem připravenosti k odezvě na RMU, cíleným k zajištění ochrany zaměstnanců a veřejnosti.

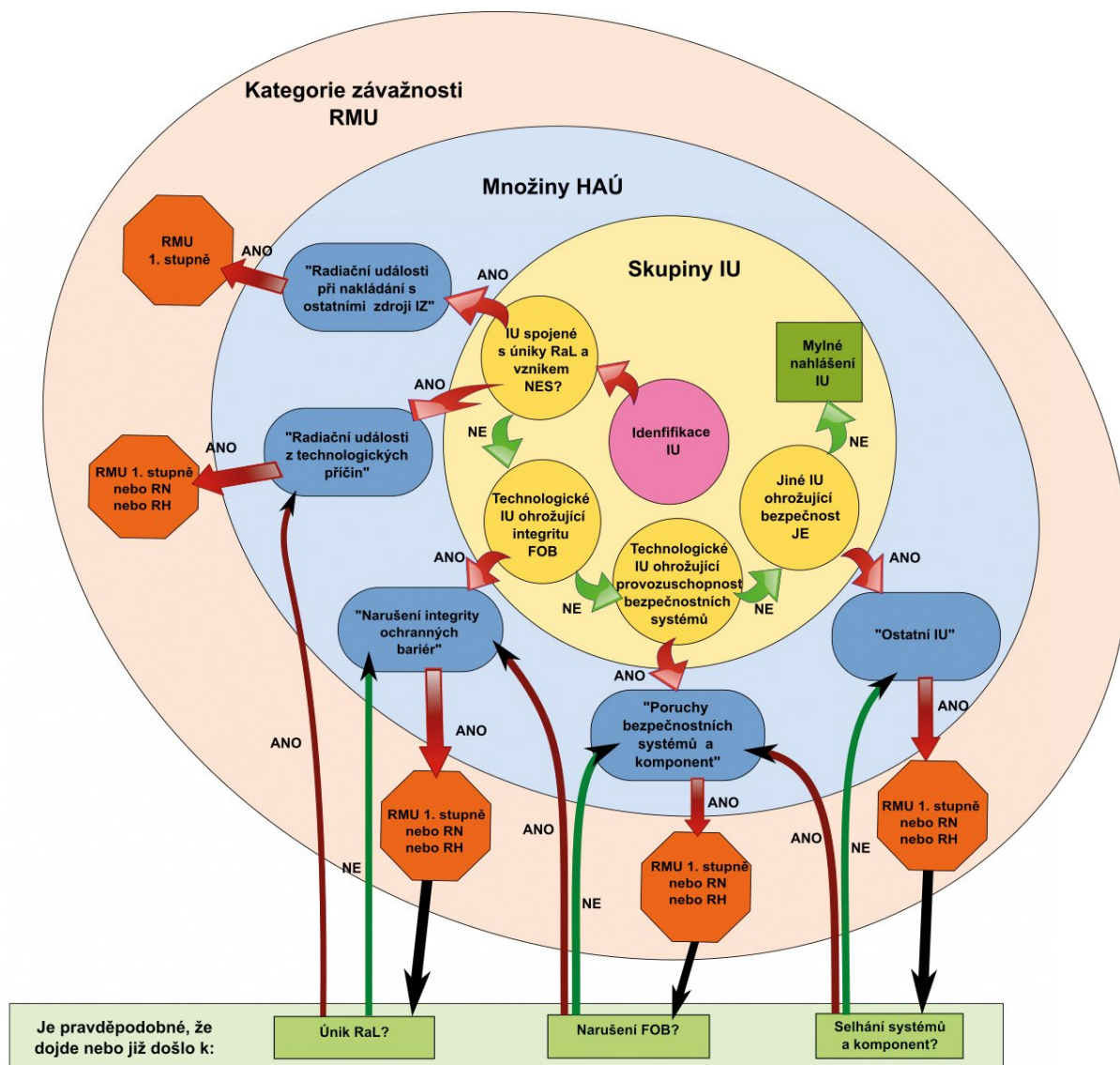
Zavedení klasifikace závažnosti IU vytváří podmínky pro včasnou reakci pracovníků obsluhy JE na vznikající nehodovou expoziční situaci (NES), aktivaci organizace havarijní odezvy provozovatele JE, vyznění vnějších složek krizového řízení a varování obyvatelstva.

Základní podmínkou včasného rozeznání vzniku IU, jejich zařazení podle identifikovaných projevů a účinků do příslušné kategorie závažnosti a zavedení efektivní odezvy je existence snadno pochopitelného systému klasifikace IU. IU, které vedou k nekontrolovatelnému ozáření nebo úniku RaL jsou klasifikovány jako RMU. Zjišťování výskytu IU vedoucích ke vzniku RMU na JE je založeno jak na oznámení osoby, která IU rozeznala, tak na identifikaci překročení předem stanovených hodnot souboru vybraných kontinuálně měřitelných technologických nebo radiačních parametrů charakterizujících integritu jednotlivých fyzických ochranných bariér (FOB) a tím i JB celé JE. Bezpečný provoz JE je založen na principu udržení kritických bezpečnostních funkcí (KBF) v rámci stanovených provozních limitů. Překročení těchto provozních limitů je dokladem odchylky od normálního a abnormálního provozního stavu JZ, jejíž další neřízený rozvoj může vést ke vzniku RMU.

Posuzování kategorií závažnosti IU provádí směnový inženýr JE porovnáním identifikované IU s množinou předem stanovených HAÚ. HAÚ jsou zpracovány pro všechny provozní režimy JE a mohou se pro daný sledovaný parametr skládat i z několika zásahových úrovní. IU může být překročení monitorovacích úrovní v programech monitorování, MU může představovat výskyt diskrétních interních nebo externích událostí přírodního původu nebo vyvolaných lidskou činností, jejichž další rozvoj může ohrozit JB a radiační ochranu JE.

Stávající klasifikační systém IU na českých JE je založen na jejich zařazení do čtyř základních typových skupin

- (a) **jiné IU ohrožující bezpečnost JE** – zahrnují všechny IU ovlivňující bezpečnost JE, které sice nevedou přímo k úniku RaL do životního prostředí, ale jejich neřešení a další rozvoj může vést k ohrožení základních bezpečnostních funkcí
- (b) **technologické IU ohrožující provozuschopnost bezpečnostních systémů** – zahrnují IU spojené s ohrožením provozuschopnosti bezpečnostních systémů a ohrožením základních bezpečnostních funkcí
- (c) **technologické IU ohrožující integritu FOB** – jsou spojeny s posuzováním stavu FOB zabraňujících úniku štěpných a aktivních produktů z technologických systémů JE a s oceňováním potenciálních radiačních následků vzniklé RMU
- (d) **IU spojené s úniky RaL a vznikem NES** – jsou spojeny s nakládáním s různými zdroji IZ. Nastavený systém hodnocení IU rozlišuje ty IU, při kterých nemůže dojít k RMU vyšší kategorie než RMU 1. stupně, tj. při manipulaci s nevýznamnými, drobnými, jednoduchými a významnými zdroji IZ (dále jen „s ostatními zdroji IZ“) a IU, ke kterým může dojít při nakládání s velmi významným zdrojem IZ, tj. jaderným reaktorem a při manipulaci a skladování vyhořelého paliva. U této skupiny IU jsou vytvořeny dvě množiny HAÚ



■ | Obr. 1: Principiální schéma systému klasifikace IU na JE |

- radiační události při nakládání s ostatními zdroji IZ
- radiační události z technologických příčin (tj. při nakládání s jaderným reaktorem nebo vyhořelým jaderným palivem)

Principiální schéma postupu posuzování kategorií závažnosti identifikovaných IU je uvedeno na obrázku 1. Uvedený systém posuzování závažnosti IU vychází z předpokladu, že k RN, respektive k RH může dojít pouze v důsledku současného porušení všech tří FOB [5].

Posuzovatel úrovně závažnosti identifikované IU na základě jejího porovnání s předem stanovenou množinou HAÚ „Radiální události při nakládání s ostatními zdroji IZ“ buď přímo určí RMU 1. stupně (má-li k tomu dostatek indicií z identifikovaných IU) nebo, v případě

podezření při výskytu IU spojené s provozem jaderného reaktoru, provede jejich hodnocení postupně od nejnižší úrovně závažnosti, tj. posuzováním událostí, které zpravidla nemají přímou vazbu na ohrožení JB a na vznik RMU, nicméně mohou působit jako události ohrožující provozuschopnost bezpečnostních systémů. Tyto IU spadají do skupiny „Jiných IU ohrožující bezpečnost JE“. Závažnost těchto IU je charakterizována množinou HAÚ „Ostatní MU“ obsahující události vyvolané jinými ohroženími. Při nalezení shody analyzované IU s IU odpovídající předem stanovené HAÚ vyhlásí posuzovatel (zpravidla směnový inženýr) příslušnou kategorii závažnosti RMU.

Pokud posuzovatel identifikované IU zjistí, že jde o IU ze skupiny „Technologické IU ohrožující provozuschopnost bezpečnostních systémů“ zajišťujících integritu FOB, posou-

dí závažnost identifikované IU podle množství HAÚ „Poruchy bezpečnostních systémů a komponent“, vyhlásí příslušnou kategorií závažnosti RMU a dále zjišťuje, zda nedochází k výskytu IU ze skupiny „Technologických IU ohrožujících celistvost FOB“. Vodítkem pro jeho rozhodování je množina předem nadefinovaných HAÚ „Narušení integrity FOB“. Při nalezení shody analyzované IU s HAÚ vyhlásí příslušnou kategorií závažnosti RMU.

Tento systém klasifikace identifikovaných IU umožňuje sledovat postupný rozvoj závažnosti RMU a zvyšující se riziko poškození jednotlivých FOB vedoucích až k RN, respektive k RH [6].

RMU jsou z hlediska závažnosti podle AZ členěny do tří kategorií:

- (a) RMU 1. stupně – RMU zvládnutelná silami a prostředky obsluhy nebo pracovníků vykonávajících práci v aktuální směně osoby, při jejíž činnosti RMU vznikla. Tyto události reprezentují statistické zvýšení pravděpodobnosti překročení limitů ozáření nebo významného snížení úrovně ochrany pracovníků JE v místě vzniku RMU.
- (b) Radiační nehoda – RMU nevládnutelná silami a prostředky obsluhy nebo pracovníků vykonávajících práci v aktuální směně osoby, při jejíž činnosti RMU vznikla, nebo vzniklá v důsledku nálezu, zneužití nebo ztráty radionuklidového zdroje, která nevyžaduje zavedení neodkladných ochranných opatření pro obyvatelstvo. RN vedoucí k závažnému snížení úrovně ochrany osob nacházejících se v areálu JE vyžaduje provedení:
 - varování osob nacházejících se v areálu JE
 - aktivace vnitřní i vnější organizace havarijní odezvy
 - zahájení havarijního radiačního monitorování okolí JZ

Některé z těchto RMU vedoucích k úniku radioaktivních látek do životního prostředí mohou vyžadovat zavedení ochranných opatření v areálu JE v případech,

Ing. Jiří Hůlka

jiri.hulka@suro.cz



Jiří Hůlka je absolventem Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské Českého vysokého učení technického v Praze (1980). Ve Státním ústavu radiační ochrany se postupně zabýval monitorováním jaderných zařízení i zvýšenou přírodní radioaktivitou v budovách a koordinací Radonového programu České republiky. Od roku 2000 je v SÚRO odpovědný za výzkum a vývoj v oblasti radiační ochrany, zabývá se obecnými otázkami ochrany před ionizujícím zářením a moderními metodami monitorování dopadu havárií jaderných elektráren na životní prostředí. Je členem skupiny expertů EU k článku 31 Smlouvy o Euratomu.

kdy se monitorováním zjistí, že tyto úniky způsobily překročení stanovených zásahových úrovní dle příslušných programů monitorování a dosažení předem stanovených HAÚ.

- (c) Radiační havárie – RMU nevládnutelná silami a prostředky obsluhy nebo pracovníků vykonávajících práci v aktuální směně osoby, při jejíž činnosti RMU vznikla, nebo vzniklá v důsledku nálezu, zneužití nebo ztráty radionuklidového zdroje, která vyžaduje zavedení neodkladných ochranných opatření pro obyvatelstvo.

RH vyžaduje kromě aktivace zasahujících osob držitele povolení a aktivace zasahujících osob podle vnějšího havarijního plánu, zapojení dalších dotčených orgánů krizového řízení.

Výše popsané procesní schéma systému klasifikace závažnosti identifikovaných IU umožňuje přidělit různý stupeň závažnosti všem uvažovaným IU, které mohou během provozu JE nastat. Mimo kategorie závažnosti RMU stanovené AZ se s ohledem na zvýšení úrovně ochrany do hloubky na českých JE aplikuje i čtvrtý stupeň kategorie závažnosti RMU

doporučovaný jak dokumenty IAEA, tak dokumenty US NRC, a to neobvyklá událost. Neobvyklá událost je událost, která sice přímo nevede k ohrožení jaderné radiační, požární, fyzické, technické nebo ekologické bezpečnosti jaderné elektrárny nebo bezpečnosti pracovníků, ale pokud není řešena, může být iniciační podmínkou RMU.

ZÁVĚR

Metodologie pro hodnocení systému prvotní identifikace vzniku a kategorizace závažnosti RMU na jaderných elektrárnách vypracovaná v rámci projektu bezpečnostního výzkumu ministerstva vnitra „Identifikace vzniku RMU na JE a systém klasifikace jejich závažnosti“ vytváří metodickou pomůcku pro účely posuzování kategorií závažnosti RMU jak pro hodnotitele tohoto procesu ze strany SÚJB, tak

pro držitele povolení k vykonávání činností souvisejících s využíváním jaderné energie při vlastní tvorbě HAÚ. Dokument vychází z aktuálních českých legislativních požadavků a detailní analýzy současného stavu zabezpečení identifikace vzniku a kategorizace závažnosti RMU na českých a slovenských JE. Současně však přihlíží i k dobrým praxím při zavádění tohoto systému na ostatních JE vycházejícím z výsledků a doporučení partnerských misí WANO [7] a misí OSART [8].

Obsah metodologie je zaměřen na stanovení zásad a postupů, které by měl hodnotitel procesu identifikace vzniku a kategorizace závažnosti RMU, respektive provozovatel JE při vlastní tvorbě HAÚ dodržet v rámci zabezpečení odstupňované připravenosti k odezvě na RMU.

Reference:

- [1] <https://www.sujb.cz/en/news/detail/clanek/report-of-the-irrs-mission-to-the-czech-republic-released/>
- [2] Integrated Regulatory Review Service viz <https://gnssn.iaea.org/regnet/irrs/Pages/default.aspx>
- [3] Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.
- [4] Definice dle zákona 239/2000 Sb. § 2 – škodlivé působení sil a jevů vyvolaných činností člověka, přírodními vlivy, a také havárie, které ohrožují život, zdraví, majetek nebo životní prostředí a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací.
- [5] Fyzickými ochrannými bariérami uvažovanými v tomto článku je pokrytí paliva, celistvost primárního okruhu a integrity kontejnmentu.
- [6] Rozdíl mezi RN a RH spočívá v tom, že RH na rozdíl od RN vyžaduje zavedení neodkladných ochranných opatření pro obyvatelstvo.
- [7] <https://www.wano.info/about-us/our-mission>
- [8] <https://www.iaea.org/services/review-missions/operational-safety-review-team-osart>

Ing. Josef Koc, CSc.

josef.koc@suro.cz



Je absolventem Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské Českého vysokého učení technického v Praze. Po ukončení studia nastoupil v roce 1977 do ÚJV Řež, kde absolvoval externí vědeckou aspiranturu v oboru technologie jaderných materiálů a radiochemie na VSČHT Praha.

Od roku 1983 působil v ČEZ, a. s. na JE Temelín postupně v pozicích vedoucího Laboratoře radiační kontroly okolí, vedoucího útvaru havarijní připravenosti, manažera radiační ochrany a vedoucího útvaru řízení radiační ochrany ČEZ. Na JE Temelín řídil zavádění programu havarijní připravenosti, zpracování zadání a kontrolu vypracování projektové dokumentace na vybudování a vybavení havarijních podpůrných středisek. Podílel se na vypracování vnitřního havarijního plánu, souvisejících zásahových instrukcí a zpracování řídicí a licenční dokumentace v oblasti zajištění radiační ochrany. Od roku 2013 působí v roli vědecko-výzkumného pracovníka v SÚRO, v.v.i., kde řídí řadu projektů zejména v oblasti bezpečnostního výzkumu Ministerstva vnitra, nebo se podílí na jejich řešení.

Praktické využití virtuální reality, 3D tisku, 3D skenování a dalších moderních technologií

Ing. Antonín Rudolf, Ing. Pavel Krupař

ŠKODA JS a.s.

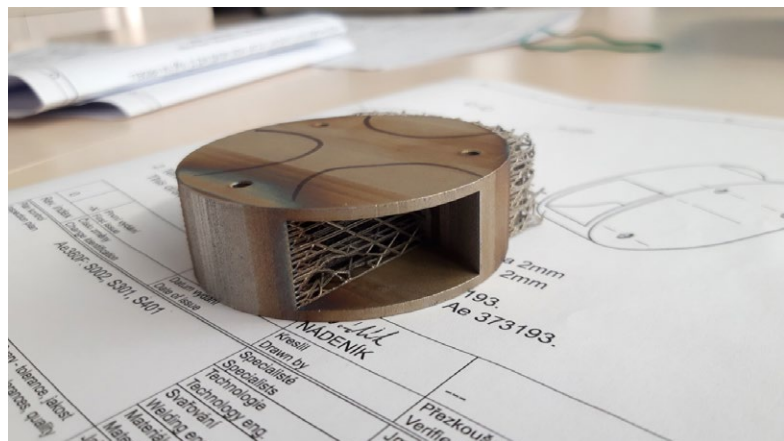
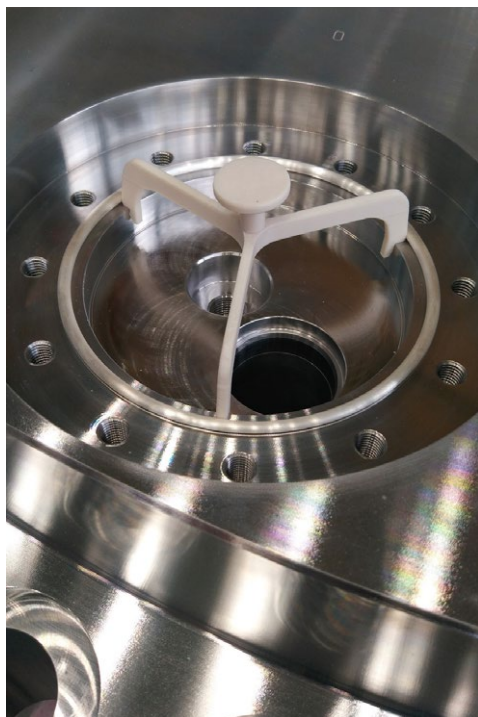
Článek se zaměřuje na seznámení s možnostmi nejnovějších technologií, jejich osvojení a následnou aplikaci v praxi společnosti ŠKODA JS. Na konkrétních příkladech ukazuje, jak jsou nejnovější metody aplikovány v praxi.

The article focuses on familiarization with the possibilities of the latest technologies, their adoption and subsequent application in the practice of ŠKODA JS. It shows in particular examples how the latest methods are applied in practice.

ŠKODA JS a.s. aktuální trendy v průmyslu nejen sleduje, ale operativně je uplatňuje v praxi. Začala se tak intenzivně věnovat virtuální realitě (VR), augmentované realitě (AR), 3D tisku a 3D skenování.

První snahy o využití těchto technologií začaly již v roce 2012, kdy byl na objednávku proveden první 3D tisk. Mezitím došlo k významnému progresu, ŠKODA JS nyní dispo-

nuje tiskárnami nejen na pracovištích v Plzni, ale i na lokalitách JE Temelín a Dukovany, a tento rok přibude i na lokalitě JE Mochovce. ŠKODA JS využívá 3D tisk jak na výrobu přípravků a prototypů, tak i finálních výrobků. 3D tisk je v současnosti ve ŠKODA JS již vnímán jako standardní výrobní proces. 3D tištěné díly jsou například součástí dodávky obalového souboru ŠKODA 1000/19 na JE Temelín ve formě přípravků.



Obr. 2: Část planetové převodovky utahovací jednotky EZ

Obr. 1: Přípravek pro ustavení těsnění Helicoflex v prostupu v primárním víku

Obr. 3: Návrh divertorů pro hlavice Westinghouse



Obr. 4: Přípravek pro JE Dukovany

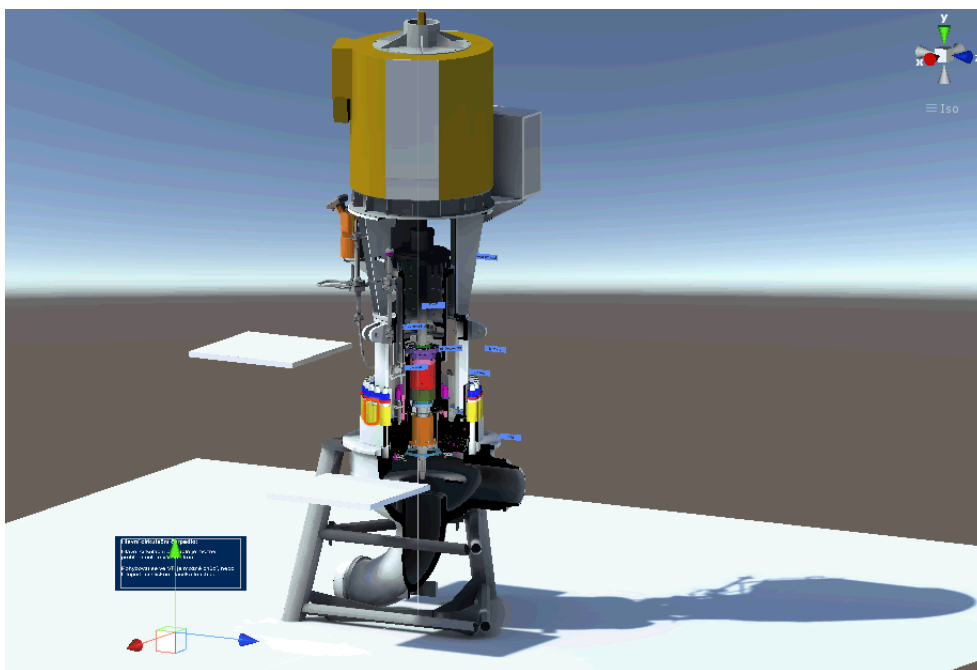
Zabýváme se nejen tiskem pokročilých plastů, ale i kovových materiálů. Jako výrobce komponent, poskytující servisní činnost, disponující materiálovými laboratořemi a znalý legislativních požadavků, máme unikátní know-how pro výrobu komponent 3D tiskem. Spolupracujeme s výrobcí 3D tiskáren i vyvíjíme nových technologií a pracujeme na tom, aby 3D tisk splnil náročné požadavky v jaderném průmyslu.

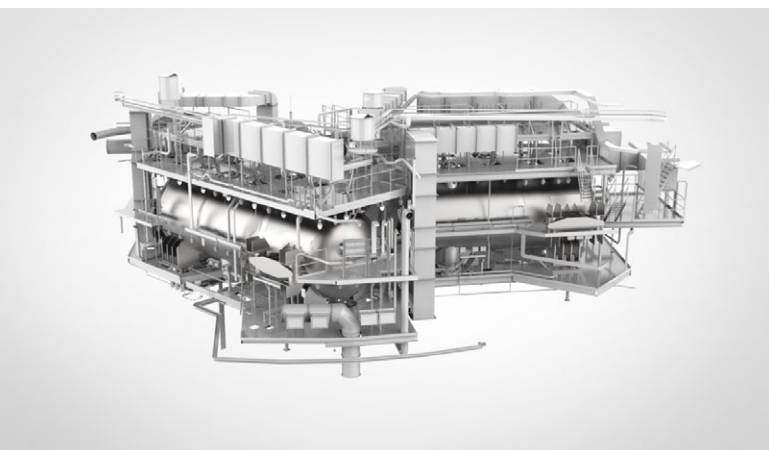
V oblasti VR a AR je možné společnost ŠKODA JS považovat za průkopníka. Jako první jsme byli schopni použít VR pro komerční účely na jaderné elektrárně v ČR. V současnosti je ve ŠKODA JS VR a AR používána již jako standardní softwarový nástroj. Máme pro VR plně vybavenou místnost, kde mimo jiné provádíme školení. K dispozici jsou nej-

různější zařízení, například tablety a brýle pro VR a AR. VR a AR využíváme ve všech našich oblastech, kterými jsou inženýring, výroba a servis. VR používáme pro ověřování designu, pro komunikaci mezi jednotlivými složkami, pro ověření návrhu, prezentace zákazníkům, také pro školení, například pro SÚJB, kde standardní školení bylo doplněno školením ve VR.

První použití VR na JE se uskutečnilo v rámci opravy parogenerátoru, konkrétně opravy potrubí napájecí vody. Virtuální realitu jsme použili k ověření činností a dispozice uvnitř parogenerátoru, které si nejprve technik zodpovědný za danou opravu ověřil, následně postup samotné opravy vyzkoušeli vedoucí pracovních skupin a na závěr otestovali všichni pracovníci provádějící samotnou opravu.

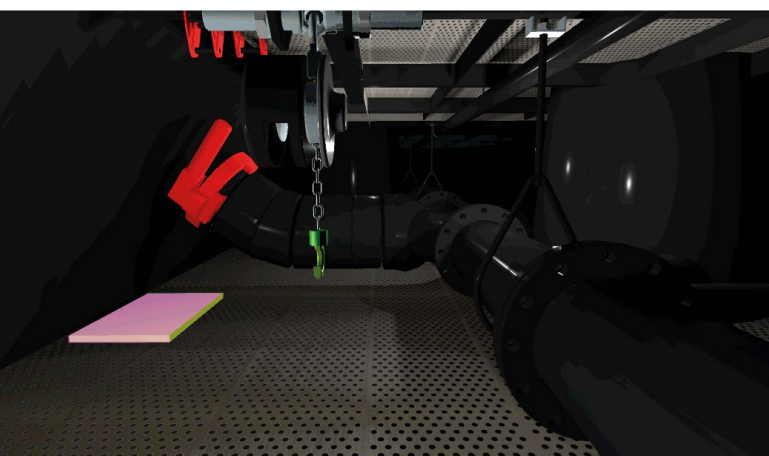
Obr. 5: Řez hlavním cirkulačním čerpadlem





■ | Obr. 6: Parogenerátor na JE Temelín |

■ | Obr. 7: Vnitřek parogenerátoru na JE Temelín |

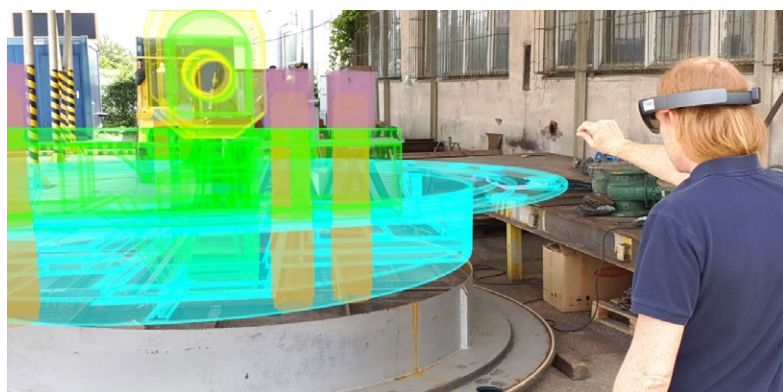


Proto aktivně pracujeme na rozvoji skenovacích metod – a to jak pozemních, tak i vzdušných, přičemž pozemní metody by byly zastoupeny autonomními roboty a vzdušné autonomními drony s požadovanou záznamovou technikou. Pro dosažení těchto cílů úzce spolupracujeme s nejlepšími experty jak z akademické sféry, tak i ze soukromých společností.

V návaznosti na automatizaci skenování ŠKODA JS zahájila vývoj autonomního systému realizace 3D modelu. Byla nastavena spolupráce s progresivními firmami z jiných oborů s cílem vyvinout učící se algoritmus z oboru umělé inteligence, který by z nashromážděných dat z laserového skenování dokázal sám vystavět 3D model.

Augmentovanou realitu jsme použili na JE Temelín v rámci plánované opravy nátrubku 2YA20P14B pro ověření zástavbového prostoru pro jednoúčelový svařovací přípravek. ŠKODA JS patří mezi několik málo společností, jež VR a AR nejenom vytváří, ale i používají. ŠKODA JS se podílí na vývoji a testování unikátního software Fata Morgana, který umožňuje vzdálenou přítomnost. V posledních dvou letech byl tento software testován na JE Temelín.

V rámci zapojení do Průmyslu 4.0 se společnost ŠKODA JS chce stát specializovaným partnerem v oboru automatizovaného skenování průmyslových budov a elektráren pro jejich provozovatele v kompletním rozsahu.



■ | Obr. 8: Kontrola zástavbového prostoru |

■ | Obr. 9: Ověření úprav transportní a montážní plošiny na JE Bohunice V1 |



Obr. 10: Dron pořizuje benchmarková data v experimentální hale ŠKODA JS



Obr. 11: Dron pořizuje benchmarková data v experimentální hale ŠKODA JS

V současnosti máme za sebou již několik úspěšných pilotních projektů semiautonomních systémů stavby 3D modelu jak stavební části, tak i technologické části. Tyto nové a progresivní metody se již dynamicky uplatňují v komerčních zakázkách.

Testovali jsme celou řadu vzdušných systémů na získávání dat laserového skenování, nicméně prozatím jsme se přesvědčili, že aktuální nejmodernější technika, kterou používáme, má výrazně větší přesnost a použitelnost. Stále budeme tento segment testovat a sledovat a aktivně vstupovat do rozvoje tohoto progresivního odvětví.

Ing. Antonín Rudolf

antonin.rudolf@skoda-js.cz

Vystudoval Fakultu strojní, obor Konstruování výrobních strojů a zařízení na Západočeské univerzitě v Plzni. Po ukončení studia nastoupil do ŠKODA JS do odboru Konstrukce. V současné době pracuje na pozici vedoucího Konstrukce strojní.



Ing. Pavel Krupař

pavel.krupar@skoda-js.cz

Vystudoval Fakultu aplikovaných věd, obor Fyzika tenkých vrstev a plazmatu a Fakultu humanitních studií na Západočeské univerzitě v Plzni. Poté nastoupil do ŠKODA JS do odboru Výpočty. Po zhruba 5 letech přestoupil do odboru Projekce, kde v současné době vede oddělení Strojní projekce a Speciální projekce.



Speciální metody svařování používané při výrobě obalových souborů na vyhořelé palivo

Ing. Ladislav Benýr, EWE

ŠKODA JS a.s.

Článek představuje unikátní metody svařování využívané v divizi Jaderné zařízení ve společnosti ŠKODA JS, v tomto případě konkrétně ve využití vývoje unikátních a speciálních metod svařování ve výrobě jaderných zařízení (obalových souborů) podle požadavků české jaderné legislativy. Uvádí příklady úspěšné aplikace několikaletého vývoje svařovacích technologií do praxe, které v oboru svařování mají jen málokde konkurenci.

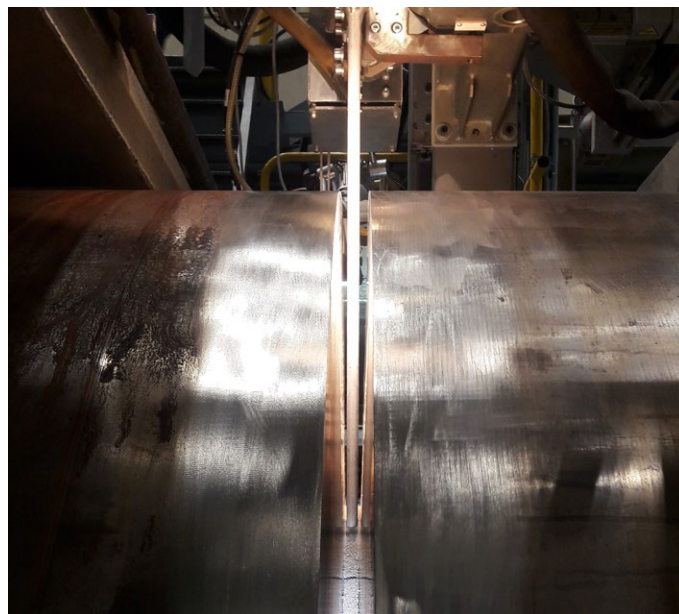
The article presents unique welding methods used in the ŠKODA JS Nuclear Equipment Division. In this case, specifically, it is the use of the development of unique and special welding methods for the production of nuclear equipment (casks) according to the requirements of Czech nuclear legislation. It presents examples of successful application of several years of development of welding technologies, which have little competition in the field of welding.

Jedním z hlavních výrobních programů ve společnosti ŠKODA JS a.s. je v současné době výroba obalových souborů na vyhořelé palivo a ve svém příspěvku se budu konkrétně věnovat obalovému souboru (OS) ŠKODA 1000/19 pro použití v jaderné elektrárně Temelín. ŠKODA JS patří už 65 let ke špičce v oboru svařování, a i v tomto případě jsme navázali na úspěchy našich předchůdců, kteří tvořili historii svařování v jaderné energetice. Uvedu zde dva příklady využití speciálních a unikátních metod svařování, které jsme vyvinuli a úspěšně aplikovali do výroby.

SVAŘOVÁNÍ TĚLESA OS 1000/19 POD TAVIDLEM DO ÚZKÉHO ÚKOSU

Metoda svařování pod tavidlem (označuje se číslem 121 podle EN ISO 4063) je ve ŠKODA JS historicky dávno zavedená a často používaná. V našem případě použití úzkomezerového svařování je unikátní hloubka úkosu (vlastně je to výsledná tloušťka svaru) a mini-

mální úhel rozevření svarových ploch. Těleso OS ŠKODA 1000/19 svařujeme v hloubce 450 mm a úkos se rozevírá na každou stranu o pouhých 0,5°. Historie tohoto projektu se začala psát v roce 2015, kdy jsme vstoupili do jednání s dodavatelem svařovacího zařízení, se švédskou firmou ESAB AB a společně jsme se podíleli na vývoji speciální hlavy s dosud



Obr. 1: Pohled z boku do svarového úkosu při zahájení svařování



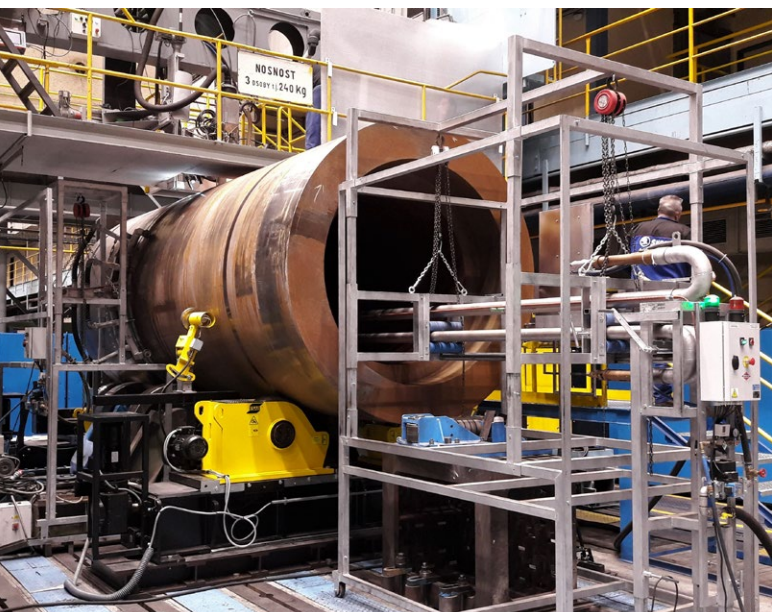
Obr. 2: Svařovací hlava v úkosu během svařování

sa (nízkoaligovaná ocel pro výkovky dle ASTM A 350 GRADE LF2 CLASS 1), kombinaci drát OK Autrod 12.32 + tavidlo OK FLUX 10.62 také od dodavatele ESAB. Nejsložitější bylo dokladovat tuto kombinaci jako vhodnou pro použití pro jaderná zařízení v ČR. Na základě náročných materiálových zkoušek byl vystaven schvalovací list od AO (autorizovaná osoba ve smyslu vyhlášky SÚJB č. 358/2016 Sb.) a na každou dodávku drátu do výroby je opakovaně vystavován AO inspekční certifikát úrovně 3.2 podle požadavků EN 10204 a NTD A.S.I. – Sekce I. Přídavný svařovací drát je dodáván v největším možném balení na cívice o hmotnosti 1 000 kg. Samozřejmě si to s sebou nese i zvýšené požadavky na manipulaci a na systém podávání drátu do svařovacího procesu. V současné době bylo v Reaktorové hale úspěšně svařeno už 17 ks těles OS ŠKODA 1000/19 a vlastní rekord hloubky svařování jsme následně překonali na tělese OS ŠKODA 440/84 (pro JE Dukovany), svar byl hluboký 465 mm.

největší možnou hloubkou svařování v historii, což je definováno i v označení HNG 550 (Head Narrow Gap 550 mm). Instalace hlavy na pracovišti v Reaktorové hale v Plzni a úspěšné uvedení do provozu proběhlo v roce 2017. Mezitím jsme museli vyřešit řadu otázek na poli nejen evropských předpisů a normativně technické dokumentace Asociace strojních inženýrů NTD A.S.I. – Sekce I (svařování), ale i s přihlédnutím k připomínkám provozovatele (ČEZ, a. s.) a SÚJB. Obalové soubory pro přepravu, skladování a ukládání vyhořelého jaderného paliva patří mezi vybraná zařízení (VZ) ve smyslu definice Vyhlášky č. 358/2016 a jsou podle § 12 zařazeny do bezpečnostní třídy BT2. Z mnoha jednání a připomínek vzešel další unikátní požadavek, a to bylo dokladovat metodu svařování příslušnou kvalifikací WPQR na zkušební vzorku s rozměry, které budou odpovídat skutečným rozměrům tělesa OS včetně přehřevu, dohřevu a následného žihání ke snížení napětí po svaření. Znamenalo to nechat vyrobit dva výkovky o hmotnosti cca 2×16 tun a z nich svařit spoj „trubka-trubka“ s tloušťkou svaru 450 mm. Jako přídavný materiál jsme zvolili, s ohledem na použitý základní materiál těle-



Obr. 3: Pracoviště a zkušební spoj pro svaření kvalifikace WPQR



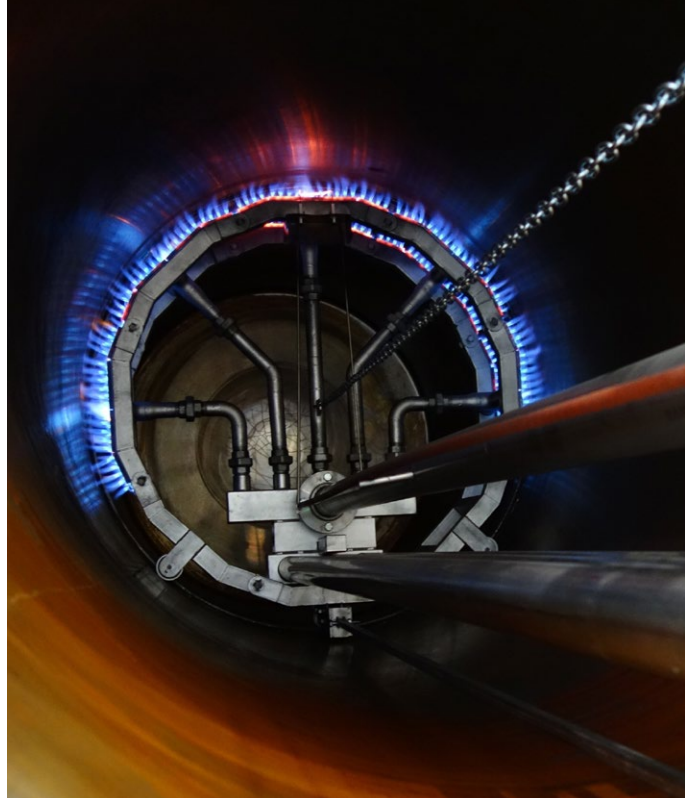
Obr. 4: Celková koncepce pracoviště na svařování tělesa OS 1000/19 v Reaktorové hale, hmotnost tělesa je 124 t

Několik zajímavostí ze svařování OS ŠKODA 1000/19:

- spotřebované množství drátu – 600 kg
- spotřebované množství tavidla – 850 kg
- doba procesu svařování včetně ohřevu a dohřevu – 110 hodin
- počet svarových housenek (otáček) – 358
- počet vrstev/výška vrstvy – 147/3,1 mm

SVAŘOVÁNÍ ŠESTIHRANNÝCH TRUBEK LASEREM

Metoda svařování pevnolátkovým laserem (označuje se číslem 521 podle EN ISO 4063) je ve ŠKODA JS zavedena velmi krátkou dobu. Svoji fyzikální podstatou vysoké koncentrace svařovacího výkonu při minimalizaci vnesené-



Obr. 5: Speciální hořáková rampa umístěná ve vnitřní šachtě pro řízený ohřev tělesa před, během a po svařování

ho tepla do svaru vyřešila problematiku svařování obtížně svařitelných materiálů. Oproti klasickým svařovacím metodám máme zároveň i minimalizované geometrické deformace, což je požadavek v tomto případě zásadní. Modernizovaný koš obalového souboru pro ukládání vyhořelého paliva je sestaven z 19 kusů šestihranných trubek. Šestihranná trubka je složena a svařena ze šesti přesně obrobených pásků plechu tloušťky 5 mm. Na její geometrii jsou předepsány velice přísné tolerance, protože musí v sestavě zaručit přesný válcový tvar koše. Zároveň vnitřní rozměry trubky musejí vyhovovat vnějším rozměrům vyhořelého palivového souboru. A ještě navíc jsme byli při svařování limitováni speciálním chemickým složením základního materiálu, kdy celkem běžná austenitická ocel 1.4306 je obohacena až 1,7 % B (bor), což má zásadní (negativní) vliv na její svařitelnost. Běžně se v jaderné energetice tyto materiály nesvařují, ale pro nás to byla výzva a jediná možná cesta. Proto jsme zvolili jednu z mála možností a tou bylo laserové svařování. Jako optimální variantu jsme využili svařování bez přídavného materiálu, kdy svarový spoj je tvořen nataveným základním materiálem. V roce 2017 byl zahájen vývoj a odladování parametrů svařování a návrh svařovacího pracoviště včetně sestavovacích a svařovacích přípravků. Nedílnou součástí



Obr. 6: Velkokapacitní cívka se svařovacím drátem o hmotnosti 1 000 kg

požadavků na svařovací pracoviště byla i eliminace možné chyby operátora optickým systémem sledování svarové mezery. Z výběrového řízení vyšla jako vítěz tuzemská firma LaserTherm spol. s r. o., která vyvinula laserové pracoviště s komorou 11 × 5 × 4 m s pevnolátkovým laserem s výkonem 11 kW, což je pro použití ve svařování opět unikátní parametr. Na základě mnoha ověřovacích zkoušek a experimentů byla na konci roku 2018 úspěšně ověřena metoda svařování příslušnou kvalifikací postupu svařování WPQR (Welding Procedure Qualification Record), opět podle požadavků evropských předpisů a jaderného kódu NTD A.S.I. – Sekce I a od roku 2019 je ve ŠKODA JS v provozu Bolevec zavedená sériová výroba šestihranných trubek pro koše OS ŠKODA 1000/19.

Ing. Ladislav Benýr, EWE

ladislav.benyr@skoda-js.cz



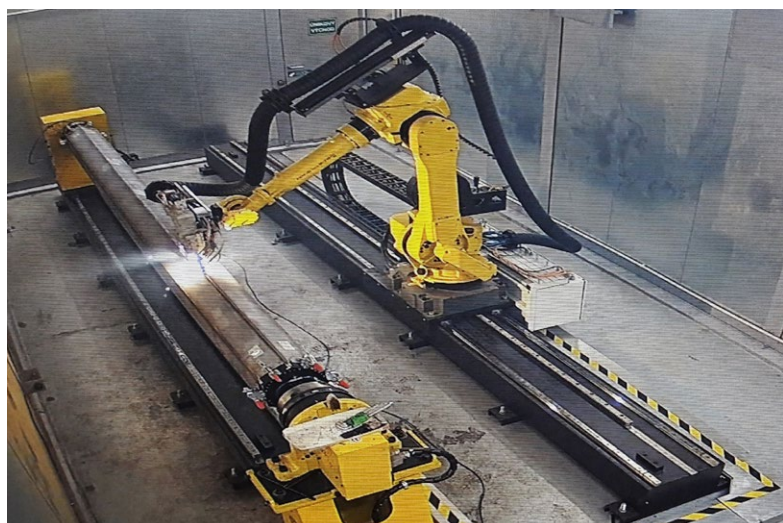
Absolvent VŠSE v Plzni, Fakulta strojní, obor Technologie svařování. Od roku 1985 je zaměstnán ve společnostech ŠKODA na různých technických pozicích se zaměřením na těžkou výrobu a svařování. Ve společnosti ŠKODA JS a.s. pracuje od roku 1996, v současnosti na pozici vedoucího technologie svařování v divizi Jaderné zařízení a garanta procesu svařování. Od roku 2010 se věnuje i přednáškové a lektorské činnosti na ZČU v Plzni a při školeních a kurzech organizovaných CWS ANB.

Obr. 7: Koš OS ŠKODA 1000/19 má 19 úložných míst – šestihranných trubek



Obr. 8: Přípravek pro přesné sestavení šestihranné trubky

Obr. 10: Pohled na obrazovku řídicího panelu z pozice operátora během procesu svařování



Obr. 9: Pohled do komory na pracoviště laserového svařování s šestihrannou trubkou upnutou do svařovacího přípravku a připravenou pro svařování

Evaluation of the Effectiveness and Economics of Varying Renewable Energy as a Means for Abating Global Warming (Part 1)

Agustin Alonso ⁽¹⁾, Barry Brook ⁽²⁾, Juan Eibenschutz ⁽³⁾, Carlo Lombardi ⁽⁴⁾, Kazuaki Matsui ⁽⁵⁾, Jozef Mišák ⁽⁶⁾, Guido Possa ⁽⁷⁾, Jan van Erp ⁽⁸⁾

Madrid Polytecnic University (Spain) ⁽¹⁾, University of Tasmania (Australia) ⁽²⁾, Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (Mexico) ⁽³⁾, Politecnico di Milano (Italy) ⁽⁴⁾, Institute of Applied Energy; OECD-NEA Nuclear Development Committee (Japan) ⁽⁵⁾, ÚJV Řež, a. s. (Czech Republic) ⁽⁶⁾, Government of Italy (Italy) ⁽⁷⁾, Illinois Commission on Atomic Energy; Westinghouse (USA) ⁽⁸⁾

Článek pojednává o omezeních přerušovaných obnovitelných zdrojů energie (OZE) s hlavními závěry, že (a) klimaticky příznivý účinek výroby energie bez CO₂ pomocí OZE bude snížen nebo eliminován ztrátou tepelné účinnosti záložních zdrojů, (b) únik zemního plynu využívaného záložními plynovými turbinami do atmosféry sníží nebo eliminuje příznivý účinek elektráren s OZE, (c) elektrárny s OZE pravděpodobně nebudou ekonomicky životaschopné bez dotací a upřednostňujících regulací, (d) vyšší procento OZE v elektrické síti bude mít za následek neúměrně vyšší náklady na kWh, (e) elektrárny s OZE připojené k síti mají za následek snížení spolehlivosti sítě, (f) přítomnost zdrojů OZE v elektrické síti vylučuje možnost stejných podmínek pro ostatní výrobu.

The paper discusses the limitations of the varying renewable energy (VRE) sources with the main conclusions that (a) the climate-related beneficial effect of the CO₂-free energy produced by VRE plants will be reduced or eliminated by the loss in thermal efficiency of the backup generators, (b) leakage into the atmosphere of natural gas used by backup gas turbines will reduce or eliminate the beneficial effect of VRE plants, (c) VRE plants are not likely to be economically viable without subsidies and favoring regulations, (d) higher percentages of VRE on the electric grid will result in disproportionately higher kWh costs, (e) grid-connected VRE plants have the effect of reducing grid reliability, (f) the presence of VRE plants on the electric grid excludes the possibility of a level playing field for other generators.

SUMMARY

Humanity has arrived at a critical point in history, requiring major decisions that will have long-term, global consequences. Among the topics requiring urgent attention are global warming and the availability of a sustainable food and energy supply for all of humanity. This study is primarily intended to evaluate the energy-related aspects of global warming but addresses indirectly also sustainable energy supply. Feasible options for abate-

ment of global warming appear to be already available, but a unified policy is currently lacking because political action groups advocate different approaches. While energy from nuclear fission has proved to be an effective means for reducing atmospheric emissions of anthropogenic greenhouse gas (AGHG), its use is vigorously opposed by socio-political groups that advocate heavy reliance on varying renewable energy (VRE) sources (mainly wind and solar plants, backed up by gas tur-

bines). This study is intended to contribute to this subject by evaluating the contribution that VRE might be able to make towards abatement of climate change, as well as the associated economics.

In summary, the main conclusions that were reached are (a) the climate-related beneficial effect of the CO_2 -free energy produced by VRE plants will be reduced or eliminated by the loss in thermal efficiency of the backup generators due to the rapidly changing load requiring high ramp rates, and the lack of flexibility of combined-cycle gas turbines, (b) leakage into the atmosphere of natural gas used by backup gas turbines will reduce or eliminate the beneficial effect of CO_2 -free energy produced by VRE plants, based on the IPCC values for the global warming potential (GWP) of atmospheric methane, (c) VRE plants are not likely to be economically viable without subsidies and favouring (positively-biased) regulations, (d) higher percentages of VRE on the electric grid will result in disproportionately higher kWh costs, (e) grid-connected VRE plants have the general effect of reducing grid reliability, which will have deleterious social and economic consequences, (f) the presence of VRE plants on the electric grid excludes the possibility of a level playing field for other generators on the grid.

A conclusion, unrelated to VRE, is that replacing coal-fired stations by gas-fired stations will not result in a climate-related beneficial effect if the leakage into the atmosphere of used natural gas exceeds about 4% (based on IPCC values of GWP for atmospheric methane).

INTRODUCTION

Renewable energy, such as from wind and falling water, have served humanity well during millennia for tasks that are not time-constrained, such as pumping water, sawing wood, weaving cloth and transport by sailing ships. Modern forms of varying renewable energy (VRE) sources (mainly wind turbines and solar panels) continue to be useful in many applications which lack access to the electrical grid. However, if VRE sources (also called 'intermittent' renewables) are connected to the electrical grid, they must contribute to tasks that are time-constrained, for which they are not well suited and for which they require the assistance of backup generating capacity in order to be able to meet the grid's demand. Notwithstanding this limiting characteristic, VRE sources are viewed by many as effective means for reducing AGHG emissions. The purpose of this study is to examine and critique the effectiveness of VRE plants in reducing CO_2 emissions, as well as the associated economics.

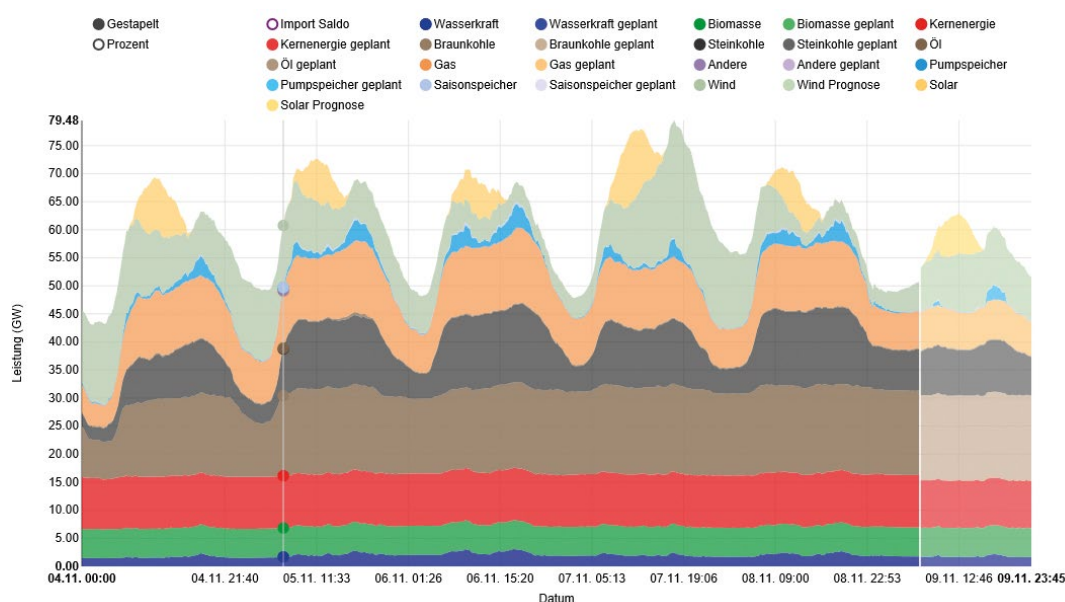


Fig. 1: Production of electricity in Germany from various sources in 45th week 2019 (Source: <https://energy-charts.de>)

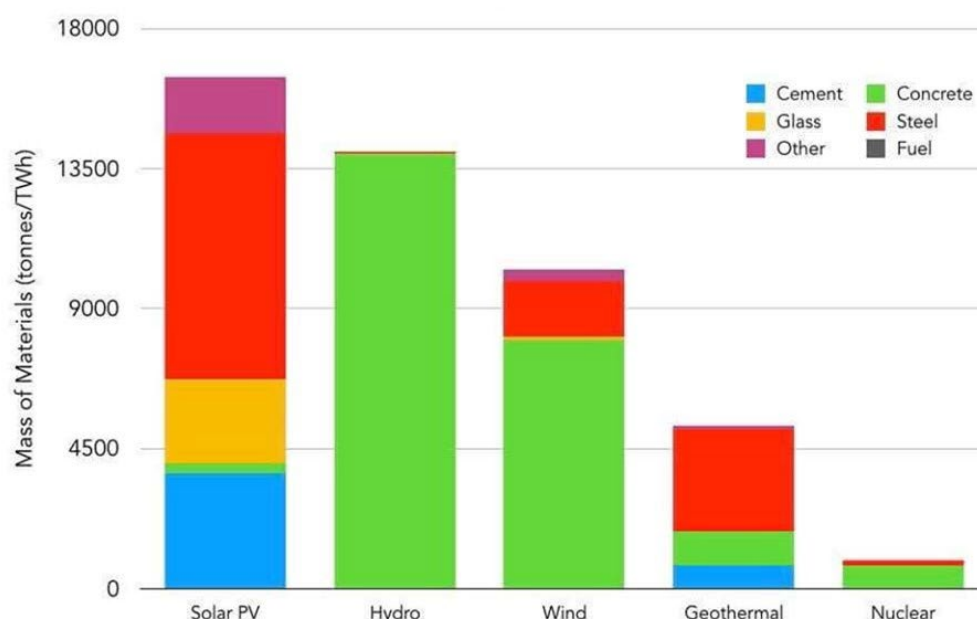


Fig. 2: Consumption of materials for each energy source (Source: DOE Quadrennial Technology Review, Murray, Raymond L., Holbert, Keith E. (2015), Nuclear Energy, An Introduction to the Concepts, Systems and Applications of Nuclear Processes)

Many governments have promoted the construction of VRE plants deployed for delivery of energy to the electric grid. This was mostly done by means of subsidies and highly favourable (positively biased) regulations, in part to meet international commitments concerning the reduction of AGHG emissions. However, VRE sources have two major disadvantages, namely (1) their output varies often and widely (figure 1) and (2) they have a low energy 'density', requiring considerable space for deployment and large amounts of construction materials.

Moreover, VRE sources, if connected to the electric grid, have eight additional disadvantages: (3) they require flexible backup generating capacity, (4) they are not 'dispatchable', i.e. their output cannot be controlled to meet the grid's changing demand, (5) they require priority access to the grid for delivery of energy, (6) their annual output varies considerably from year to year, requiring much additional under-utilized backup capacity, (7) they necessitate major high-cost adaptations to the electric grid at higher market penetrations, (8) they have a strongly deleterious effect on the reliability of the electric grid, (9) they are vulnerable to severe weather conditions and

(10) they need substantial quantities of materials (figure 2), requiring large quantities of fossil energy to produce.

Advocates of VRE point to the fact that wind / solar energy has two attractive characteristics, namely (a) it is cost-free and (b) it does not produce CO₂. This may be true in some cases; however, it is not valid for VRE plants connected to the grid, because in that case the energy delivered has to meet a number of strict criteria, including stability of voltage and frequency, as well as reliability of delivery. To meet these criteria and to keep the electric grid in balance, it is necessary that the VRE plants are backed up to close of their maximum design (also called "nameplate") capacity by means of flexible generators. In short, grid-connected VRE sources and their backup generating sources are bound together like Siamese twins. Consequently, energy from a VRE source and its backup that is delivered to the grid, cannot be considered to be CO₂ emission free. Furthermore, the cost of the kWh delivered to the grid by VRE and its backup, is considerably higher than the 'bare' cost (often by a factor as high as 3). The latter is defined as the kWh cost delivered by the VRE source to the grid without accounting

for the costs associated with the backup generators and/or storage facility, as well as the cost of needed adaptation and enlargement of the transmission system. This 'bare' cost is only pertinent for isolated sites that do not have a connection to the grid such as when VRE is used to charge a local energy-storage facility. Nevertheless, advocates of grid-connected VRE often mention 'bare' costs, even though this is not relevant for the kWh price delivered via the grid to the consumer.

Although atmospheric and climatic conditions differ widely around the world, the study presented in the following sections, and the conclusions reached within, will be, in general, pertinent to most regions.

EFFECTIVENESS OF VRE PLANTS CONCERNING REDUCTION OF ANTHROPOGENIC CO₂ EMISSIONS

Land-based wind turbines in many regions of the world (including Western Europe) typically have an annual production factor of about 20%, meaning that they produce, averaged over a year, only about 20% of what they could produce if the wind would constantly blow at optimal speed. Because the wind velocity varies widely and may at times be zero, these wind turbines have to be backed up by a flexible generating capacity approximately equal to the name-plate capacity of the wind turbines. Thus, the energy produced by the wind turbines (averaged over a year) will need to be complemented for about 80% by the backup generators.

Open-cycle gas turbines (OCGTs) are flexible and thus well-suited to complement the rapidly varying output of wind turbines. They have a thermal efficiency at normal load of between 35 and 42% but will suffer a reduction in thermal efficiency (20%) when having to compensate for the rapidly changing output of the wind turbines. Combined-cycle gas turbines (CCGTs) are lacking in flexibility and are therefore not well-suited to serve as backup. They have a combined overall thermal efficiency of up to 62% but will suffer a reduction in thermal efficiency of at least 20% if called upon to complement the rap-

idly changing output of the wind turbines. This loss may be considerably higher for large upward swings in wind energy, because the CCGT power cannot be reduced below a certain level in order to remain readily available in stand-by mode. Under those circumstances, the CCGTs will continue to operate at their minimum power level even though the electric grid does not call for it.

The flexible backup-generating capacity for wind /solar plants is best provided by a mixture of OCGTs and CCGTs. Because of the more than 20% difference in thermal efficiency between OCGTs and CCGTs, as well as the fact that CCGTs are very limited in their capability to follow rapid and large changes in wind velocity, the result is that grid-connected land-based wind turbines with backup by gas turbines have, in many cases, CO₂ emissions that are higher (or only slightly lower) than CCGTs without any wind turbines. In the latter case, OCGTs will not be needed and the CCGTs do not have to deal with the rapid changes in VRE output but only with the known diurnal slower changes in grid demand.

For offshore wind turbines, the production factor is about 40%. The loss in thermal efficiency of the backup gas turbines will be similar to that for land-based wind turbines, meaning that grid-connected offshore wind turbines with backup by gas turbines will have, in many cases, CO₂ emissions that are only about 20% lower than for the case of solely CCGTs without any wind turbines.

When calculating the total balance of CO₂ emissions, it is important to include the large amount of fossil fuel that is required for the construction and replacement of the VRE installations. This is of particular importance for offshore wind parks, that require specialized mountings and are exposed to a severely corrosive environment, necessitating frequent replacement.

The CO₂ accounting should also include the considerable amount of fossil fuel that is required for the production, processing, compression and transportation-related pump-

ing of the natural gas. This is of particular importance for natural gas transported over large distances. Advocates of VRE are inclined to omit this, claiming that CO₂ emissions outside a country are not the country's responsibility. But that is clearly incorrect accounting. In reality, the end-user of natural gas is clearly co-responsible for all the gas-related CO₂ emissions in proportion to the quantity of gas that is used.

For solar installations, the production factor in most locations is at most 20%. Therefore, the result will be similar to that of land-based wind turbines, namely that grid-connected solar installations with backup by gas turbines have, in many cases, CO₂ emissions that are higher (or only slightly lower), than that of solely CCGTs without any solar panels.

Some countries (and/or regions), instead of providing themselves with adequate backup capacity for their VRE plants, find it preferable to use the electric grids of adjacent countries (and/or regions) as their backup generating capacity. This is done by importing part (or all) of the needed backup electric energy from sources outside their service area. Under such circumstances, unless the imported electric energy is derived from non-carbon sources (e.g. hydro or nuclear), it would be misleading to claim VRE effectiveness in reducing CO₂ emission within the pertinent service area. Furthermore, this situation may lead to loss in reliability of the electric grids in the adjacent countries and/or regions.

GLOBAL WARMING POTENTIAL OF ANTHROPOGENIC METHANE IN THE ATMOSPHERE

Methane (CH₄) in the atmosphere is, according to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), considerably more po-

tent than CO₂ as a GHG. In order to indicate the strength of the climate-related impact of GHGs other than CO₂, the IPCC makes use of the concept of global warming potential (GWP), often also called 'CO₂-equivalent emission'. The GWP of a GHG is defined as the ratio of the climate-related impact of a pulse of the GHG and the impact of an equally large pulse of CO₂, integrated over a certain time frame (referred to as 'time horizon'). Notwithstanding the fact that IPCC indicates that there exists a considerable degree of uncertainty in the values of the GWP, it has become the default metric for transferring emissions of different GHGs to a common scale.

Because the decay half-life of methane in the atmosphere (12.4 years) is much shorter than that of CO₂, the effect of a pulse of methane released into the atmosphere will decrease faster with time than a pulse of CO₂. The IPCC gives for the GWP of atmospheric methane the values 120, 84 and 28 for time horizons of, respectively, 0, 20 and 100 years (see Table 8.7 in IPCC report AR5 [1]).

About 60% of the total flow of methane being emitted annually into the atmosphere is of anthropogenic origin. Among the main sources of this atmospheric anthropogenic methane are leakage of natural gas produced by drilling, agriculture and livestock. The main component of natural gas is methane. The leakage of natural gas takes place at the production wells and during processing, compression and transport, as well as at the site of the end-user. Methane is also emitted from coal mines. The fact that the methane concentration in the atmosphere continues to increase indicates that its emission rate into the atmosphere exceeds the decay rate of the methane that is already present.

The importance of anthropogenic methane in the atmosphere becomes apparent by comparing the climate-related impacts of the current atmospheric concentrations of CH₄ and CO₂, which are, respectively 1.854 ppm and 407 ppm. On the basis of the IPCC recommended value of 120 for GWP (i.e., at time-horizon zero), one finds that CH₄ and CO₂ are contributing $(1.854 \cdot 120) / \{(1.854 \cdot 120) + (407 \cdot 1)\} = 35\%$ and $(407 \cdot 1) / \{(1.854 \cdot 120) + (407 \cdot 1)\} = 65\%$, respectively, of their combined global warming effect. Note that these percentages are independent of a time horizon, because they are based on the currently existing (instantaneous)

concentration values. Note also that the atmospheric concentration of CH_4 has increased about four times faster than that of CO_2 since the beginning of the industrial revolution. In view of the ongoing thawing in permafrost regions (Russia-Siberia, USA-Alaska, Canada), it is likely that the methane concentration in the atmosphere will start rising more rapidly in coming decades.

The natural gas that is leaked into the atmosphere in connection with the operation of the backup gas turbines will have a negative climate-related impact that will reduce or eliminate the beneficial effect of the VRE-related reduction in CO_2 emissions. Averaged over a year, the energy produced by the combination of land-based VRE (wind parks and solar installations) and the backup gas turbines will be about 20% CO_2 -free (not taking into account the loss in thermal efficiency of the gas turbines due to the changing VRE output). The percentage value of the methane leakage rate that will eliminate the beneficial effect of land-based VRE plants (i.e., the CO_2 equivalence of the leaked methane is equal to the CO_2 emission that was prevented by the VRE) will be proportional to $20/28$ for a time horizon of 100 years for which GWP equals 28. As a percentage of the gas combustion rate this is about $(20/28)/(80 \cdot T)$ where T denotes the thermal efficiency of the gas turbines. Assuming $T = 60\%$ one finds 1.48%. Similarly, for offshore wind parks with production factors of 40%, the value of the methane leakage rate that will eliminate the benefits of the VRE plants is about $(40/28)/(60 \cdot 0.6) = 4.0\%$ for a time horizon of 100 years. Note that the time horizon of 100 years was chosen because it represents about 8 times the decay half-life of methane, meaning that most (99.6%) of the methane that was released at time zero will have decayed by then. In this way the full integrated effect of a pulse of methane (released at time zero) over the 100-year period is being considered. For a time horizon of 20 years, over which GWP equals 84, the methane leakage rate that will eliminate the beneficial effect of VRE plants will be about $(20/84)/(80 \cdot 0.6) = 0.50\%$ and about $(40/84)/(60 \cdot 0.6) = 1.3\%$, respectively for land-based and sea-based plants. Note that the leakage values for the 20-year horizon are smaller than those for the 100-year horizon, because

the effect of the methane leaked at time zero had not decayed as much over 20 years as over 100 years (67.3% of the methane has decayed after two decades).

Some countries are taking climate-related credit for having switched part of their electricity generation from burning coal to burning natural gas. This argument rests on the grounds that burning natural gas produces about half the quantity of CO_2 compared to burning coal for the same amount of heat. However, this benefit of burning natural gas over burning coal will be eliminated if the gas leakage rate into the atmosphere exceeds a value of about $(50/28)/(50 \cdot 0.6) = 6.0\%$ for a time horizon of 100 years (not taking into account natural gas released from coal mines). For a horizon of 20 years, the leakage rate that would result in equivalence of CO_2 emission would be about $(50/84)/(50 \cdot 0.6) = 2.0\%$

Leakage values for natural gas that are considerably higher than 4% may be found in the open literature. This leakage is of particular relevance for gas transported over long distances, such as gas from Siberia to Western Europe (4 500 km). A recent study reports gas leakage rates of 3.7% at the production wells in North Dakota, USA [2].

ECONOMIC VIABILITY OF VRE PLANTS

The fact that VRE plants can only function with priority access to the grid, implies the imposition of a 'master/slave' relationship on the backup generators that are being forced to function as 'slave' to the needs of VRE. The backup generators will thus have to operate under highly disadvantaged conditions because they have to continuously accommodate the rapidly changing VRE output as well as the changing demand of the grid, while the VRE plants are permitted to continuously deliver to the grid whatever they produce and

what the grid can accept. In this situation the concept of a 'level playing field' for the VRE backup generators clearly cannot exist.

The combination of VRE plants backed up by gas turbines and/or energy storage facilities, has two major aspects that detract from economic viability, namely (1) redundancy of investment, (2) under-utilization of available capacity. This is true for generating and/or storage capacity as well as for transmission capacity.

The fraction of the generation capacity of the VRE plants that remains unutilized (averaged over a year) is about 80%, 60% and 80% of the nameplate value, and the capacity of the backup gas turbines that remains unutilized is about 20%, 40% and 20%, respectively for land-based wind parks, offshore wind parks and solar installations. These are approximate values because the VRE production factor (expressed as percentage of nameplate capacity) may not in all cases equal the percentage of energy produced, in particular when VRE nameplate capacity exceeds the available backup capacity. This latter situation is, however, highly undesirable because, when VRE goes to zero (wind still, no sun), there would be insufficient backup capacity to keep the electric grid in balance which could lead to grid collapse.

The fraction of the VRE associated transmission capacity that remains unutilized (averaged over a year) is about 80%, 60% and 80%, respectively for land-based wind parks, offshore wind parks and solar installations. Because the cost of VRE-related adaptation of the electrical grid is very high, this low utilization constitutes a heavy cost penalty, in particular for offshore wind parks that may be far removed from the load centres [3].

It is important to point out that for increasing percentages of VRE connected to the grid, the associated cost penalties due to redundancies in both generation and transmission capacities, will increase substantially and disproportionately [4, 5].

Furthermore, VRE sources have a deleterious effect on the reliability of the electric grid, thus increasing the probability of disruptions in delivery, including long blackouts with serious economic and social consequences. Even minor disruptions can have deleterious consequences for industry, hospitals, data centres, etc. [6].

In view of the large redundancy in investment and the low utilization of the VRE plants, the backup gas turbines and the associated transmission systems, it is concluded that grid-connected VRE sources are not likely to be economically viable notwithstanding the fact that they start out with a large inherent advantage, as noted earlier. The possibility of economic viability is further diminished by the fact that the annual production of VRE sources varies widely from year to year (often by a factor two or more), necessitating additional under-utilized backup capacity.

Only by distorting the energy market by means of (direct and indirect) subsidies and favourable (positively biased) regulations, is it possible to create the impression that VRE delivered to the grid, can be competitive. Another way to distort the market is by 'shifting' VRE-related expenditures, such as by writing off the costs for adaptation of the electrical grid separately as 'infrastructure improve-

Ing. Jozef Mišák, Ph.D.

jozef.misak@ujv.cz

is a graduate and Ph.D. of the Czech Technical University in Prague, with more than 50 years of experience in nuclear engineering/nuclear safety. At present working in ÚJV Řež as Vice-President focusing on major nuclear safety projects nationally and internationally. Key expert in projects of European Commission and IAEA nuclear safety activities.



ments". This is unjustified because these costs are clearly solely linked to VRE. Such bookkeeping practices may be politically expedient but will only obfuscate decision making and will have long-term deleterious economic consequences.

It has been stated that the solution to the inherent shortcomings of VRE is the application of energy storage which would then be expected to 'level out' the VRE source's rapidly varying output. Such energy storage could be based on various types of energy, including electro-chemical (e.g., battery power packs), potential (e.g., elevated water reservoirs, hydro power) and kinetic (e.g., large flywheels). However, the rapidly and widely changing large amounts of energy on the electric grid would necessitate, in most cases, very large investments that would remain under-utilized. It is also important to note that conversions between different energy types is not without substantial losses. As an example, storage of VRE if based on elevated water reservoirs (e.g., artificial lakes), involves two energy conversions with a combined loss that could well exceed 30%. It is for these reasons that only hydro power (where available) is considered economically viable. Hydro

power has the fortunate characteristic of being an energy source with 'built-in' storage capacity (this is only true to a much lesser extent for run-of-the-river hydro power which is the form preferred by environmentalists).

Notwithstanding the fact that there exists no compelling economic incentive for installing grid-connected VRE plants with a combined nameplate capacity that exceeds the maximum demand of the grid, some countries or regions have done so anyway. This further contributes to the deterioration of grid reliability. In fact, some countries that are exposed to sudden large bursts of excess VRE coming from an adjacent country (e.g. due to strong wind gusts), have indicated the need to protect their grid reliability by installing the capability of temporarily cutting external grid connections to their service area. Some countries have already done so (including the Czech Republic) by installing the needed equipment at high costs. A question that may well be raised in this connection is whether country or region 'A' that knowingly is causing damage in country or region 'B', owes offsetting payments to country or region 'B' in compensation for the damage done and/or the costs incurred for prevention of damage.

References:

- [1] International Panel on Climate Change (IPCC). Report AR5
- [2] Yuzhong Zhang, et al. "Quantifying methane emissions from the largest oil-producing basin in the United States from space", American Association for the Advancement of Science
- [3] Alfred Voss, Benjamin Fleischer. "System Cost of Low-Carbon Electricity – A German Case Study, emphasizing the Effect on Transport and Distribution Grids", OECD-NEA Workshop, September 22, 2016
- [4] Jan-Horst Keppler. "The Cost of Decarbonization", OECD-NEA report, 2018
- [5] Sama Bilbao y Leon, OECD-NEA. Presentation made at the Conference of the American Nuclear Society, Washington, November 2019
- [6] Article in the magazine Der Spiegel. "The Cost of Disruptions in Electrical Energy Supply", August 6, 2012

Infrastruktura horkých komor Centra výzkumu Řež 4. díl

**Mgr. David Zoul, Ing. Markéta Koplová, Ph.D.,
RNDr. Mariia Zimina, Ph.D., Mgr. Patricie Halodová, Ph.D.,
RNDr. Pavel Zháňal, Ph.D., Bc. Ondřej Libera,
Roman Janura, Vít Rosnecký**

Centrum výzkumu Řež s.r.o.

V tomto článku si klademe za cíl seznámit čtenáře s novým pracovištěm horkých komor, které bylo v uplynulých letech postaveno v Řeži u Prahy. Náš výzkumný program je zaměřen na strukturální diagnostiku a studium mechanických vlastností materiálů vystavených vysokým dávkám neutronové radiace v jaderných a termojaderných reaktorech. Dále pak na výzkum a vývoj špičkových technologií a materiálů v oblasti rychlých reaktorů a v oblasti termojaderné fúze. Získání komplexního popisu degradace strukturních a mechanických vlastností konstrukčních materiálů komponent jaderných reaktorů po dlouhodobé provozní expozici slouží k hodnocení jejich životnosti, spolehlivosti a bezpečnosti.

Původně neaktivní kovový materiál je vystaven vysokému neutronovému toku, tlaku, teplotě, chemickým vlivům prostředí. Vzniklý materiál s vysokou aktivitou je v horkých komorách přetvořen na vzorky vhodného tvaru a rozměru, které jsou pak podrobeny mechanickým zkouškám a metalografickým analýzám (zkouška tahem, vrubové houževnatosti rázem, lomové houževnatosti, rychlosti růstu trhliny při cyklickém zatěžování a za zvýšených teplot, malocyklové únavy a creepu). Hodnocení degradace materiálů je založeno na zkoumání mikrostruktury metalurgických vzorků po mechanické zkoušce. Další užitečnou informaci přináší stanovení prostorové distribuce aktivity ve vzorku.

V tomto dílu budou představeny naše nejnovější a nejsložitější laboratoře, určené pro práci se vzorky o nižších aktivitách (max. 250 GBq), které nevyžadují použití horkých komor.

In this article, we aim to acquaint our readers with the new workplace called hot cells, which was built in Řež near Prague in recent years. Our research programme is focused on structural diagnostics and study of mechanical properties of materials exposed to high doses of neutron radiation in nuclear and thermonuclear reactors. Furthermore, it contains the research and development of high technology and materials in the field of fast reactors and thermonuclear fusion. Obtaining a comprehensive description of degradation of structural and mechanical properties of construction materials for nuclear reactor components after long-term operational exposure serves to assess their durability, reliability, and safety.

The originally inactive metal material is exposed to high neutron flux, pressure, temperature, and environment. The resulting highly active material is cut into samples of suitable shape and size, which are then subjected to mechanical testing and metallographic analysis (tensile, fracture toughness, crack growth rate under cyclic loading and elevated temperatures, low-cycle fatigue and creep tests) in hot cells. Evaluation of material degradation is based on the examination of the microstructure of metallurgical samples after mechanical testing. Another useful information is the determination of the spatial distribution of activity in the sample.

This part will introduce our latest and most sophisticated laboratories, designed to work with samples with lower activities (max. 250 GBq), which do not require the use of hot cells.

Obr. 1: Skenovací elektronový mikroskop Elfast firmy TESCAN Brno, s.r.o. |



1. ÚVOD

V této části představíme pět nových laboratoří, v nichž probíhají nejnáročnější technologické procesy, testy a měření na vzorcích, jejichž aktivity jsou několikařádově nižší než aktivity, pro něž jsou dimenzovány horké komory. Budou ukázány některé nedestruktivní metody testování vzorků – např. skenovací elektronová mikroskopie, výpočetní tomografie, či optická absorpční spektroskopie.

2. POLOHORKÁ KOMORA (PHK)

Slouží pro měření mechanických a strukturálních vlastností zkušebních těles, pro fraktografické hodnocení lomových ploch vzorků a pro analýzu tvrdosti a určení modulu pružnosti u zkušebních vzorků z feritických a austenitických ocelí typu Cr Ni, betonů a keramiky, k provádění orientačních analýz chemického složení. PHK je vybavena rastrovacím elektronovým mikroskopem a nanointerferencem.

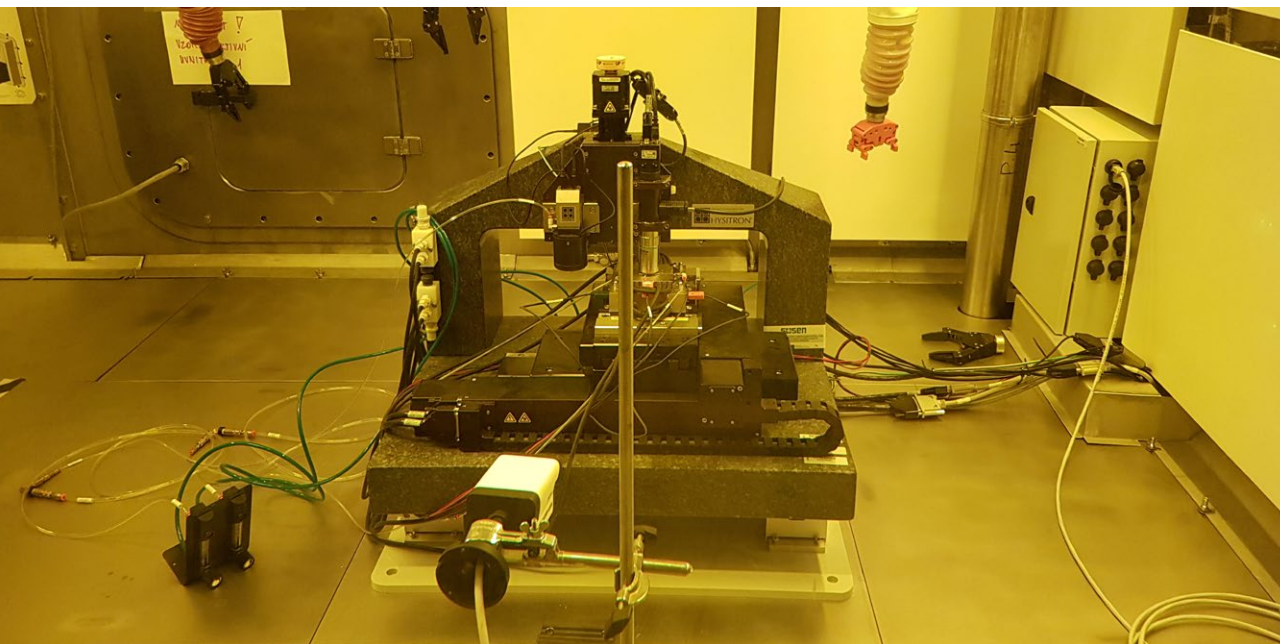
Požadavky na spolehlivost materiálů v jaderné energetice neustále rostou. Pro zvýšení jejich životnosti je proto důležitý detailní výzkum procesů degradace a porozumění složitým zákonitostem kumulace poruch v materiálu.

Při vyhodnocení těchto poruch se uplatňují především metody založené na optické a elektronové mikroskopii. Tyto metody umožňují také určení typu růstu trhliny a analýzu možných produktů koroze.

Hodnocení kovových materiálů se uskutečňuje makrofraktografickým a mikrofraktografickým pozorováním povrchu.

Makrofraktografické hodnocení lomu se skládá z vizuálního popisu lomové plochy pouhým okem a optickým mikroskopem při zvětšení max. 50×.

Mikrofraktografický rozbor lomu se uskutečňuje pomocí rastrovacího elektronového mi-



Obr. 2: Nanoindenter Hysitron firmy RMI s.r.o. |

kroskopu (SEM) (Obr. 1). Cílem je pozorování morfologie a zjišťování mikromechanismů poruch a typu lomu, mikrostruktury povrchu a chemického složení.

Nanoindenter (Obr. 2) je zařízení pro mechanickou charakterizaci materiálů v nanoměřítku. Mikroskopický diamantový hrot je vtlačován do materiálu a měří se odpor kladený materiálem při různých hloubkách průniku. Rozsah zatížení je v rozmezí od 70 nN do 10 mN, kvalitní optika nabízí rozlišení 10 nm. Hlavními měřenými parametry jsou Youngův modul, nanotvrdost a mikrotvrdost.

3. PŘÍPRAVNA METALOGRAFICKÝCH VÝBRUSŮ A PŘÍPRAVNA OZÁŘENÝCH GEOLOGICKÝCH VZORKŮ, STAVEBNIN A KERAMIKY

Obě dvě laboratoře jsou vybaveny stíněnými rukavicovými boxy, které vyrábí CVŘ. Boxy jsou napojeny na aktivní vzduchotechniku, sběr kapalného RAO je prováděn do záchytných sběrných polyetylenových nádob. Jeden box je umístěn v samostatném stavebně odděleném kiosku charakterizovaném jako **Příprava metalografických výbrusů**, další dva boxy stojí v sousední laboratoři charakterizované jako **Příprava ozářených geologických vzorků, stavebnin a keramiky**.

V **Přípravě metalografických výbrusů** bude probíhat broušení malých radioaktivních vzorků ve formě ozářených betonů, ozářené keramiky, ozářených austenitických ocelí a dalších kovových vzorků. Broušení se realizuje pod vodou, veškeré práce tedy probíhají za mokra.

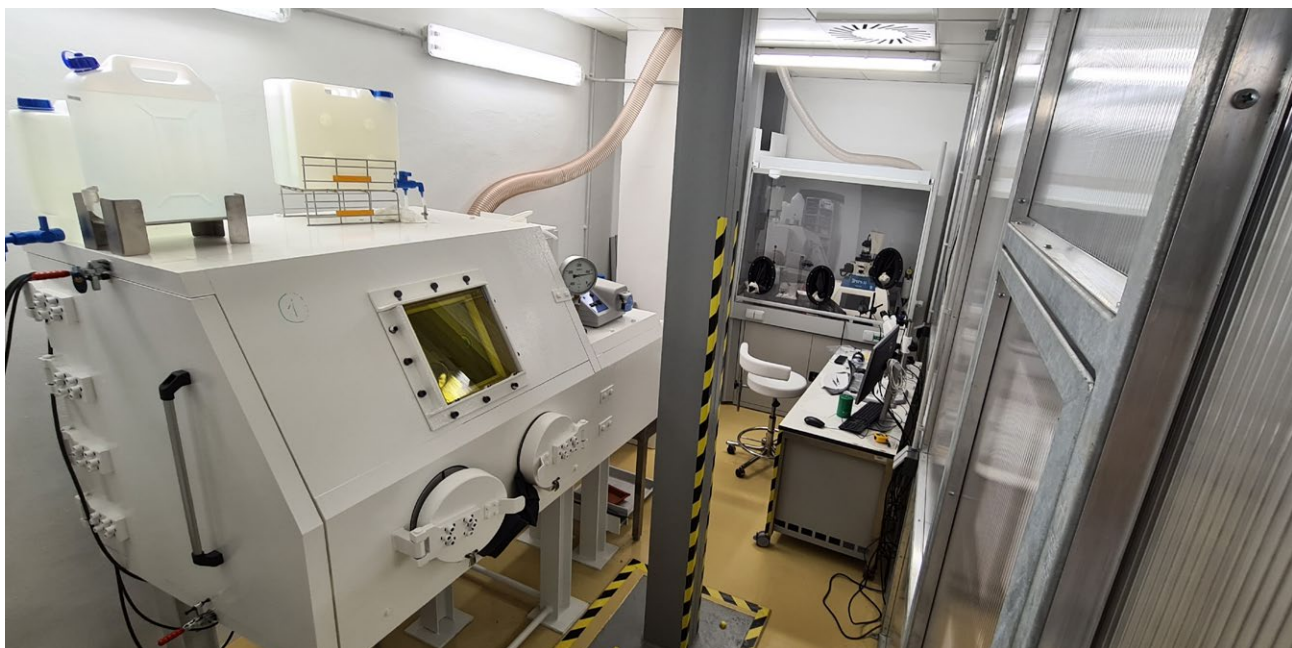
V **Přípravě ozářených geologických vzorků, stavebnin a keramiky** bude probíhat broušení, drcení a mletí radioaktivních vzorků v podobě ozářených betonů, hornin a keramiky. Také zde provádíme většinu činností za mokra.

RUKAVICOVÉ BOXY

Rukavicové boxy (RKB) jsou zařízení určená pro přípravu aktivních vzorků o takových rozměrech a mechanických vlastnostech, které neumožňují přípravu v horkých komorách (HK) pomocí manipulátorů.

Stínění rukavicových boxů je vyrobeno ze železa o tloušťce 100 mm. Rukavicové boxy obsahují průzor z Pb skla (ekvivalentní stínící vlastnosti 20 mm Fe), dva otvory pro manipulační rukavice a dvířka pro uzavření vstupů pro rukavice. RKB jsou dále vybaveny vnitřním těsným boxem a dvojitými dveřmi s těsněním a malým utěsněným vstupem (materiálovou propustí, či přestupníkem) pro přenos vzorků. RKB jsou napojeny na odtah aktivní vzduchotechniky objektu 254, která v boxech zajišťuje

■ | Obr. 3: Stíněný rukavicový box v přípravně metalografických výbrusů |



■ | Obr. 4: Stíněné rukavicové boxy a radiochemická digestoř v Přípravně ozářených geologických vzorků, stavebnin a keramiky |

stálý podtlak minus 90 až minus 120 Pa (je možno jej regulovat pomocí škrtkové klapky). Podtlak zamezuje úniku prachových částic z přípravy vzorků a možné kontaminaci prostoru pracoviště a pracovníků. Dosažený podtlak uvnitř boxů je kontrolován manometry, které se nachází na výstupu napojení boxu na VZT. RKB je osvětlen zářivkovým bílým světlem a také je osazen čtyřmi vnitřními elektrickými zásuvkami. Elektroinstalace je vedena utěsně-

nými průchodkami stejně jako přívod a odvod lihového okruhu a tlakového vzduchu.

Stíněný rukavicový box v **Přípravně metalografických výbrusů** (Obr. 3) je vybaven metalografickou bruskou a provádí se zde broušení vzorků pro Tunelový elektronový mikroskop (TEM). Maximální aktivita zpracovávaná na tomto pracovním místě byla stanovena na 90 GBq.

Obr. 6: Příklady standardního laboratorního vybavení – stereolupa (nahore), metalografická bruska a leštička (dole)

Stíněné rukavicové boxy v **Přípravně ozářených geologických vzorků, stavebnin a keramiky** (Obr. 4) jsou vybaveny metalografickou bruskou a oscilačním mlýnkem na vzorky. Původně kompaktní pevnolátkové vzorky jsou zde přeměněny do práškové formy pro následnou XRD analýzu (rentgenová difrakční analýza) a FTIR (infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací). Maximální aktivita zpracovávaná na tomto pracovním místě byla stanovena na 24 GBq.

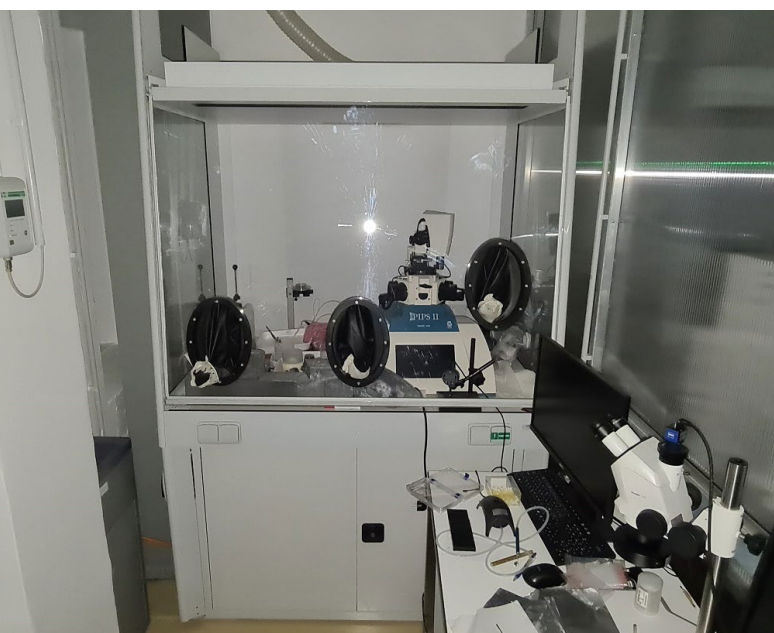
RADIOCHEMICKÁ DIGESTOŘ

Radiochemická digestoř s laminárním prouděním od firmy TEVAPO SYSTEM s.r.o. (Obr. 5), je zařízení, v němž jsou prováděny krátkodobé přípravné práce: popis vzorku, měření PDE vzorku, lepení vzorku na sklíčka, nastavování tloušťky broušení. Tyto práce jsou prováděny mimo rukavicový box z důvodu nutnosti citlivé manipulace s připravovanými vzorky, s ohledem na jejich mechanické vlastnosti a velmi malé rozměry většiny vzorků. Při práci v digestoři mají pracovníci k dispozici standardní OOPP, jako jsou rukavice, návleky, tyvky, respirátory, polomasky, celoobličejové masky apod. Digestoř je napojena na aktivní vzduchotechniku pracoviště.

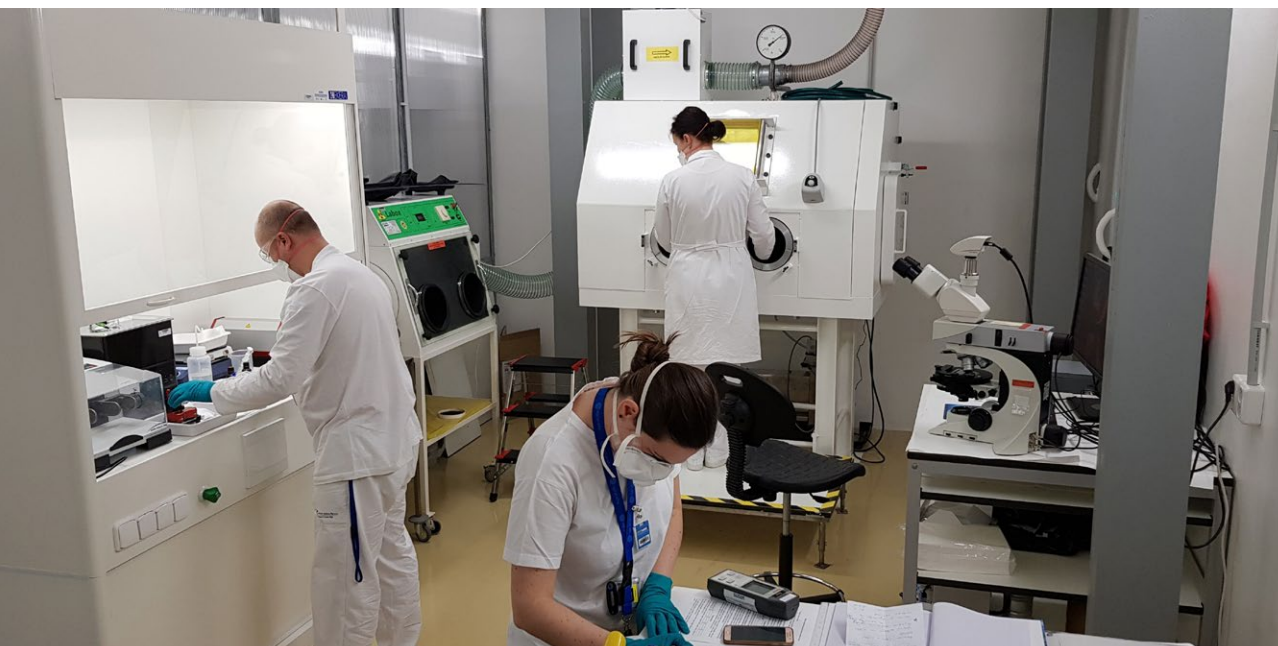


Vzhledem k tomu, že box digestoře neobsahuje žádné biologické stínění, byla reálně zpracovávaná aktivita operativně přizpůsobována aktuálním příkonům dávkového ekvivalentu dle Programu monitorování. Konzervativní odhad pro maximální reálně zpracovávanou aktivitu činí 90 MBq (100 μ Sv/h celotělově, 3 mSv/h ruce).

V rukavicových boxech i radiochemických digestořích lze obecně pracovat s aktivními vzorky do maximální hodnoty PDE 10 mSv/h na ruce a pokud celotělový PDE vně boxů nepřesáhne 100 μ Sv/h.



Obr. 5: Radiochemická digestoř v přípravně metalografických výbrusů



▮ Obr. 7: Zkušební neaktivní provoz v Přípravě ozářených geologických vzorků, stavebnin a keramiky ▮

LABORATORNÍ BOX

Zařízení slouží ke kompletaci velmi jemných práškových vzorků pro rentgenovou difrakční analýzu (XRD) a infračervenou spektroskopii s Fourierovou transformací (FTIR) připravených mletím v oscilačním mlýnku uvnitř rukavicového boxu, do speciálních uzavřených pouzder (Obr. 8–12).

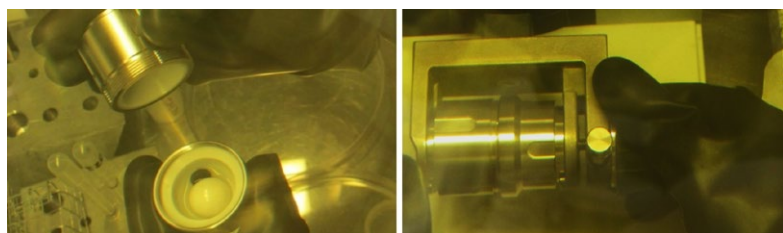
OCHRANA ZDRAVÍ PŘI PRÁCI

Vzhledem k tomu, že během broušení vzorků dochází ke smývání částic aktivního materiálu do lihového okruhu a poté do nerezového zásobníku s přepážkami, který slouží jako zachytaná dekantační vana, je nutné tento okruh pravidelně dozimetricky monitorovat. Při překročení limitu PDE 100 $\mu\text{Sv/h}$ na povrchu nádrže lihového okruhu, nebo 10 μSv ve vzdálenosti 1 m od povrchu je nutné lihový okruh vypustit a líh zlikvidovat jako kapalné RAO. Dále je nutné dekantační nerezovou nádobu vyčistit od zbytků usazených aktivních částic materiálu a zlikvidovat jako pevné RAO.

Vzorky pro zpracování v RKB jsou přesouvány v olověných přenosných kontejnerech z PHK do RKB za dozoru pracovníka dozimetrie. Mezi RKB a digestoří je vzorek přenášen v uzavřeném a zabezpečeném obalu tak, aby se ani při pádu nemohl vzorek octnout mimo obal. Ochrana pracovníka také spočívá v rychlosti přípravy a vzdálenosti (pokud je to umožněno povahou prací, používají se pinzety, tyčové manipulátory, kleště, peány), není-li to možné, tak co nejrychleji a pokud je potřeba, lze pracovat se vzorky za dodatečným stíněním (PB plechy, PB kostky, ocelové paravány).



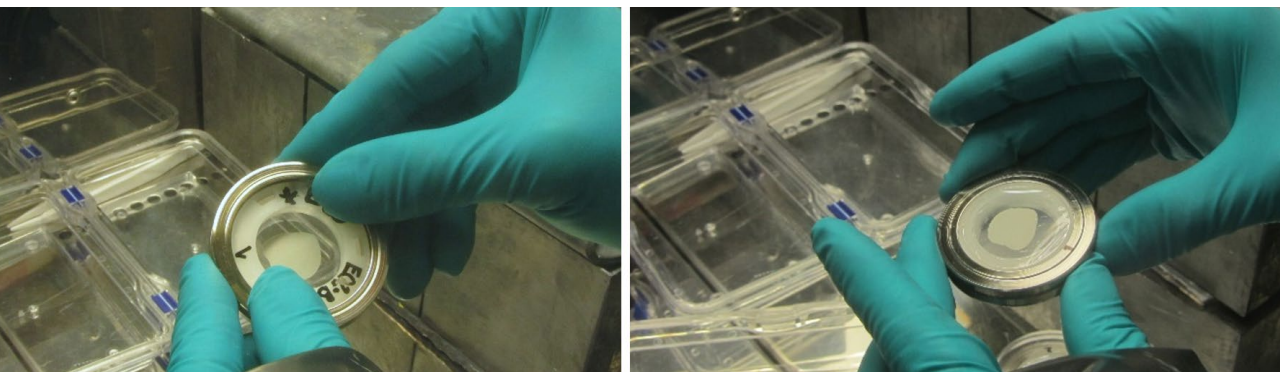
▮ Obr. 8: Laboratorní box ▮



▮ Obr. 9: Mlecí nádoba mlýnku se zirkoniovou kuličkou určenou k drcení vzorků na prášek ▮

▮ Obr. 10: Po vyjmutí vzorků z přestupníku rukavicového boxu za pomoci kleští a umístění do uzavíratelné přenosné nádoby jsou vzorky přeneseny do přestupníků laboratorního boxu ▮

▮ Obr. 11: V laboratorním boxu se zalepí okraje plastových držáků lepidlem. Po vyschnutí se vkládají plastové držáky se vzorky do kovových prstenců ▮



Obr. 12: Nyní je vzorek připravený pro XRD a lze jej umístit do označených transportních obalů a následně do hermetických přepravních kontejnerů, ve kterých se transportuje na objekt 271

SVĚTELNÝ OPTICKÝ MIKROSKOP

Laboratoř je vybavena světelným optickým mikroskopem (LOM) výrobce LEICA, typ DM 2700M (Obr. 13). Jedná se o metalografický mikroskop, který umožňuje vyhodnocení v odraženém světle ve světlém a tmavém poli, v polarizovaném světle a Nomarského diferenciálním interferenčním kontrastu. Mikroskop je vybaven 5 Mpix kamerou a softwarem pro kvalitativní a kvantitativní vyhodnocení mikrostruktury vzorků. Mikroskop rovněž umožňuje zobrazení v procházejícím světle pro analýzu mikrostruktury tenkých průsvitných vzorků. Mikroskop na pracovišti slouží ke kontrole kvality povrchu připravovaných vzorků, ke kontrole tloušťky tenkých

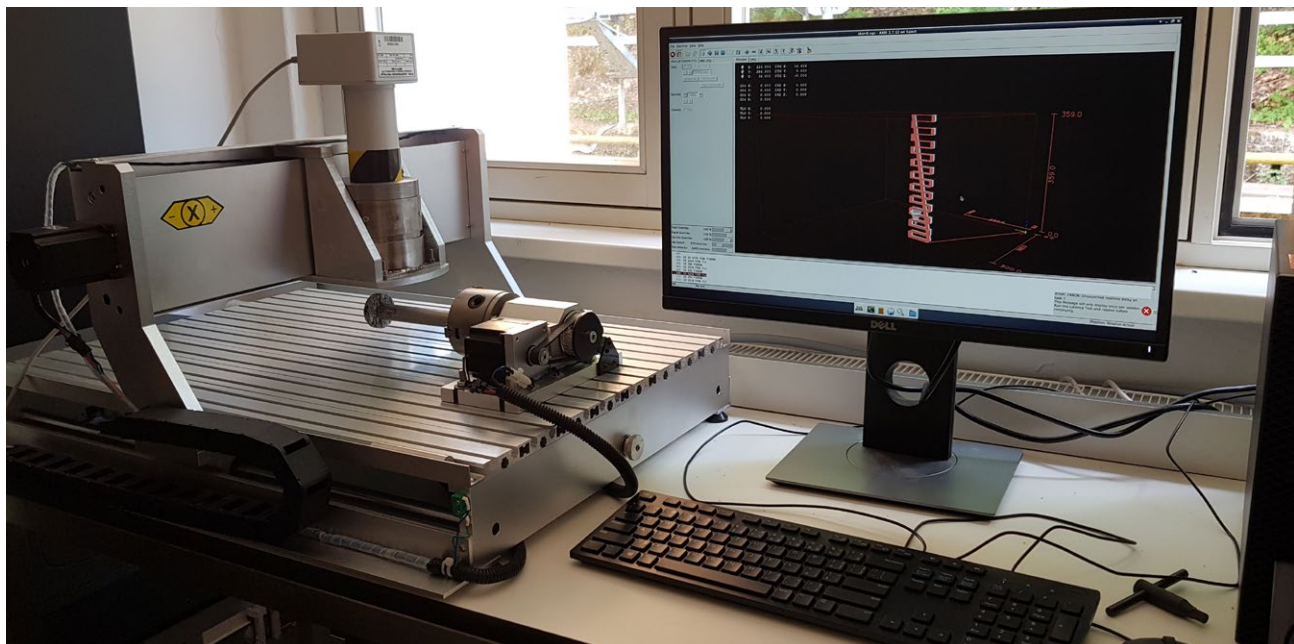
výbrusů a k dokumentaci mikrostruktury připravených vzorků. Mikroskop byl doplněn o olověné stínění tloušťky 5 mm, které chrání operátora během hodnocení vzorků. Koeficient zeslabení této zástěny činí 30 % pro ^{59}Fe a 20 % pro ^{60}Co .

4. LABORATOŘ VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE A OPTICKÉ ABSORPČNÍ SPEKTROSKOPIE

V Centru výzkumu Řež byl sestaven unikátní výpočetní tomografický přístroj (Obr. 14) vybavený důmyslným systémem přesných wolframových kolimátorů a inteligentní scintilační sondou REP171-1SD řízenou mikroprocesorem, s regulovaným vysokonapětovým zdrojem, převodníkem



Obr. 13: Radiačně zastíněný světelný optický mikroskop (LOM) – vpravo



■ | Obr. 14: Výpočetní tomograf SPE-CT |

proud/kmitočet a fotonásobičem pracujícím v proudovém režimu, tj. bez mrtvé doby. Dynamika měření odezvy činí 5 řádů bez přepínání, nejistota měření <2 %.

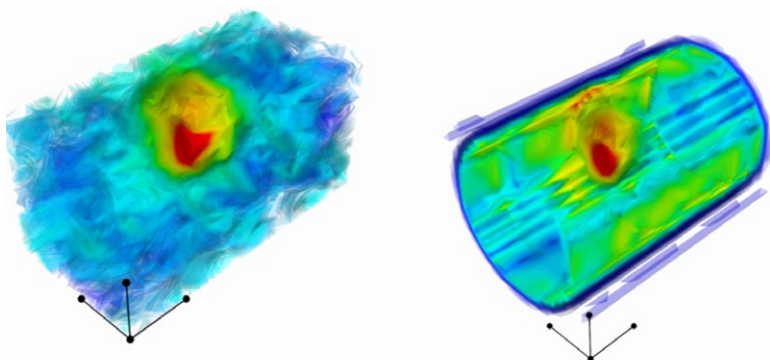
Přístroj umožňuje trojrozměrný pohled do nitra malých radioaktivních vzorků o průměru až několika desítek milimetrů, s rozlišením lepším než jeden kubický milimetr. Je určen k detekci domén s různými úrovněmi radioaktivity (Obr. 15) [1], [2], [3].

Pomocí tohoto zařízení lze detekovat strukturní nehomogenity, jako jsou dutiny, trhliny nebo oblasti s různým chemickým složením. Pro detekci jemných trhlin v malých vzorcích

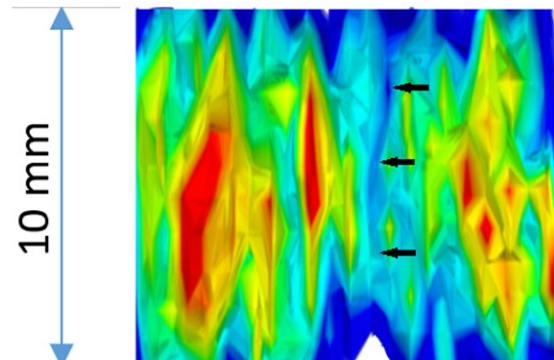
(Obr. 16) se provádí ultrajemné skenování vzorku v trvání desítek hodin s milimetrovou kruhovou aperturou, 0,5 mm podélným a příčným krokem a 18° úhlovým krokem.

Tomograf je rovněž využíván pro studium interkrystalické permeability žuly pro účely posouzení bezpečnosti hlubinné depozice radioaktivního odpadu do geologických formací a popisu migračních procesů probíhajících v horninovém prostředí. [4]

Na tomto projektu úzce spolupracujeme s týmem špičkových odborníků z oddělení Chemie palivového cyklu ÚJV Řež, pod vedením RNDr. Václavy Havlové, Ph.D.



■ | Obr. 15: Příklady 3D obrazů distribuce radioaktivity uvnitř malých vzorků o průměru cca. 10 mm |



■ | Obr. 16: Detekce trhliny v ozářeném kovovém vzorku |



Obr. 17: Difuzní cela s geologickým vzorkem

Na tomografu se sleduje prostorová distribuce radioizotopového stopovače uvnitř geologického vzorku po provedení difúzního experimentu. Při něm se vzorek umístí mezi dva zásobníky s vhodným roztokem. Vstupní zásobní nádrž obsahuje radioaktivní stopovač (např. $^{137}\text{CsCl}$), výstupní zásobník je neaktivní. Výsledky se následně vyhodnocují na základě Fickova zákona. [5]

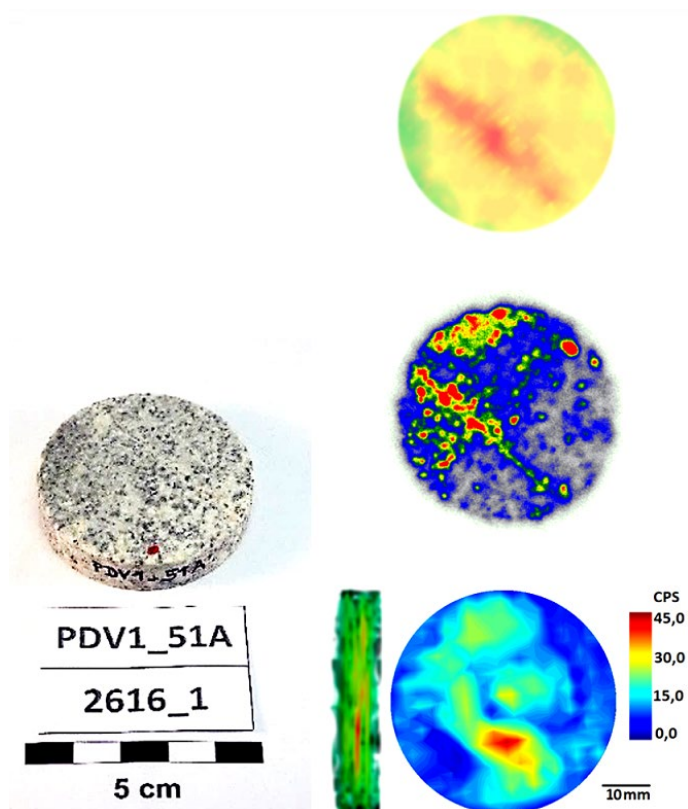
Difuzní cela se skládá ze středového dílu, v němž je utěsněný horninový vzorek a dvou těsně připojených rezervoárů na kapalinu (Obr. 17). Cela je instalována svisle a na horní část vzorku je aplikován zdrojový radioaktivně značený roztok, jehož působení je vzorek vystaven po určitou dobu.

Po vyjmutí z difuzní cely bylo dříve nutno vzorky fyzicky nařezat diamantovým kotoučem na milimetrové plátky. Každý plátek byl poté zvlášť studován prostřednictvím autoradiografie. SPE-CT skener nyní dovoluje nařezat vzorek tomograficky, tj. nedestruktivní metodou.

Na 3D skenu se zobrazí distribuce aktivity umožňující stanovit propustnost vzorku vůči vodě označené vhodnou radioaktivní solí. 3D analýza prostorového rozložení aktivity indikátoru v geologickém vzorku ukazuje šíření indikátoru podél poruchy v žule, dále pak mezizrnnou propustnost neporušené žuly.

Příklad na Obr. 18 reprezentuje vzorek PDV1_51A o průměru 50 mm, s vyhojenou puklinou, odebraný z vrtného jádra v lokalitě Panské Dubenky, z hloubky 51 m. Jedná se o světle šedý drobnozrnný dvojslídý granit, porozity 0,70 % a hustoty 2 604 kg/m³. Pro radioaktivní značení byl použit stopovač $^{137}\text{CsCl}$.

Aktuálně probíhá upgrade zařízení SPE-CT, po jehož dokončení bude přístroj schopen provádět dokonce 4D skenování, tj. zaznamenávat časové změny 3D distribuce radioaktivního stopovače uvnitř vzorku ve zvoleném časovém období. To umožní přímo sledovat prostupování radioaktivního stopovače vzorkem.



Obr. 18: Vzorek PDV1_51A s vyhojenou puklinou. Aktivita stopovače $^{137}\text{CsCl}$ ve vzorku 2,16 MBq; 2D sken SPE-CT (nahore), autoradiografie (uprostřed), 3D sken SPE-CT – boční a čelní projekce (dole)

Obr. 19: Polykarbonátové vzorky ozářené různě velkými dávkami gama radiace 0-220 kGy

V

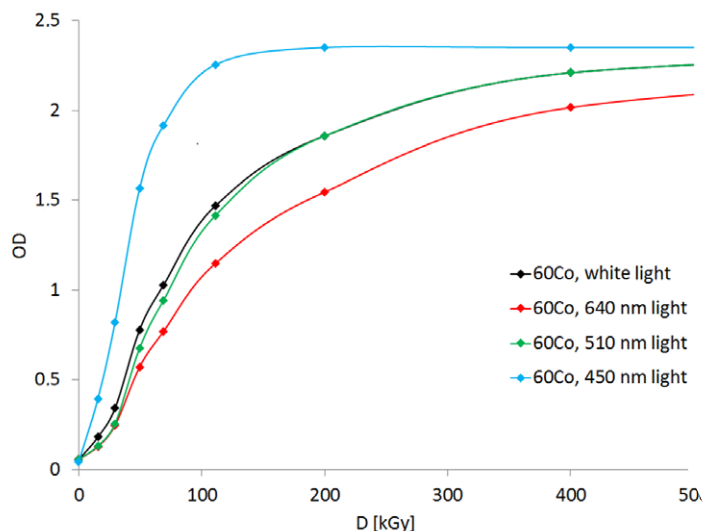
Obr. 21: Graf závislosti OD(D) pro 4 různé barevné kanály – bílé světlo se střední vlnovou délkou 550 nm, dále pak monochromatické světlo na 640 nm, 510 nm a 450 nm. Je velmi dobře patrná očekávaná vysoká závislost OD(D) v oblasti krátké vlnové délky 450 nm. Při dávce nad 50 kGy však při této vlnové délce nastává pozvolná saturace a při dávkách nad 100 kGy ($OD \gg 2.3$) i saturace úplná. Na větších vlnových délkách závislost OD(D) od dávky 100 kGy jen pozvolna zpomaluje, k úplné saturaci dochází až mnohem později – při dávce okolo 500 kGy. Nicméně, již od 200 kGy nejistota stanovení dávky z OD rychle narůstá.

5. LABORATOŘ OPTICKÉ ABSORPČNÍ SPEKTROSKOPIE

Byla zřízena za účelem studia využití polykarbonátu pro integrující dozimetrii vysokých dávek ionizujícího záření. Při našem bádání úzce spolupracujeme s Matematicko-fyzikální fakultou Univerzity Karlovy v Praze, s Ústavem jaderné fyziky Akademie věd České republiky, a rovněž s ÚJV Řež. [9], [10], [11]

Polykarbonát (PC) je polyester kyseliny uhličité, který se vyrábí postupnou polymerací bis-fenolu A s fosgenem. Jedná se o transparentní polymer s velkým indexem lomu ($n = 1.584$) a velkou propustností světla (nejméně 80 % pro desku o tloušťce 10 mm).

- Reaguje na ozáření změnou optické hustoty.
- Stanovení sledovaných změn se provádí spektrofotometricky.
- Změny nastávají nejprve převážně v UV oblasti spektra (10–380 nm), pro vyšší dávky (> 1 kGy) se rozšiřují do viditelné oblasti (380–760 nm).
- Pochopení závislosti optické hustoty (OD) na dávce umožňuje dozimetrické využití.



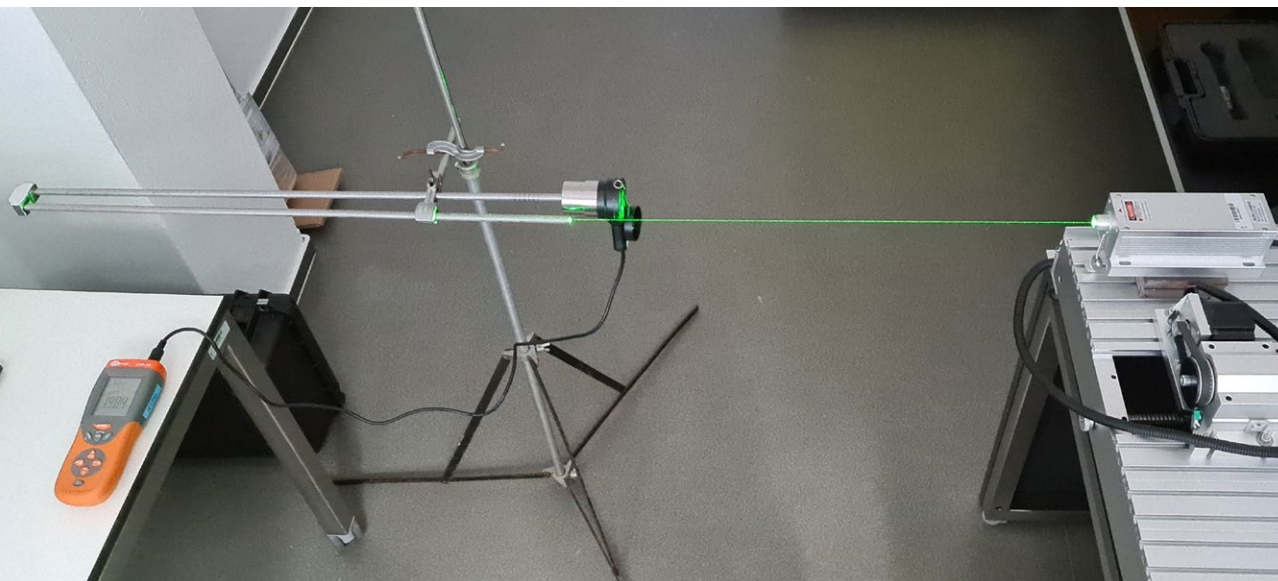
Polykarbonátové desky MAKROCLEAR (OMNIPLAST s.r.o.) se vyrábí lisováním z polykarbonátové pryskyřice bez přísad. Při ozáření PC dochází k radiochromickému (kolorizačnímu) jevu – optická hustota polymeru narůstá s dávkou (Obr. 19). Závislost OD na dávce je přibližně lineární až do 100 kGy, což dovoluje využití PC jako levného a dostupného integrujícího dozimetru. Pro dávky nad 30 kGy je kolorizační efekt již nevratný. Při našem průzkumu fadingu a annealingu jsme se proto zaměřili především na oblast nižších dávek. [6], [7], [8]

Pro analýzu změn optických vlastností ozářených vzorků používáme v naší laboratoři transmisní skener Epson Perfection 850-Pro (Obr. 20), který umožňuje provádět měření optické hustoty pro 4 různé barevné kanály – viz Obr. 21.

Stupeň spolehlivosti této fotometrické metody, lze nejlépe prověřit porovnáním odezev PC dozimetrů s odezvami aminokyseliny alanin (ALA) ozářené stejnými dávkami a druhu ionizujícího záření.



Obr. 20: Transmisní skener Epson Perfection 850-Pro



Obr. 22: Laboratorní testy prototypu laserové teleskopické dozimetrické sondy založené na radiochromickém jevu v polykarbonátovém detekčním elementu

Alaninová dozimetrie je certifikovaná metoda, která dokáže pracovat s celkovou nejistotou do 3 %. Ke stanovení dávky z ozářeného alaninu se používá metoda EPR (elektronová paramagnetická rezonance). Metoda měří distribuci spinových energií nepárového elektronu v magnetickém poli a přechody mezi jednotlivými spinovými stavy indukovanými mikrovlnným zářením. Metoda je tedy citlivá na přítomnost molekul s nenulovým elek-

tronovým spinem, tj. částice s nepárovými elektrony, jako jsou radiačně indukované volné radikály.

Výsledky jsou shrnuty v tabulkách 1 a 2. Je zřejmé, že v oblasti, kde má kalibrační křivka PC dozimetrů vysokou derivaci (rozsah dávek 10–100 kGy), jsou odchylky od certifikované alaninové dozimetrie pod 10 % a dokonce i při dávkách okolo 300 kGy tento limit významně

ALA (kGy)	PC (kGy)	Rozdíl (%)
7,9	9,6	17,7
17	17,5	2,9
32	31,2	2,6
40	43,4	7,8
48	53	9,4
57	58	1,7
163,8	190,3	13,9
369	332	11,1
426,6	335,7	27,1

Tab. 1: porovnání výsledků alaninové (ALA) a PC dozimetrie pro gamma záření ^{60}Co

ALA (kGy)	PC (kGy)	Rozdíl (%)
17	17,5	2,9
40	36	11,1
60	61	1,6
80	73	9,6

Tab. 2: Porovnání výsledků alaninové (ALA) a PC dozimetrie pro směsné neutronové a gama záření generované výzkumným reaktorem LVR-15

nepřekračují. Mimo tuto oblast jsou odchylky mírně vyšší, pro oblast velmi vysokých dávek (nad 400 kGy), kde již dochází k saturaci PC dozimetřů, může pak nejistota stanovení dávky dosáhnout i několika desítek procent.

Aktuálně probíhá vývoj teleskopické dozimetrické sondy obsahující na hrotu polykarbonátový detekční prvek (Obr. 22). Intenzivní laserový svazek, generovaný pevnolátkovým, diodami čerpaným laserem o výkonové stabilitě 3 %, s výstupním světelném výkonem 2 W na vlnové délce 532 nm, prochází sondou, na jejímž konci je směřován na polykarbonátový detekční element. Po průchodu detekčním prvkem se vrací zpět a dopadá na citlivý optický detektor firmy SONEL, který v reálném čase zaznamenává změny jeho intenzity a informace odesílá bezdrátově do vzdáleného počítače. Díky teleskopickému konstrukčnímu řešení je možno dozimetrický prvek sondy velmi přesně polohovat v prostoru, což umožní provádět měření dávky a dávkového příkonu in situ v obtížně přístupných prostorech, či v prostorech s nebezpečně vysokým dávkovým příkonem, jako je např. ozařovací komora vysokoaktivního kobaltového ozařovače v Centru výzkumu Řež, kde bude brzy jedna ze sond instalována.

Prezentované výsledky byly finančně podpořeny Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy – projekt LQ1603 Výzkum pro SUSEN. Práce byla realizována na velké infrastruktuře Udržitelná energetika (SUSEN) vybudované v rámci projektů CZ.1.05/2.1.00/03.0108 a CZ.02.1.01/0.0/0.0/15_008/0000293.

Reference:

- [1] Zoul, D., Zháňal, P. 3D reconstruction of radioactive sample utilizing gamma tomography, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 2018, Svazek: 895, Strany 107–111
- [2] Zoul, D., Zháňal, P., Kolros, A., Viererbl, L. 3D reconstruction of inner structure of radioactive sample utilizing gamma tomography, BJE, 2018, Svazek 26 [64], Číslo 3/4, Strany 74–80
- [3] Zoul, D., Zháňal, P., Viererbl, L., Kolros, A., Zuna, M., Havlová, V. 3D reconstruction of inner structure of radioactive sample utilizing gamma tomography, Radiation Protection Dosimetry, 2019, Svazek 895, Strany 107–111
- [4] Long term diffusion project Phase 3 (<http://grimsel.com/gts-phase-vi/ltd/ltd-introduction>)
- [5] Crank, J. The Mathematics of Diffusion, Oxford University Press, 1980
- [6] Zoul, D., 2016, „Studie tmavnutí polykarbonátových desek v poli ionizujícího záření (A study of the changes in optical density of the polycarbonate plates in the field of ionizing radiation)“, Bezpečnost jaderné energie (Nuclear power safety), 24 [62] 1/2, pp. 33–38, ISSN: 1210-7085
- [7] Zoul, D., 2017, „Studie využití polykarbonátu pro integrující dozimetrii vysokých dávek ionizujícího záření (A study of the use of polycarbonate for integrating dosimetry of high doses of ionizing radiation)“, Bezpečnost jaderné energie (Nuclear power safety), 25 [63] 5/6, pp. 141–149, ISSN: 1210-7085
- [8] Zoul, D., Cabalka, M., Koplová, M., 2018, „A study of using polycarbonate as a reusable radiochromic integrating dosimeter for the determination of high doses of ionizing radiation“, RAD Conference Proceedings, vol. 3, pp. 138–142, DOI: 10.21175/RadProc.2018.30
- [9] Zoul, D., Koplová, M., Rosnecký, V., Štěpánková, H., Římal, V., Štěpánek, J., Mojžes, P., Procházka, M., 2019, „Studium molekulárních mechanismů radiochromického jevu v polykarbonátu (A study of the molecular mechanisms of the radiochromic effect in the polycarbonate)“, Bezpečnost jaderné energie (Nuclear power safety), 26 [64] 11/12, pp. 338–346, ISSN: 1210-7085
- [10] Zoul, D., Koplová, M., Zimina, M., Libera, O., Rosnecký, V., Košťál, M., Šimon, J., Schulc, M., Vinš, M., Cabalka, M., Kučera, J., Strunga, V., Štěpánková, H., Římal, V., Čížek, J., Štěpánek, J., Procházka, M., „Study of chemical processes in irradiated polycarbonate in the context of its applicability for integrating dosimetry of high doses“, Radiation physics and chemistry, 2020
- [11] Zoul, D., Koplová, M., Rosnecký, V., Košťál, M., Vinš, M., Šimon, J., Schulc, M., Cabalka, M., Kučera, J., Strunga, V., „The use of Polycarbonate as dosimeter of high doses“, Journal of Nuclear Engineering and Radiation Science, NERS-20-1082, January 16, 2021, <https://doi.org/10.1115/1.4049717>

Mgr. David Zoul

david.zoul@cvrez.cz

Absolvoval Matematicko-fyzikální fakultu Univerzity Karlovy v Praze v oborech Bezpečnost jaderných zařízení a Kvantová biofyzika. Na Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT v Praze poté získal akreditaci pro výkon zdravotnického povolání v oboru radiologická fyzika. V letech 2001–2013 pracoval ve Fakultní nemocnici v Motole a v Nemocnici Na Homolce jako dohlížející osoba v oblasti radiodiagnostiky a jako lékařský fyzik v oboru radiační onkologie, se zaměřením na léčbu dětské leukémie.

V letech 2006–2013 přednášel lékařskou fyziku na 2. lékařské fakultě Univerzity Karlovy v Praze a Fakultě biomedicínského inženýrství ČVUT.

Od roku 2014 pracuje ve společnosti Centrum výzkumu Řež v oblasti dozimetrie ionizujícího záření, kde se zabývá mimo jiné výzkumem a vývojem organických integrujících dozimetřů a přístrojů pro gama tomografii. Současně vykonává soustavný dohled nad dodržováním požadavků radiační ochrany na pracovištích s otevřenými a uzavřenými radionuklidovými zdroji.

ŠKODA JS a.s. v projektu výstavby 3. a 4. bloku JE Mochovce

Ing. Jan Vybulka

ŠKODA JS a.s.

Materiál obsahuje shrnutí historie výstavby 3. a 4. bloku JE Mochovce se shrnutím podílu společnosti ŠKODA JS. Ta je v projektu klíčovým dodavatelem hlavní části elektrárny, jejího jaderného ostrova.

The document summarizes the history of construction of Units 3 and 4 at the Mochovce NPP, including the share of ŠKODA JS. In the project, ŠKODA JS is a key supplier of the main part of the power plant – the nuclear island.

JE MOCHOVCE

Jaderná elektrárna Mochovce se nachází v jihozápadním regionu Slovenské republiky, v Nitranském kraji. Její výstavba započala v 80. letech 20. století, nicméně z důvodu nedostatku finančních zdrojů byla v roce 1991 přerušena. Čtyři reaktory pro všechny plánované bloky vyrobila a dodala ŠKODA JS. Zatímco bloky 1 a 2 byly dostavěny a připojeny k síti ještě v devadesátých letech, na rozhodnutí o dostavbě bloků 3 a 4 se čekalo až do roku 2007. Zásadním krokem byla privatizace společnosti Slovenské elektrárne, a.s., italskou společností ENEL v roce 2005.

CHRONOLOGIE VÝSTAVBY:

1980	zahájení projekčních prací pro výstavbu
1981	zahájena příprava staveniště
1981–1992	průběh výstavby byl ovlivňován změnou koncepce řízení a kontroly technologického procesu a systému financování a změnou režimu v roce 1989
1991	výstavba až do odvolání pozastavena (bloky 1, 2, 3, 4)
1995	rozhodnutí o dostavbě bloků 1, 2
1998	dokončení bloku 1
1999	dokončení bloku 2
2006	zpracována studie realizovatelnosti dostavby 3. a 4. bloku JE Mochovce (EMO34) a zahájeny práce na revizi dokumentace zpracované během předchozích let. Výstupem byl úvodní projekt, tj. balík dokumentů, který je odsouhlasen ze strany Úřadu jadrového dozoru (ÚJD) a tvoří základní technické zadání dostavby.
2007	zahájena verifikace stavu konzervovaného zařízení a byla zahájena příprava realizace dostavby
2008–2009	výběrová řízení pro realizaci dostavby a následná smluvní jednání společnosti Slovenské elektrárne, a.s., s hlavními dodavateli na projektu
9. 6. 2009	ŠKODA JS a.s. podepsala se společností Slovenské elektrárne, a.s., smlouvu o dílo na dostavbu části jaderného ostrova 3. a 4. bloku JE Mochovce



ROLE ŠKODA JS PŘI DOSTAVBĚ 3. A 4. BLOKU JE MOCHOVCE (EMO34)

V rámci projektu EMO34 jsou společností ŠKODA JS komplexně pokryty činnosti EPC kontraktu (Engineering, Procurement, Construction). Pro realizaci projektu EMO34 byl v roce 2009 ustanoven tým pracovníků, kteří

už více než 11 let dokazují, že jsme schopni maximálně využít konkurenční výhody triangulárního modelu společnosti ŠKODA JS, tedy spojení inženýringu, výroby a servisu. Tento model nám umožňuje nabídnout komplexní služby a dodávky, garantovat kvalitu a nabídnout zákazníkovi tým, který spolupracuje na všech fázích projektu.

Dle smlouvy uzavřené se společností Slovenské elektrárne, a.s., je ŠKODA JS a.s. **hlavním dodavatelem technologie nejdůležitější části JE, tj. primárního okruhu**. Předmětem projektu je příprava a realizace dodávky ŠKODA JS pro investiční akci dostavby dvou bloků VVER-440/V-213 (bloky č. 3 a č. 4) v lokalitě JE Mochovce (EMO34) na Slovensku. Specificky pak:

- verifikace použitelnosti stávajícího zařízení a dokumentace dodaných před rokem 1992, tj. ještě před pozastavením stavby
- zpracování technické dokumentace (prováděcího projektu) na základě úvodního projektu
- demontáž vyřazeného zařízení
- repase použitelného zařízení (tj. zařízení, které prošlo verifikací jako ještě použitelné)
- dodávka a kompletace chybějícího zařízení (vlastní výroba, nákup)
- montáž systémů, včetně vypracování montážní dokumentace
- individuální a funkční zkoušky zařízení
- testy spouštění a uvedení do provozu, včetně vypracování dokumentace
- součinnost při komplexním vyzkoušení a uvádění zařízení do provozu (fyzikální a energetické spouštění)
- koordinace subdodavatelů

PS	Název PS	Stručný popis
PS 01	Primární okruh	Zajišťuje přeměnu vnitřní energie jaderného paliva na energii tepelnou a její přenos na sekundární okruh (reaktor, parogenerátory, hlavní cirkulační čerpadla, hlavní cirkulační potrubí, systém kompenzace objemu)
PS 02	Transportně technologická část	Zajišťuje skladování čerstvého i vyhořelého paliva a jejich transport včetně zavážení i vyvážení z reaktoru. Dále slouží k přenášení horního bloku a vnitřních částí reaktoru při překládkách paliva (zavážecí stroj, jeřáb 250 t, sklad čerstvého paliva, bazén vyhořelého paliva)
PS 06	Vnitřní spojovací potrubí	Zajišťuje rozvod medií v rámci reaktorovny a budovy pomocných provozů (technická voda, demineralizovaná voda, pitná a požární voda, stlačený vzduch, potřebné chemické roztoky)
PS 10	Systém kontroly a řízení – částečně	Elektronika, pomocí níž jsou ovládány pohony řídicích tyčí umožňující regulaci výkonu reaktoru i jeho rychlé odstavení
PS 17	Vložené chladicí systémy	Zabraňují průniku aktivovaných vod do systému chladicí vody (výměníky, čerpadla, potrubí)
PS 41	Dílny údržby	Strojní dílny zaměřené na opravy a údržbu důležitých komponent, elektro a SKŘ dílny (strojní vybavení jako soustruhy, frézky, vrtačky svařovací aparáty apod. velikostí a výkonem odpovídající technologickému zařízení)

Rozsah finální dodávky ŠKODA JS a.s. se dělí na tzv. provozní soubory (PS)

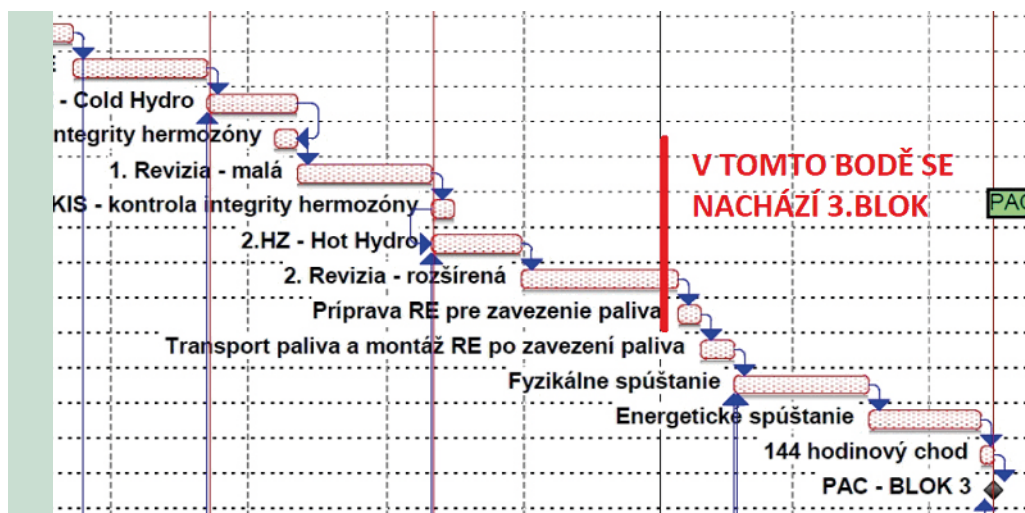
AKTUÁLNÍ STAV DOSTAVBY (01/2021)

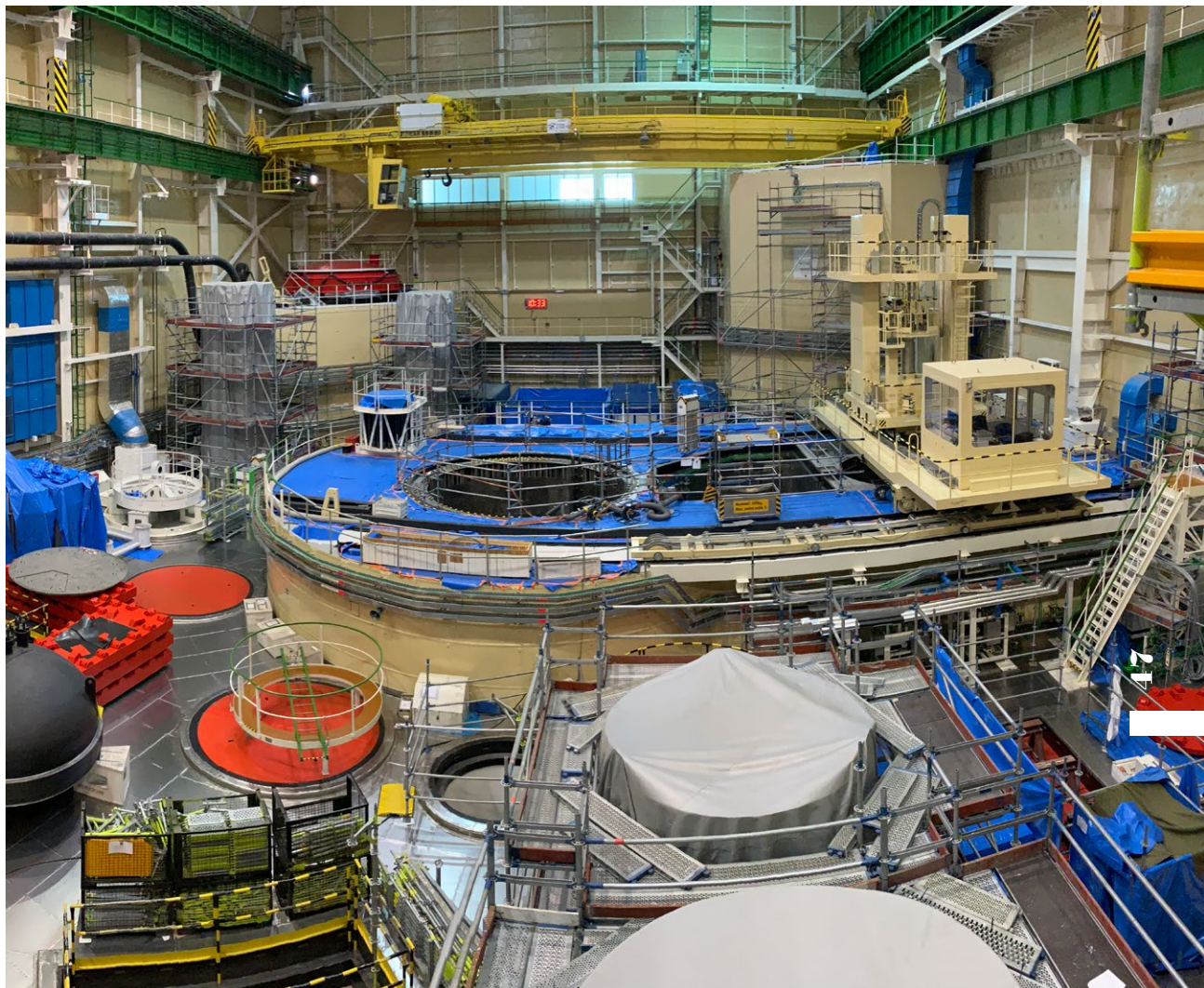
3. BLOK

ŠKODA JS je, co se týče rozsahu svého díla, připravena na zavezení paliva 3. bloku.

Zavezení paliva do reaktoru však již nezávisí pouze na zákazníkovi, ale zejména na povolení státního regulátora – tedy ÚJD – a na jeho vystavení povolení k zavezení paliva. Toto je aktuálně očekáváno v průběhu května 2021.

Po udělení povolení ÚJD k zavezení paliva a po dokončení programu rozšířené revize včetně samotného zavezení paliva 3. bloku do reaktoru by mělo následovat dle plánu organizace výstavby (POV) čtyřměsíční období fyzikálního a energetického spouštění vedoucí k úspěšné 144 hodin trvající zkoušce a předání díla.





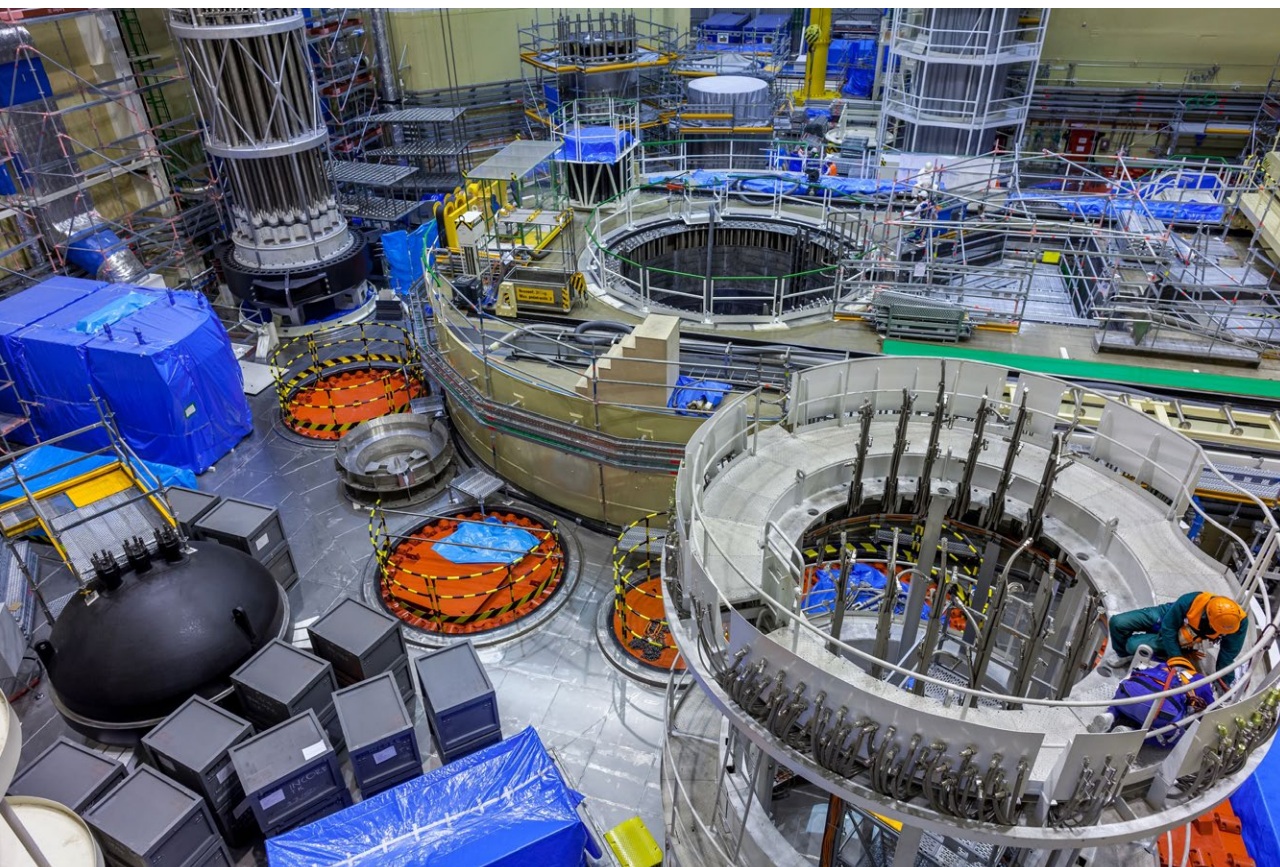
4. BLOK

Z pohledu ŠKODA JS se na 4. bloku ukončily veškeré činnosti dle stanoveného harmonogramu a k dnešnímu datu je ŠKODA JS připravena pokračovat v další etapě, tj. proplachy a navazujícími aktivitami 4. bloku ve svém rozsahu v souladu s pokyny zákazníka.

Na proplachy potrubních systémů navážou demontáže provizorií po propláších a montáž systémů na projektový stav včetně vykonání

stavebních a tlakových zkoušek systémů. Následně bude pokračovat etapa montáže izolací a sekvence neaktivních spouštěcích testů a etapových programů stejně jako tomu bylo u 3. bloku.

Zkušenosti získané na 3. bloku zúročíme při opakovaných činnostech na bloku č. 4, což dává dobrý předpoklad k tomu, že stejně jako na 3. bloku budou veškeré termíny ze strany ŠKODA JS plněny řádně a včas.



ZÁVĚR

ŠKODA JS prokazuje od začátku projektu dostavby EMO34, že je kvalifikovaným odborným partnerem společnosti Slovenské elektrárne, a.s., který se významně zasloužil o to, že je dnes 3. blok v závěrečné fázi příprav k zavezení paliva.

Společnost při práci pro zákazníka klade **maximální důraz na jadernou bezpečnost.**

ŠKODA JS na projektu EMO34 prokázala, že je schopna řídit složitý dodavatelský model a pružně reagovat na problémy, přičemž jsme schopni integrovat i dodavatele, kteří nemají takové hluboké zkušenosti s výstavbou JE jako má ŠKODA JS. Během projektu EMO34 se naše společnost musela potýkat s praktickými problémy týkajícími se ukončení činností několika významných subdodavatelů. Několik českých průmyslových podniků neustále situaci na trhu (nejen jaderné) energetiky v posledním de-

setiletí, dostalo se do finančních problémů a zaniklo. Zmíňme např. společnosti jako VÍTKOVICE POWER ENGINEERING a.s., MODŘANY Power, a.s., či KRÁLOVOPOLSKÁ RIA, a.s. Společnost ŠKODA JS tak byla vždy nucena reagovat a byla schopna převzít dílčí rozsahy děl těchto subdodavatelů na sebe.

ŠKODA JS si je vědoma, že obecným problémem realizace EPC kontraktů nejen jaderného průmyslu je fakt, že se dostatečně nepřihlíží k tzv. „lessons learned“, tj. zkušenostem z minulosti. Proto ŠKODA JS klade maximální důraz na mezigenerační sdílení zkušeností mezi pracovníky stávajícího týmu, tedy mezi ostřílenými veterány, kteří si pamatují předchozí výstavby JE, a mladými odborníky v oboru. Z tohoto důvodu jsme ve společnosti ŠKODA JS v rámci realizace projektu EMO34 vytvořili znalostní databázi problémů, se kterými se potýkáme během dostavby, a získané zkušenosti chceme zúročit při dalších realizovaných projektech, kte-



rých se bude ŠKODA JS účastnit, ať už by to byla dostavba Chmelnické JE na Ukrajině nebo výstavba nového jaderného zdroje ČR v Dukovanech.

Společnost ŠKODA JS a.s. disponuje jedinečným a výkonným projektovým týmem, který je schopný komplexně zorganizovat a „uřídit“ jedinečný rozsáhlý a složitý funkční celek, jakým je výstavba JE. I přesto, že na dostavbě EMO34 nepůsobíme v roli generálního dodavatele, ŠKODA JS prokázala schopnosti komplexního integrátora aktivit v typu činností ve srovnatelném rozsahu, v jakém v minulosti byla např. společnost ŠKODA PRAHA a.s. při dostavbě JE Temelín.

Pomáháme i ostatním českým a slovenským firmám, aby se uplatnily na jaderném trhu a zachovaly si know-how v oboru a pevně věříme, že získané zkušenosti velmi záhy zúročíme při výstavbě nového jaderného zdroje v ČR.

Ing. Jan Vybulka, MBA

jan.vybulka@skoda-js.cz



Jan Vybulka studoval na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni. Studium ukončil v roce 1992 a poté nastoupil do společnosti EZ Praha, nejprve jako konstruktér, poté vedoucí konstruktér a projektový manažer. Jako projektový manažer či vedoucí (manažer) stavby následně působil v různých regionech a společnostech jako Škodaexport, EGE Partners, Qtel Partners, Ltd, UK, Siemens Engineering či Škoda Praha Invest. V roce 2016 nastoupil do ŠKODA JS na pozici projektového manažera pro projekt dostavby 3. a 4. bloku JE Mochovce. Od roku 2019 je ředitelem divize Slovensko.

ŠKODA JS se již řadu let stará o české jaderné elektrárny

Ing. Zdeněk Kratochvíl

ŠKODA JS a.s.

Ředitel divize Servis JE ŠKODA JS ilustruje na příkladech rozsah činností, které tvoří nedílnou součást servisních prací na českých jaderných elektrárnách. Nejde jen o údržbu a revize, pokaždé praxe přinese nové výzvy, s nimiž si musí tým poradit. Výhodou je, že firma disponuje kromě servisu kvalitním zázemím ve výrobě a inženýringu.

ŠKODA JS NPP Service Division Director illustrates with examples the scope of activities that form an integral part of service work at Czech nuclear power plants. It's not just about maintenance and revisions, each time the practice brings new challenges that the team has to deal with. The advantage is that the company has, in addition to service, a quality background in production and engineering.

ŠKODA JS se zabývá servisem jaderných elektráren (JE) v různé podobě a rozsahu po celou dobu existence JE. Od roku 2008 působíme jako hlavní servisní partner pro údržbu primárního okruhu obou českých JE.

Pro naši firmu je servis JE jedním ze tří základních pilířů (inženýring, výroba, servis). Na samotných jaderných elektrárnách často využíváme výhody toho, že můžeme v případě potřeby skloubit všechny tyto pilíře naší firmy. Na klíčových komponentách se proto také snažíme, abychom vše realizovali vlastními kapacitami, což nám dává díky synergiím profesí možnost využít velkého potenciálu, který ve firmě máme, a nabídnout zákazníkovi výhodnější řešení. U reaktoru, kde jsme současně jeho výrobcem, je provádění servisních činností očekávaná samozřejmost. My se ale staráme vlastními kapacitami i o armatury, tlakové nádoby, výměníky, parogenerátory, potrubní systémy a další neméně důležité komponenty, u kterých děláme nejen opravárenské činnosti, ale také kontroly, prohlídky a revize. Díky tomu, že máme ve firmě

technické zázemí výroby, konstruktérů, projektantů, výpočtářů, technologů a dalších technických profesí, umíme řešit i nenadálé nestandardní opravy.

Jako příklad uvedu poruchu, která vznikla v roce 2020. Při náběhu jednoho z bloků po odstávce došlo k technickému problému na reaktoru. Po okamžité analýze poruchy jsme ihned zahájili jeho opravu, což díky tomu, že naši servisní technici na reaktoru pracují v nepřetržitém režimu, nebyl takový problém. Zároveň jsme ale ustavili tým odborníků, kteří každé odpoledne po celou dobu opravy připravovali technická stanoviska s návrhy dalšího postupu, která jsme předkládali provozovateli. Tým byl složen z odborníků ŠKODA JS z dané lokality i z Plzně. Zdárně provedenou opravou však pro nás práce neskončila a naši specialisté připravili soubor návrhů a opatření, díky nimž bychom mohli provedení dané opravy do budoucna ještě dále vylepšit. Mimo jiné se jednalo například o konstrukční návrh přípravků, abychom minimalizovali obdržené individuální i kolektivní efektivní dávky radiace pracovníků.



| Servisní práce při odstávce na JE Dukovany |

Klíčové pro provoz JE jsou také provozní prohlídky a kontroly technologie. Tou nejvýznamnější je vždy kontrola tlakové nádoby reaktoru (TNR). Při odstávce 1. bloku JE Temelín v roce 2020 byla po pěti letech provedena provozní kontrola tělesa tlakové nádoby reaktoru z vnitřního povrchu systémem MKS (modulární kontrolní systém).

Systém MKS byl vyvinut a vyroben v naší firmě v letech 2011 až 2015 pro kontrolu vnitřního povrchu TNR VVER-440 a VVER-1000.

Základní částí systému MKS je manipulátor, jehož úkolem je dostat zkušební sondy pro zjišťování vad materiálu do kontaktu s vnitřním povrchem reaktoru. Druhou částí systé-



Servisní práce při odstávce JE Temelín |

22

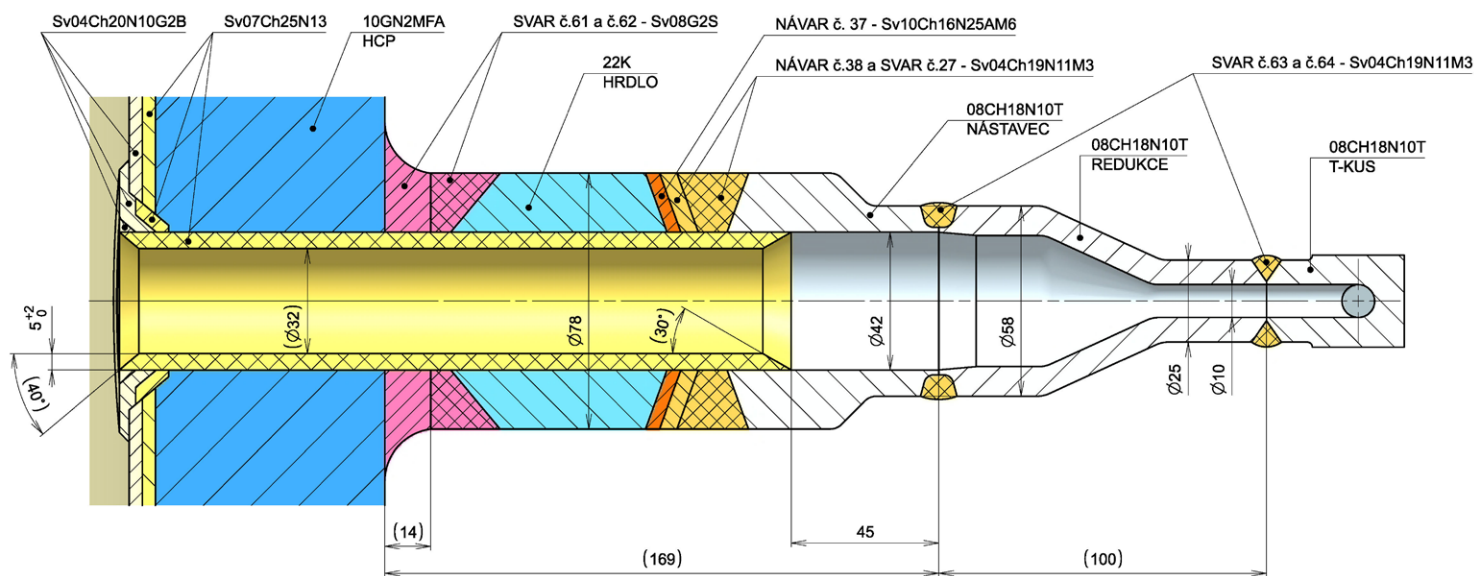
mu MKS jsou pak samotné zkušební přístroje, které umožňují provést nedestruktivní zkoušení metodou ultrazvukovou, vizuální a vířivými proudy.

Činnosti spojené s kontrolou reaktoru vždy začínají několik měsíců před odstavením bloku. Technici odboru Provozní prohlídky a kontroly (odbor PPK) musí ve speciální hale v areálu ŠKODA JS celý systém MKS sestavit, podrobně zkontrolovat každý jeho díl a provést nutné úpravy. Dále provedou celkovou zkoušku systému a konečně i nastavení všech jeho přístrojů pro kontrolu daného reaktoru, v tomto případě typu VVER-1000. Paralelně s tím několik dalších pracovníků pracuje na vytvoření detailních podkladů pro řídicí a zkušební systémy zařízení MKS.

Po důkladné přípravě je celý systém MKS naložen na tři kamiony a převezen do prostor JE Temelín, kde je následně provedena jeho kompletní montáž, na kterou navazuje realizace všech plánovaných nedestruktivních zkoušek materiálu reaktoru. Kontrola TNR probíhá v nepřetržitém režimu a v případě neočekávaných problémů je na hotovosti připraven tým odborníků, kteří se podíleli na vývoji, konstrukci a výrobě MKS.

Modulární kontrolní systém (MKS) na JE Temelín |

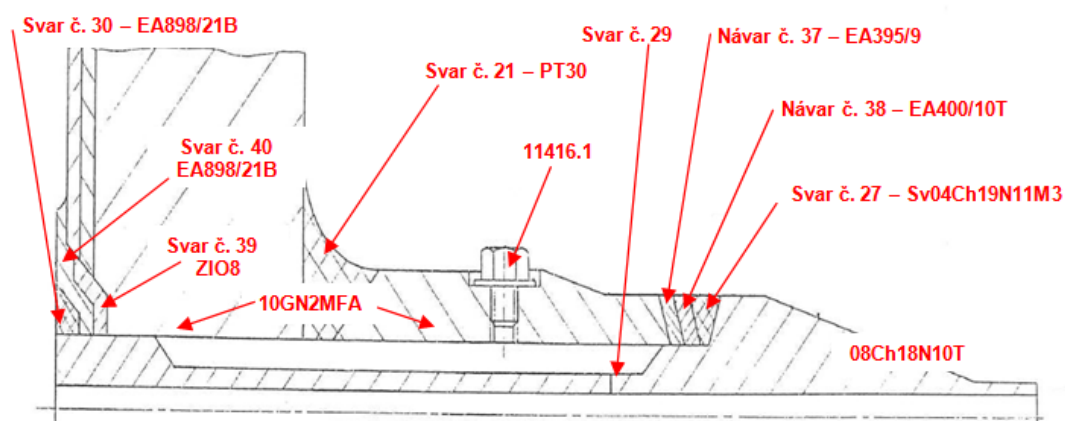




AKCE E336

Varianta 1

■ | Řez původní konstrukcí nátrubku |



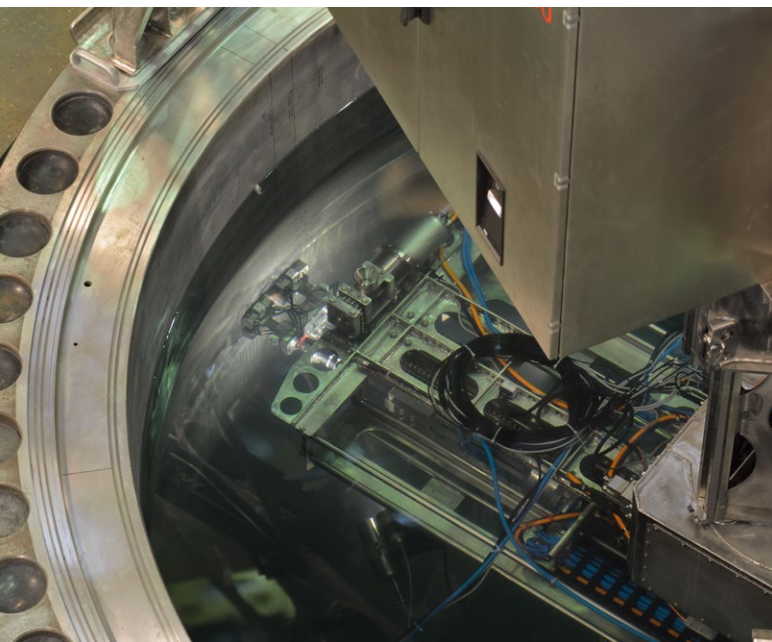
| Řez novým hrdlem | ■

Abychom získali všechna potřebná data pro spolehlivé vyhodnocení materiálu reaktoru, musí MKS postupně vykonat pohyb se zkušebními sondami po celém vnitřním povrchu TNR přesně stanovenou rychlostí. Některá místa, která jsou obzvláště důležitá, jako např. svarové spoje, musí sondy přejet i několikrát. Provedení kontrol se nám podařilo a dokončili jsme je téměř o 40 hodin dříve, než byl harmonogram stanovený čas.

Systém MKS se pak vrátil v pořádku do naší firmy, kde jsme provedli jeho kontrolu po provozu. Další kontrola reaktoru čeká MKS a techniky odboru PPK v červenci tohoto roku.

Také na parogenerátoru (PG) zajišťujeme servisní i kontrolní činnosti. Všechny práce na PG jsou nyní obzvláště důležité, protože PG je z pohledu životnosti klíčovou komponentou JE. Máme tedy své zástupce v expertním týmu jmenovaném provozovatelem, kde spolupracujeme na několika experimentech. Do experimentů jsou zapojeni i naši technici a materiálové laboratoře, kde se opět ukazuje, jak je důležité a vhodné mít vše na jednom místě.

Výzvou pro naše odborníky je nyní příprava, vývoj a osvojení technologie opravy nátrubku primárního potrubí JE Temelín, kde byla na



Detail testování nádoby - zkoušky manipulátoru MKS v Reaktorové hale ŠKODA JS

Vždy se kromě rutinních operací setkáváme s novými výzvami a vždy je dokážeme řešit díky kvalifikovanému lidskému potenciálu, know-how a technologickému vybavení, jimiž disponujeme. Naším cílem je, abychom při odstávkách hlavních výrobních bloků JE splnili veškeré úkoly dle stanoveného plánu a harmonogramu a aby provozovatel elektrárny pokaždé převzal naši práci a dodávky bez výhrad jako dosud.

hlavním cirkulačním potrubím (HCP) detekována vada. HCP, které je o rozměru DN 850, je vyrobeno z oceli značky 10GN2MFA a opatřené antikoročním návaru vnitřního povrchu. Potrubí má navařená odběrná hrdla malých rozměrů opatřená vnitřní vsuvkou z korozi-vzdorné oceli přivařená k antikoroznímu návaru uvnitř HCP. Návrh opravy, její příprava a vývoj prováděný specialisty ŠKODA JS spočívá v odříznutí původního hrdla, navaření nového nátrubku s navařením vnitřního antikorozního návaru v malém otvoru uvnitř tohoto hrdla svařovacím automatem, a to vše v náročných montážních podmínkách, bez možnosti tepelného zpracování. Celá oprava je tak podmíněna zvládnutím a atestováním technologie svařování metodou popouštěcí housenky.

Konstrukční a materiálové řešení původního a nového nátrubku je ukázáno na obrázcích s popisem jednotlivých materiálů na předchozí straně. Celý segment primárního potrubí s navařenými hrdly podléhal ve výrobě HCP přísnému režimu mezioperačních a konečných tepelných zpracování.

ŠKODA JS je hlavním partnerem pro provozovatele JE a poskytuje pro servis primárního okruhu specialisty v klíčových disciplínách.

Ing. Zdeněk Kratochvíl

zdenek.kratochvil@skoda-js.cz



V roce 1993 nastoupil ihned po vyučení na jadernou elektrárnu Dukovany a postupně prošel třemi různými společnostmi. Během zaměstnání si doplňoval vzdělání, což je v odvětví jaderné energetiky klíčové. Studia zakončil magisterským titulem na Fakultě strojního inženýrství VUT v Brně. V roce 2008 nastoupil do společnosti ŠKODA JS a.s. na pozici přípravaře točivých strojů primárního okruhu. ŠKODA JS v tomto období zvítězila ve výběrovém řízení na generálního dodavatele servisu primárního okruhu. V roce 2017 nastoupil na místo vedoucího odboru Servis JE na elektrárně Dukovany, kde působil do konce roku 2019. Na začátku roku 2020 byl jmenován ředitelem divize Servis JE.

Dodáváme řešení i pro konec palivového cyklu

Ing. Luděk Urban

ŠKODA JS a.s.

Otázka nakládání s vyhořelým palivem a jeho skladování se řeší od samého počátku jaderné energetiky. Také v tomto oboru jsou stále přísnější nároky a normy. Obalové soubory ze ŠKODA JS umožňují bezpečně skladovat vyhořelé palivo po dobu min. 60 let. Jejich současná podoba je výsledkem vlastního vývoje ve společnosti.

The issue of spent fuel handling and storage has been addressed since the very beginning of nuclear power industry. As well in this field, the demands and standards are becoming stricter. Casks produced by ŠKODA JS enable safe storage of spent fuel for a period of min. 60 years. Their current form is the result of the company's own design and development.

KONTEJNERY NA PALIVO Z ENERGETICKÝCH REAKTORŮ

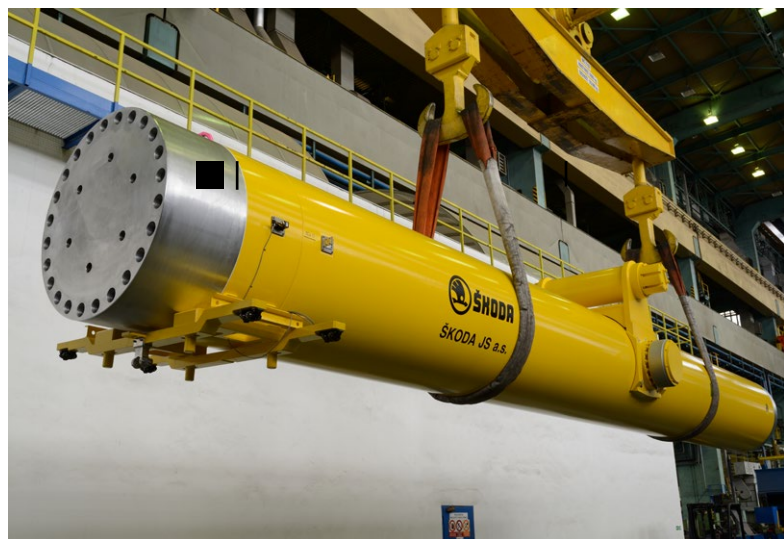
ŠKODA JS se dlouhodobě věnuje řešení konce palivového cyklu, zejména skladování vyhořelého jaderného paliva. Obalové soubory (kontejnery) na vyhořelé palivo vyrábí společnost v plzeňské Reaktorové hale již od roku 1995 a přes německou firmu GNS jich pro jaderné elektrárny v České republice, Německu, USA, Švýcarsku, Litvě a Bulharsku dodala více než 400.

Jedním z hlavních cílů strategie firmy v tomto segmentu jsou samozřejmě dodávky vlastních produktů. Vývoj a výroba vlastního kontejneru firmě umožňuje nabízet ucelené řešení suchého skladování vyhořelého paliva, tj. komplexní dodávky na klíč i dalším zákazníkům s profitem odpovídajícím vyšší formě dodávek.

Od roku 2012 se mezioborový tým složený ze zástupců konstrukce, výpočtů a technologie zabýval úkolem dokončit vývoj vlastního kontejneru ŠKODA 1000/19.

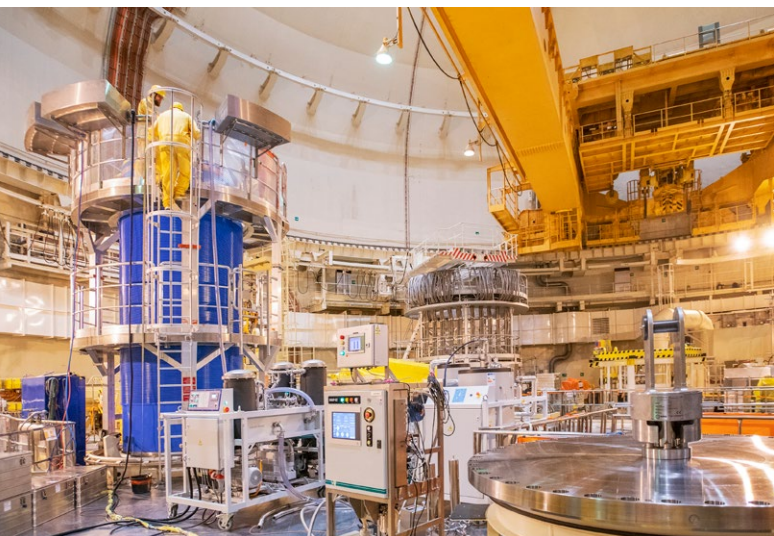
Jeho těleso představuje válec z kované oceli o průměru cca 2,4 m a výšce 5,5 m s vloženým polyetylénovým moderátorem pro stínění neutronů. Svařené je ze dvou kusů a stěna tělesa má čistou tloušťku 410 mm. Vnitřní po-

vrch je chráněn pokovením, vnější je opatřen epoxidovým dekontaminovatelným nátěrem. Zádržný systém tvoří dvojice šroubovaných nerezových vík s kovovým těsněním, zaručujícím těsnost po dobu minimálně 60 let. Koš složený z šestihranných ocelových trubek s obsahem bóru umožňuje zavezení 19 palivových souborů s počátečním obohacením až 5 % ^{235}U . Prázdný kontejner váží téměř 105 tun a po zaplnění palivovými soubory je jeho hmotnost 119 tun.



Obr. 1: Kontejner pro transport paliva
z reaktorů RBMK pro Černobylskou JE

Obr. 2: Kontejner ŠKODA 1000/19 na JE Temelín



Kontejner splňuje požadavky na mechanickou odolnost vůči havarijním situacím, které požadují mezinárodní normy, např. odolnost proti pádu z výšky 9 metrů na tuhou podložku, proti pádu z 1 m na ocelový trn, odolnost proti tlaku vodního sloupce v hloubce 200 m nebo odolnost proti požáru o teplotě 800 °C po dobu 30 minut.

S tímto kontejnerem pak ŠKODA JS v roce 2015 vyhrála veřejné výběrové řízení vyhlášené společností ČEZ na dodávku 58 kovových dvouúčelových obalových souborů pro přepravu a skladování paliva TVSA-T od ruské firmy TVEL z JE Temelín, včetně manipulačních prostředků pro jejich odbavení.

V roce 2017 získal kontejner typové schválení od Státního úřadu pro jadernou bezpečnost a dodávka prvního kontejneru se uskutečnila v závěru roku 2018. Následně bude dodáváno 2 až 6 kontejnerů ročně až do roku 2035.

Kromě vlastního kontejneru byl vyvinut speciální utahovák matic a šroubů obou vík, dále sušicí zařízení a zařízení ke zpětnému zaplavení. Všechna tato zařízení musí bezchybně spolupracovat, aby funkce kontejneru mohla být zaručena po celou dobu požadované životnosti při skladování vyhořelého jaderného paliva (VJP) v JE Temelín, tj. min. 60 let. Samozřejmě součástí dodávky bylo i zaškolení obsluhy provozovatele a provedení funkčních zkoušek při nakládce paliva během odstávky bloku JE Temelín.

Stejný úspěch se pak povedlo zopakovat v tendru v roce 2016, kdy byl se společností ČEZ uzavřen kontrakt na dodávku 36 dvouúčelových obalových souborů pro přepravu a skladování paliva ŠKODA 440/84 pro JE Dukovany do roku 2031. Součástí smlouvy je opce na dalších až 55 ks do roku 2048.

Těleso kontejneru opět tvoří válec z kované oceli o průměru cca 2,6 m, výšce 4,3 m a čisté tloušťce stěny 410 mm. Svařený je ze dvou kusů a je v něm vložený polyetylénový moderátor pro stínění neutronů. Zadržný systém i zde tvoří dvojice šroubovaných nerezových vík s kovovým těsněním, zaručujícím těsnost po dobu minimálně 60 let. Koš složený z šestihranných trubek z hliníkové slitiny umožňuje zavezení 84 palivových souborů. Prázdný kontejner váží 101 tun a po zaplnění palivovými soubory je jeho hmotnost 120 tun.

Rozhodnutí o schválení typu vydal Státní úřad pro jadernou bezpečnost v květnu 2019 a první kontejner tohoto typu bude dodán a zavezen palivem v letošním roce.



Obr. 3: Kontejner ŠKODA 1000/19 v Reaktorové hale v Plzni

Vyhořelé palivo se v kontejnerech může bezpečně uchovávat desítky let do doby, než bude uloženo do konečného úložiště, o jehož vybudování se nyní v ČR jedná. Vyhořelé palivo může však být také recyklováno a posloužit k výrobě nových palivových souborů.

SPECIÁLNÍ KONTEJNERY VLASTNÍHO DESIGNU ŠKODA JS

Portfolio kontejnerů vlastního designu je ale mnohem širší. Kromě výše zmíněných velkých kontejnerů na skladování a transport paliva z energetických reaktorů ŠKODA JS dodala také celou řadu jednoúčelových a speciálních kontejnerů na různé zářiče a jiný radioaktivní materiál.

Jedná se například o kontejnery TKS1000 a KSV440, které jsou určeny pro transport ozářených svědečných vzorků tlakové nádoby reaktoru do horkých komor ÚJV Řež k mechanickým zkouškám degradace materiálu.

Dále pak o olověné kontejnery řady PETA pro transport medicínských zářičů a kontejner 300TERA, který je schopný převážet zářiče a vzorky s aktivitou až 300 TBq, nebo kontejner typu A na převoz čerstvého paliva pro JE Temelín.

V rámci programu svozu vyhořelého vysokoobohaceného paliva z výzkumných reaktorů do Ruska jako země původu jsme dodali celkem 16 kontejnerů VPVR/M. V nedávné době byl tento kontejner upraven i pro transport paliva čínského typu MNSR a byl uzpůsoben i pro letecké transporty.

Pro transport paliva z reaktorů RBMK jsme dodali dva speciální železniční kontejnery s délkou téměř 12 m, vnějším průměrem téměř 1,3 m a hmotností přes 100 t s hydraulickým vztyčováním.

ŠKODA JS své produkty v oblasti obalových souborů stále modernizuje a zdokonaluje. Aktuálně pracujeme na kontejneru pro uskladnění netěsného paliva nebo na nerezovém překládacím kontejneru pro Záporožskou JE.



Obr. 4: První kontejner ŠKODA 1000/19 při transportu na JE Temelín |

Ing. Luděk Urban

ludek.urban@skoda-js.cz



Po studiích na VŠSE Plzeň v letech 1982–1987 nastoupil do ŠKODA JS jako projektant. V letech 2002–2012 pracoval pro německou firmu GNS jako projektový vedoucí s odpovědností za návrh, licencování a výrobu kontejnerů. V roce 2012 přešel zpět do ŠKODA JS, kde v současné době vede projektový tým s odpovědností za vývoj, schvalování a dodávky kontejnerů.

Spolupráce ŠKODA JS s vysokými školami

Ing. Jan Zdebor, CSc.

Západočeská univerzita v Plzni

V článku je stručně popsána historie a současnost spolupráce ŠKODA JS s vysokými školami. Je popsán podíl odborníků ze Škodovky na založení specializace Stavba jaderné energetických zařízení na bývalé VŠSE v Plzni a jejich spolupráce při výchově nových jaderných odborníků v začátcích jaderné energetiky v ČR. Dále je zmíněna spolupráce ŠKODA JS s Oděskou polytechnickou univerzitou na Ukrajině a její podíl na úspěchu dodávek ŠKODA JS na ukrajinské JE. Hlavní část je věnována současnému stavu spolupráce s ČVUT v Praze a Západočeskou univerzitou v Plzni.

The article briefly describes the history and present of Škoda JS's cooperation with universities. The share of Škoda experts in the establishment of the specialization in the construction of nuclear power plants at the former VŠSE in Pilsen and their cooperation in the education of new nuclear experts in the beginnings of nuclear energy in the Czech Republic is mentioned. The cooperation of Škoda JS with the Odessa Polytechnic University and its contribution to the success of Škoda JS deliveries to Ukrainian NPPs is also mentioned. The main part is devoted to the current state of cooperation with CTU in Prague and the University of West Bohemia in Pilsen.

Spolupráce ŠKODA JS s vysokými školami v ČR má dlouhou a nepřerušovanou tradici. Odborníci ze Škodovky stáli u zrodu samostatného studijního oboru Stavba jaderných energetických zařízení na tehdejší Vysoké škole strojní a elektrotechnické v Plzni (VŠSE) už při jeho založení v roce 1963. A vždy se také podíleli na výuce jaderných oborů. Na škodovackém reaktoru, který byl v Plzni v provozu od svého spuštění v roce 1970 do odstavení a likvidace v roce 1992,

vyrůstla řada předních československých jaderných odborníků, z nichž mnozí byli přednášejícími nebo studenty na VŠSE.

S rozvojem dodávek zařízení pro ukrajinské jaderné elektrárny rozšířila ŠKODA JS svou spolupráci s vysokými školami i na Ukrajinu. Rozsáhlá studie zabývající se hodnocením provozní spolehlivosti škodovackých pohonů regulačních orgánů, kterou zpracoval prof. Bělokoněv z Oděské polytechnické univerzity se svým asistentem doc. Svinarovem se stala významným dokumentem, umožňujícím rozšíření dodávek těchto zařízení na všechny provozované ukrajinské jaderné bloky.

Úzká spolupráce odborníků ze ŠKODA JS s vysokými školami stále pokračuje. Pro studenty českých vysokých škol vznikají ve ŠKODA JS zadání kvalifikačních prací, tj. semestrálních, bakalářských, ale i diplomových a disertačních. Kromě toho studenti navazujícího magisterského studia absolvují stáže, praxe a trainee programy ve ŠKODA JS, během kterých se podílí na řešení reálných projektů z praxe.

S českými vysokými školami řeší ŠKODA JS v současné době také významné dotační projekty. Jedním z nich je „Optimalizace roz-



tečí ukládacích obalových souborů a předběžný teplotní výpočet hlubinného úložiště, kde hlavním řešitelem je ČVUT FJFI a spoluřešitelem ŠKODA JS. Cílem tohoto projektu je vytvořit uživatelsky přístupný software (SW) pro výpočet optimálních roztečí ukládaných obalových souborů v hlubinném úložišti (HÚ) vyhořelého jaderného paliva z pohledu teplotních výpočtů a předběžný výpočet teplotního vývoje HÚ. SW bude pro výpočty požadovat co nejméně vstupních dat, aby sloužil zejména v rozhodovacím procesu při výběru vhodné lokality pro výstavbu HÚ. Zadání výpočtů i interpretace výsledků budou za pomoci vytvořeného SW snadno přístupné i pracovníkům např. státní správy. Součástí tvorby SW budou rovněž analýzy neurčitostí výsledků vzhledem ke zvolenému zjednodušenému modelu a citlivostní analýzy na vybrané volené parametry výpočtu. Výsledky těchto analýz budou součástí zpracované dokumentace a budou následně sloužit uživatelům SW pro snadnější interpretaci výsledků.



Tradiční je spolupráce ŠKODA JS se Zápa- dočeskou univerzitou v Plzni (ZČU). ZČU re- alizovala velký projekt CANUT (Centrum po- kročilých jaderných technologií), ze kterého byla financována velká část celorepubliko- vého výzkumu v jaderné oblasti. V něm se spojily mezinárodně uznávané výzkumné instituce a průmyslové podniky s dlouhou historickou tradicí s vysokými školami. Ten- to komplexně pojatý dlouhodobý výzkum- ný záměr v oblasti jaderných technologií pro stávající i nová jaderná zařízení se zabý- val například inovací jaderných palivových cyklů, systémů kontroly a řízení, vývojem obalových souborů pro dlouhodobé sklado- vání vyhořelého jaderného paliva, vývojem manipulátorů pro kontrolu tlakové nádoby a zřízení primárního okruhu, zvyšováním účinnosti a bezpečnosti jaderných zařízení apod. a byl podporován z prostředků Tech- nologické agentury České republiky. Do ře- šení jednotlivých projektů byli zapojení také studenti ZČU a ŠKODA JS byla hlavním ře- šitelem dvou „balíčků“ ze sedmi a na řadě dalších se podílela.



Úzkou spoluprací má ŠKODA JS v rámci ČVUT také s Fakultou strojní, kde se odbor- níci ze ŠKODA JS podílejí na výuce v nava- zujícím magisterském programu Jaderná energetická zařízení. S touto fakultou se velmi nadějně rozvíjí i spolupráce v oblasti aditivních technologií – tedy 3D tisku.

Také v současné době pokračuje spolupráce ŠKODA JS a ZČU na řadě projektů. Napří- klad v oblasti I&C spolupracuje ŠKODA JS na projektu „Využití metodiky Model checking pro testování systémů I&C v jaderné ener- getice“. Model checking patří mezi metody formální analýzy, které umožňují poskytnutí



matematického důkazu o bezpečnosti algoritmu. Tento způsob ověření umožňuje navrhovat bezpečné řízení pro bezpečnostně kritické aplikace. Uvedený přístup začíná být požadován zadavateli (např. jadernými elektrárnami) a předpokládá se, že bude v blízké budoucnosti nezbytnou součástí verifikace vyvíjených systémů I&C. Cílem tohoto projektu je umožnit návrhářům systémů řízení snadnou kontrolu navrženého řešení. Po ověření návrhu algoritmů bude vygenerován scénář pro tester, pomocí kterého dojde k ověření vyrobeného zařízení v sestavě, jaká bude v měřítku 1 : 1 nainstalovaná v lokalitě jaderného zdroje.

Dalším ze společně řešených projektů je „Experimentální a výpočetní identifikace krize přestupu tepla paliva reaktorů malých výkonů, SMR“, kde hlavním řešitelem je ŠKODA JS a spoluřešitelem ZČU-NTC-KKE. Jeho cílem je rozvoj dosavadních znalostí v oblasti experimentálního měření a výpočetní simulace kritického tepelného toku pro palivo jaderných reaktorů s důrazem na palivo pro jaderné reaktory malých výkonů. V projektu budou na stávajících experimentálních zařízeních testovány navržené topené imitátory palivových proutků. Testy budou provedeny jak na samostatných imitátorech, tak i na jejich svazcích. S imitátory budou navrženy a odzkoušeny i vnitřní vestavby zkušebních zařízení s cílem optimalizovat jejich konstrukční řešení.

Cílem je vytvořit metodiku stanovení kritického tepelného toku, která bude podložena experimentálním a výpočtovým ověřením. Za tímto účelem budou využity dva experimentální stendy – plnoparametrový stend simulující IO JE ve ŠKODA JS a beztlakový stend na ZČU-NTC-KKE.

Řada odborníků ze ŠKODA JS působí rovněž na Fakultě elektrotechnické, kde se podílí na výuce a na řešení různých projektů v rámci RICE (Research and Innovation Centre for Electrical Engineering).

Osvědčená je rovněž spolupráce s VŠ při řešení materiálových problémů. V poslední době je to například projekt „Vývoj a inovace austenitického korozivzdorného plechu se specifickými vlastnostmi pro skladování vyhořelého jaderného paliva“, na kterém

Ing. Jan Zdebor, CSc.

zdebor@kke.zcu.cz



V roce 1975 ukončil studium Vysoké školy strojní a elektrotechnické v Plzni, obor Stavba jaderných zařízení. V roce 1993 získal na základě obhajoby vědeckou hodnost kandidáta technických věd na Západočeské univerzitě v Plzni. Po nástupu do koncernu ŠKODA pracoval jako konstruktér a postupně jako vedoucí Vývoje a Konstrukce, kde vedl vývoj nových generací mechanismů řídících tyčí JR pro reaktory VVER-440 i VVER-1000 a vedl jejich zavádění na JE v ČR, SR, Maďarsku a na Ukrajině. V letech 2008 až 2012 pracoval jako technický ředitel společnosti ŠKODA JS. Po odchodu do penze, působí dosud jako technický poradce generálního ředitele ŠKODA JS. Je spoluautorem řady vynálezů a průmyslových vzorů. Publikoval desítky odborných článků na mnoha mezinárodních konferencích a v odborných časopisech. Působí také na Západočeské univerzitě, kde je členem vědecké rady Fakulty elektrotechnické a vědecké rady Technologického centra ZČU a proděkanem pro spolupráci s praxí Fakulty strojní, kde rovněž přednáší. Přednáší také na Fakultě strojní ČVUT v Praze. Je členem redakční rady časopisů All for Power a Jaderná energie. Je rovněž členem Inženýrské akademie ČR, České nukleární společnosti a spolku Jaderní veteráni.



spolupracuje ŠKODA JS se dvěma VŠ. Na řešení korozní problematiky svarů s Katedrou materiálů a strojírenské metalurgie na ZČU/FST a na simulaci tuhnutí, lití atp. s Katedrou metalurgie a slévárenství VŠB-TU Ostrava. Při řešení projektu „Stanovení principů a dějů probíhajících při stabilizačním žhání v korozivzdorné austenitické oceli používané v jaderné energetice“ probíhá spolupráce v oblasti tepelného zpracování a mechanických zkoušek s RTI (Regionálním technologickým institutem) při ZČU/FST.

Velmi rozsáhlá spolupráce je s Fakultou strojní na ZČU zejména při výuce. Na Katedře energetických strojů a zařízení je do výuky předmětů v navazujícím magisterském oboru Stavba jaderné energetických zařízení zapojena řada škodovských odborníků. Mezi předměty, kde přednášky a cvičení plně zajišťují současní nebo bývalí odborníci ze ŠKODA JS patří například Primární okruh jaderných elektráren, Provozní diagnostika na jaderných elektrárnách, Měření v jaderné energetice, Regulace jaderného bloku nebo Teorie jaderného reaktoru. Stejně tak předmět „Speciální technologie v jaderných elektrárnách“, kde se řeší praktická problematika svařování, obrábění, tepelného zpracování, tváření a povrchových úprav s důrazem na využití v jaderné energetice.

Odborníci ze ŠKODA JS se svými zkušenostmi rovněž zapojili do přednášek na Katedře technologie obrábění na téma „Technologičnost konstrukce a výroba kontejnerů na vyhořelé jaderné palivo ve ŠKODA JS“. Také s Fakultou strojní ZČU se úspěšně rozvíjí spolupráce v oblasti aditivních technologií.

ŠKODA JS se také podílí svou podporou i účastí na Letní škole jaderného inženýrství, kterou každoročně pořádá CENEN (Czech Education Nuclear Energy Network) pro studenty českých vysokých škol.

Na popularizaci využívání jaderné energie a podpoře výuky jaderných oborů se významně podílí akce Jaderné dny. Ta je pravidelně pořádána v prostorách kampusu ZČU a zejména Fakulty strojní. Spolupořadatelé jsou ŠKODA JS, CENEN a Západočeská univerzita v Plzni. Na akci se podílí řada dalších českých i zahraničních firem. Jaderným dnům, které letos proběhnou již po jedenácté v době od 15. září do 20. října, pravidelně poskytuje záštitu rektor ZČU doc. Miroslav Holeček a ministr průmyslu a obchodu a dopravy ČR Karel Havlíček. Akci zahajuje dvou denní konference s mezinárodní účastí pod názvem „Nový jaderný zdroj pro ČR – stav přípravy v roce 2021“.



System manažérstva kvality na Úrade jadrového dozoru SR

Ján Husárček

Úrad jadrového dozoru SR

V článku je opísaný procesný manažérsky systém kvality zavedený na ÚJD SR v súlade s normou STN EN ISO 9001:2016 a štandardom MAAE No. GSR Part 2. Uvedená je história jeho vzniku a rozvoja. V nadväznosti na definované činnosti sú uvedené hlavné, manažérske a podporné procesy. Stručne je opísaný obsah príručky kvality a štruktúra dokumentácie systému. Uvedené sú zodpovednosti za jeho fungovanie a zlepšovanie i metódy použité na jeho zlepšovanie (vonkajšie a vnútorné audity, samohodnotenie). Zhrnuté sú výsledky samohodnotenia.

The article describes the process quality management system implemented at ÚJD SR in accordance with the standard STN EN ISO 9001: 2016 and the IAEA standard No. GSR Part 2. The history of its origin and development is presented. Following the defined activities, the main, managerial and support processes are listed. The content of the quality manual and the structure of the system documentation are briefly described. Responsibilities for its functioning and improvement as well as methods used for its improvement (external and internal audits, self-assessment) are stated. The results of the self-assessment are summarized.

1. ÚVOD

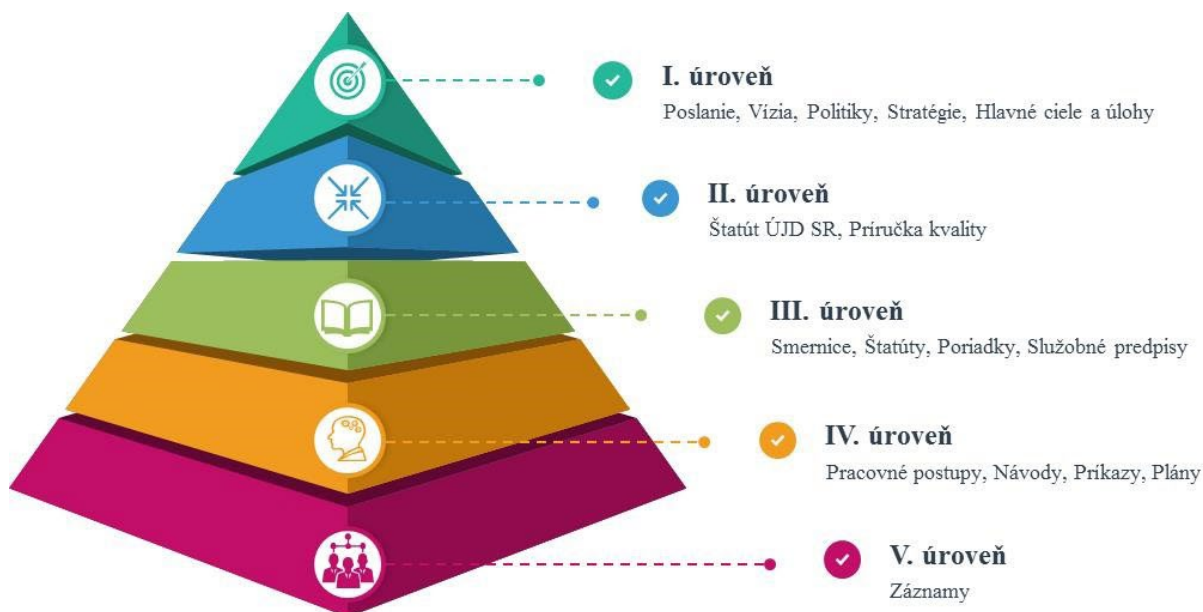
Úrad jadrového dozoru Slovenskej republiky (ďalej len ÚJD SR) je ústredným orgánom štátnej správy a jeho poslaním je vykonávať štátny dozor nad jadrovou bezpečnosťou jadrových zariadení s cieľom využívať jadrovú energiu v Slovenskej republike (ďalej len SR) tak, aby nedošlo k ohrozeniu zdravia obyvateľstva, poškodeniu majetku a životného prostredia. Toto poslanie je možné uskutočniť iba za predpokladu dosahovania vysokej kvality vykonávaných činností a riadenia ÚJD SR, účinného a efektívneho poskytovania služieb, napĺňania potrieb a požiadaviek obyvateľov SR ako i medzinárodného spoločenstva na bezpečnosť jadrových zariadení v SR.

Zavádzanie systému manažérstva kvality sa v modernom svete stalo základom filozofie riadenia organizácií a preniklo aj do verejnej správy. V SR bol vytvorený Národný program kvality SR – Stratégia zlepšovania kvality produktov a služieb zlepšovaním organizácií 2017-2021, ktorý reprezentuje úsilie vlády SR zabezpečiť prostredníctvom zainteresovaných úradov štátnej správy, mimovládnych organizácií, zväzov a združení s prispením

podnikateľskej sféry k zvyšovaniu výkonnosti ekonomiky SR a spokojnosti obyvateľstva [1]. Tvorivá aplikácia tohto programu s využitím požiadaviek Medzinárodnej agentúry pre atómovú energiu (ďalej len MAAE) [2] na podmienky činnosti štátneho dozoru nad jadrovou bezpečnosťou prispeli k rozvoju výkonného manažérského systému na ÚJD SR.

2. VÝVOJ MANAŽÉRSKEHO SYSTÉMU KVALITY

Od vzniku ÚJD SR v roku 1993 bolo zabezpečovanie kvality činností a ich prepojenie s efektívnym a účinným riadením v centre pozornosti jeho manažmentu. V prvom období existencie ÚJD SR to bolo zabezpečené využívaním skúseností a technickou podporou zo zahraničia zameranou na školenie zamestnancov ÚJD SR i poradenstvo pri riešení otázok jadrovej bezpečnosti jadrových zariadení prevádzkovaných v SR. Spoločenská požiadavka spolu s nevyhnutnosťou efektívnejšieho a účinnejšieho napĺňania úloh ÚJD SR pri obmedzenom zvyšovaní zdrojov viedla k potrebe zaviesť systém riadenia, ktorý by umožňoval trvalé dosahovanie kvalitného plnenia stanovených úloh a plné uspokojovanie



Obr. 1: Hierarchia štruktúry zdokumentovanej informácie

potrieb zákazníka ÚJD SR. Manažment ÚJD SR prijal v tejto súvislosti záväzok zaviesť vnútorný manažérsky systém. So záväzkom boli oboznámení zamestnanci ÚJD SR a zároveň boli vyzvaní spolupracovať na budovaní a zavádzaní systému.

Koncom deväťdesiatych rokov sa na ÚJD SR rozvinuli práce na zavedení manažérského systému podľa medzinárodného štandardu ISO 9001. Rok 2002 bol rokom zavádzania vnútorného manažérského systému. Zavádzaný systém plnil požiadavky na existenciu manažérského systému dozorného orgánu nad jadrovou bezpečnosťou jadrových zariadení v kandidátskej krajine pred vstupom do Európskej únie tak, ako bola táto požiadavka formulovaná Európskou komisiou. Impulzom pre zlepšenie manažérského systému a zavedenie komplexného systému manažérstva bolo jeho hodnotenie podľa európskeho Spoločného systému hodnotenia (angl. Common Assessment Framework – CAF) v rokoch 2005 a 2007.

V rokoch 2008–2009 došlo k aktualizácii manažérského systému na nové i zmenené po-

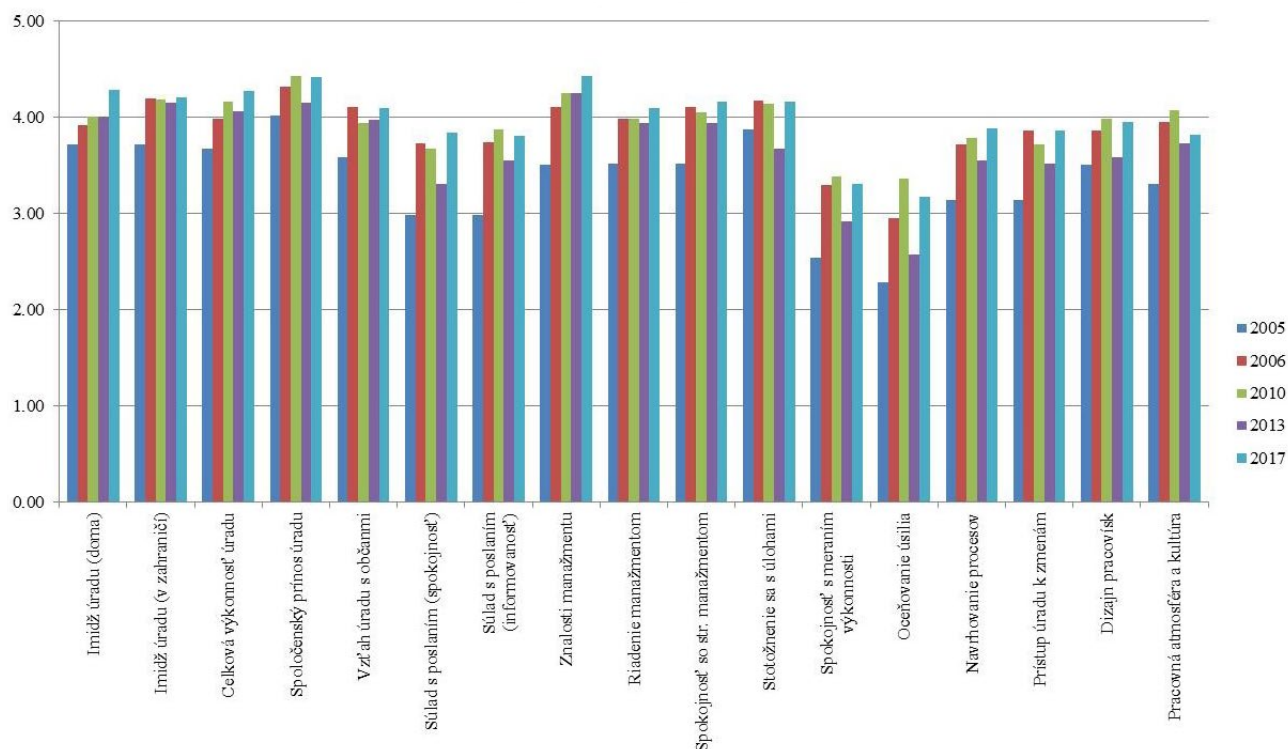
žiadavky novelizovanej normy ISO 9001. Postupne boli zavedené normatívne požiadavky na riadenie rizík, legislatívne požiadavky na informovanie verejnosti a jej účasti na rozhodovaní ÚJD SR. Do manažérského systému bolo zabudované riadenie vedomostí. Prijaté boli opatrenia na ochranu osobných údajov.

V rokoch 2016–2017 došlo k opätovnej aktualizácii manažérského systému v reakcii na novelizáciu normy ISO 9001 a štandardu MAAE No. GSR Part 2.

V ostatnom období sa implementujú požiadavky na informačnú bezpečnosť a kybernetickú ochranu v súvislosti s nástupnou cestou digitalizácie verejnej správy v SR i opatrenia na predchádzanie vzniku korupčného prostredia.

S cieľom dosiahnutia efektívnejšieho a účinnejšieho naplňovania úloh sa na ÚJD SR uplatňuje viacero systémov riadenia vrátane procesného riadenia, riadenia podľa organizačnej štruktúry a pre špecifické činnosti i projektové riadenie. Nasledujúci text je zameraný na opis procesného riadenia.

Výsledky merenia spokojnosti a motivácie zamestnancov ÚJD SR v rokoch 2005, 2006, 2010, 2013 a 2017



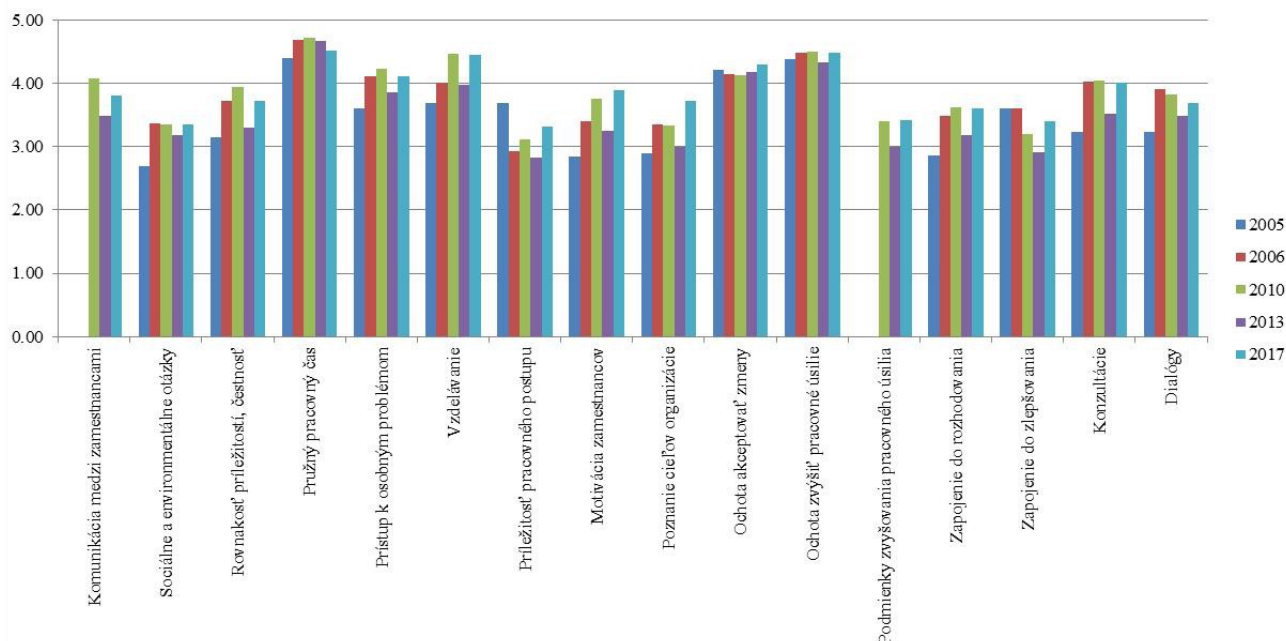
3. CHARAKTERISTIKA MANAŽÉRSKEHO SYSTÉMU KVALITY

Procesne orientovaný manažérsky systém kvality ÚJD SR je založený na implementácii požiadaviek normy STN EN ISO 9001:2016 a požiadaviek štandardu MAAE No. GSR Part 2. Pre účely trvalého zlepšovania sú zavedené požiadavky normy STN EN ISO 9004:2018, používajú sa elementy Spoločného systému hodnotenia (CAF) ako aj riadenie rizík. V manažérskom systéme sú konkretizované príslušné ustanovenia vnútroštátnych všeobecne záväzných právnych predpisov, pokiaľ ide o výkon štátnej služby a prác vo verejnom záujme, vykonávanie štátneho dozoru nad jadrovou bezpečnosťou jadrových zariadení, verejné obstarávanie, informovanie verejnosti, financovanie a účtovníctvo, informačné technológie, vnútorný audit podľa zákona, vnútorné kontroly, vybavenie petícií a sťažností, zdravie a bezpečnosť

pri práci (BOZP), požiaru ochranu, atď., ako aj ustanovenia medzinárodných zmlúv v oblasti bezpečnosti a ochrany životného prostredia, ktorými je SR viazaná.

Základným dokumentom manažérského systému je Príručka kvality [3], v ktorej je formulovaná Politika kvality. Merateľné ciele kvality sú stanovené v príslušných smerniciach, resp. pracovných postupoch. Ciele kvality chce ÚJD SR dosiahnuť vo vzťahu k obyvateľom SR ako aj k medzinárodnému spoločenstvu. Stanovené ciele kvality a fungovanie celého manažérského systému je predmetom vnútorných auditov a tiež pravidelnej ročnej previerky.

Cez manažérsky systém sa prelína zásada priority jadrovej bezpečnosti i zásada vedenia k bezpečnosti a riadenia bezpečnosti. Podporovaná je silná kultúra bezpečnosti.



Na vykonávané procesy a činnosti sa implementuje cyklus – Plánuj-Rob-Kontroluj-Konaj (angl. Plan-Do-Control-Act) primerane rozšírený o vzájomné porovnávanie sa (angl. benchmarking) a učenie sa (angl. learning).

ÚJD SR trvalo zdokonaľuje zavedený systém riadenia. Riadenie činností súvisiacich s manažérskym systémom vykonáva Rada pre manažérsky systém vedená predsedníčkou ÚJD SR. Rada hodnotí účinnosť manažérského systému a vytvára koncepciu ďalšieho rozvoja manažérského systému. Prihliada pritom na skúsenosti z realizácie manažérskych systémov v štátnej správe a na medzinárodné odporúčania z oblasti jadrovej bezpečnosti a dobrú prax.

3.1 Štruktúra dokumentácie

Manažérsky systém zahŕňa zdokumentované informácie (dokumenty/záznamy) požadované normou STN EN ISO 9001:2016, ÚJD SR a zainteresovanými stranami. Hierarchia štruktúry

zdokumentovanej informácie (Obr. 1) zahrňuje: a) poslanie, víziu, politiky, stratégie; b) Štatút ÚJD SR, Príručku kvality; c) smernice, štatúty, poriadky, služobné predpisy; d) pracovné postupy, príkazy predsedu, plány; e) záznamy. Dokumentácia manažérského systému je vedená v Zbierke normatívnych riadiacich aktov a operatívnych riadiacich aktov ÚJD SR a v elektronickej forme vo vnútornej sieti dostupnej všetkým zamestnancom ÚJD SR. Podrobnejšie je to opísané ďalej v článku.

Príručka kvality opisuje prvky a štruktúru riadenia, procesy a činnosti k zabezpečovaniu fungovania ÚJD SR.

Smernice predstavujú sústavu dokumentácie manažérského systému, ktorá opisuje procesy alebo ich časti spravidla spoločné pre všetky alebo viacero organizačných útvarov ÚJD SR a stanovuje zodpovednosti a právomoci na vykonávanie činností, ktoré majú vplyv na kvalitu výstupov z jednot-

livých organizačných útvarov a z ÚJD SR. Smernice obsahujú referencie na externú dokumentáciu (všeobecne záväzné právne predpisy, technické normy, štandardy a pod.), použitú spravidla ako vstupy pre riešenie procesu, ale aj referencie iné smernice ÚJD SR. Medzi dôležité smernice patrí „Smernica o spôsobe tvorby interných normatívnych riadiacich aktov“, ktorá ustanovuje požiadavky na obsah a formu všetkých interných normatívnych riadiacich aktov, medzi inými požiadavku na sieťový graf, stanovenie ukazovateľov a cieľov kvality, uvedenie kľúčových slov a iné. Táto smernica zjednocuje prístup k tvorbe, revíziám a ďalšiemu zlepšovaniu dokumentácie manažérskeho systému.

Pracovné postupy predstavujú sústavu dokumentácie manažérskeho systému, ktorá podrobne stanovuje zodpovednosti, právomoci a riadenie činností ako sú:

- a) inšpekčné postupy,
- b) pracovné predpisy (napríklad predpisy na obsluhu zariadení),
- c) sústava riadiacich aktov, ktorými sa zabezpečuje ukladanie úloh a odovzdávanie informácií potrebných pre riadenie ako sú príkazy predsedu, vnútorné listy a pod.,
- d) plánovacia dokumentácia.

Záznamy sú stanovené pre každý proces v príslušnej smernici, respektíve v pracovnom postupe. Medzi najvýznamnejšie záznamy patria rozhodnutia, protokoly a záznamy z inšpekcií.

3.2 Príručka kvality a hlavné činnosti

Príručka kvality je hlavným riadiacim dokumentom manažérskeho systému. Je spracovaná v rozsahu kapitol normy STN EN ISO 9001:2016. Zahŕňa odkazy na nadväznú dokumentáciu manažérskeho systému, ktorá bližšie opisuje vykonávané činnosti ÚJD SR.

V Príručke kvality je uvedená vízia a poslanie a je definovaný zákazník. Hlavným zákazníkom je verejnosť predstavovaná parlamentom, vládou, ostatnými zložkami štátnej a verejnej moci a v konečnom dôsledku oby-

vatelstvo, nakoľko výsledky činnosti ÚJD SR nielenže ovplyvňujú záujmy verejnosti pri zabezpečovaní jadrovej bezpečnosti dozorovaných zariadení a činností, ale majú významný vplyv aj na ekonomiku a celkové správanie dozorovaných subjektov. V Príručke kvality sú zhrnuté hlavné činnosti ÚJD SR, ktoré vyplývajú z Atómového zákona [4], členstva SR v Európskej únii a medzinárodných zmlúv a dohôd. Medzi hlavné činnosti ÚJD SR patrí:

- a) výkon štátneho dozoru nad jadrovou bezpečnosťou jadrových zariadení, ako aj v oblasti využívania jadrovej energie vrátane nakladania s rádioaktívnymi odpadmi a vyhoreným palivom, pri fyzickej ochrane a pri havarijnom plánovaní,
- b) výkon pôsobnosti stavebného úradu pri stavbách jadrových zariadení a stavbách súvisiacich s jadrovým zariadením nachádzajúcich sa v areáli ohraničenom hranicami jadrového zariadenia s výnimkou právomoci vo veciach územného rozhodovania a vyvlastnenia,
- c) vydávanie vykonávacích všeobecne záväzných právnych predpisov v oblasti mierového využívania atómovej energie,
- d) udeľovanie povolení na činnosti podľa atómového zákona,
- e) posudzovanie a hodnotenie bezpečnostnej dokumentácie,
- f) kontrola dodržiavania zásad a plnenia povinností uvedených v Atómovom zákone, v ostatných všeobecne záväzných právnych predpisoch vydaných na jeho základe a v rozhodnutiach úradu,
- g) vedenie štátneho systému evidencie jadrových materiálov,
- h) kontrola plnenia záväzkov vyplývajúcich z medzinárodných zmlúv a zabezpečovanie medzinárodnej spolupráce v oblasti mierového využívania atómovej energie,
- i) informovanie verejnosti o stave jadrovej bezpečnosti jadrových zariadení na území SR a o svojej činnosti,
- j) schvaľovanie veľkosti oblasti ohrozenia jadrovým zariadením na účely havarijného plánovania,
- k) overovanie osobitnej odbornej spôsobilosti a odbornej spôsobilosti zamestnancov držiteľov povolení,
- l) ukladanie sankcií za porušenie povinností.

3.3 Procesný prístup

V manažérskom systéme ÚJD SR je uplatnený procesný prístup. Procesy sú odvodené z hlavných činností ÚJD SR. Rozoznávajú sa hlavné procesy, ktoré zabezpečujú hlavné činnosti, procesy podporné, ktoré podporujú procesy hlavné a procesy manažérske, ktoré tvoria prvky riadenia alebo rozhodovania. Identifikovaných je 39 procesov. Tie pokrývajú všetky dôležité činnosti ÚJD SR, vrátane administratívnych, hospodárskych a kontrolných činností.

Procesy sa realizujú na základe smerníc/pracovných postupov, ktoré stanovujú vstupy pre ich riešenie, vykonávanie, výstupy, ukazovatele a ciele kvality. Interakcie a rozhrania medzi procesmi sú uvedené v Príručke kvality, smerniciach a sieťových grafoch procesov. Proces môže byť opísaný jednou alebo viacerými smernicami.

3.4 Riadenie rizík

Na ÚJD SR je zavedené riadenie rizík s cieľom predchádzať vzniku rizík alebo obmedziť ich negatívny vplyv, či využiť príležitosti na zlepšovanie. Riadenie rizík pozostáva z identifikácie, hodnotenia, zvládania (zmiernenia) a monitorovania rizík. Riziká sú dokumentované v databáze. Sú aktualizované podľa potreby a preskúvané raz ročne.

3.5 Zodpovednosti za fungovanie a zlepšovanie manažérského systému

Zabezpečovanie kvality procesov a výstupov je hlavnou a nedeliteľnou súčasťou riadiacej práce manažmentu ÚJD SR. Pre naplnenie tejto zodpovednosti manažment stanovil a dokumentoval svoju politiku a ciele kvality, vytvára zodpovedajúce organizačné štruktúry, prideluje potrebné zdroje, hodnotí stav v zabezpečovaní kvality a prijíma opatrenia na zvyšovanie jeho účinnosti.

Za zabezpečovanie kvality podľa opisu v jednotlivých kapitolách príručky kvality a nadväzujúcich dokumentov zodpovedá každý zamestnanec ÚJD SR v rozsahu svojho funkčného zaradenia, a preto:

- a) svoje úlohy na pracovisku plní podľa zadania a v stanovenom termíne,

- b) kontroluje správnosť vstupov pre ním vykonávanú činnosť v rámci procesu (dokumentáciu, materiál) a výsledky svojej práce, zistené nedostatky a nezhody,
- c) dokumentuje a odstraňuje v rámci svojich kompetencií a pokiaľ to nie je možné, tak informuje svojho nadriadeného,
- d) vykonáva opatrenia, aby žiadny dokument, alebo služba, pokiaľ nespĺňajú špecifikované požiadavky, neboli uvoľnené na ďalšie spracovanie, použitie alebo expedíciu/dodanie,
- e) vykonáva v rámci svojej právomoci nápravné a preventívne činnosti a ich vykonanie dokumentuje, alebo tieto navrhuje u svojho nadriadeného s cieľom predchádzať ich možnému opakovaniu.

Sú stanovené zodpovednosti vedúcich zamestnancov ÚJD SR za vývoj, udržiavanie a zlepšovanie manažérského systému a to od úrovne predsedu až po úroveň vedúcich jednotlivých organizačných útvarov ÚJD SR. Významnú úlohu má predstaviteľ vedenia pre kvalitu, ktorým je podpredseda ÚJD SR, ktorého úlohy sú nasledovné:

- a) zodpovedá za udržiavanie a zlepšovanie manažérského systému,
- b) zodpovedá za vypracovanie a udržiavanie príručky kvality a ostatnej dokumentácie manažérského systému,
- c) predkladá predsedovi na schválenie návrh interných auditov kvality na príslušné obdobie,
- d) predkladá návrhy na aktualizáciu politiky a cieľov kvality ÚJD SR a dohliada na ich realizáciu,
- e) zodpovedá za zostavenie, schválenie a vydanie plánu interných auditov kvality a kontroluje jeho realizáciu,
- f) kontroluje realizáciu prijatých nápravných a preventívnych opatrení vyplývajúcich z interných a externých auditov kvality, samohodnotenia a z ďalších podnetov,
- g) vypracováva a predkladá manažmentu na preskúmanie správu o hodnotení manažérského systému za príslušné obdobie v stanovenom členení a termíne.

Pri realizácii procesov, ich príprave a hodnotení, majú nezastupiteľnú úlohu garanti (vlastníci) procesov, ktorí:

- a) podieľajú sa na tvorbe a zlepšovaní do-

kumentácie pre vykonávanie príslušného procesu,

- b) kontrolujú dokumentáciu procesu z hľadiska jej úplnosti a súladu s ostatnými dokumentmi manažérskeho systému,
- c) formulujú ukazovatele a ciele kvality a kontrolujú ich plnenie,
- d) vykonávajú hodnotenie plnenia cieľov kvality,
- e) navrhujú a realizujú opatrenia na trvalé zlepšovanie procesu.

3.6 Vnútorne a vonkajšie audity

Vnútorne audity sa vykonávajú na základe smernice o ich plánovaní, príprave, vykonávaní, realizácii opatrení z nich a kontrole realizácie opatrení. Vnútorne audity sa plánujú na kalendárny rok vopred, orientačne na tri roky vopred, avšak v prípade potreby sa vykonávajú aj neplánované audity. Auditov zamerané na manažérsky systém sú koordinované s vnútornými kontrolami a auditmi vykonávanými podľa zákona. Plánované ako aj neplánované vnútorné audity manažérskeho systému schvaľuje predseda ÚJD SR. Auditov vykonávajú interní audítori, ktorí boli vyškolení certifikovanou organizáciou. Výsledky auditov spolu s opatreniami na zlepšenie sú predmetom rokovania Rady pre manažérsky systém a plnenie opatrení je preverované predstaviteľom pre kvalitu. Závažné zistenia auditu, týkajúce sa viacerých útvarov, alebo celého manažérskeho systému a následné opatrenia na ich odstránenie sú riešené príkazom predsedu.

Pre hodnotenie dokumentácie manažérskeho systému sa využíva vonkajší audit vykonávaný autorizovanou organizáciou s cieľom zistiť prípadný nesúlad dokumentácie manažérskeho systému s požiadavkami štandardu. Vonkajší audit sa vykonáva v trojročných intervaloch spravidla vždy iným dodávateľom. Ostatný vonkajší audit bol vykonaný v roku 2019. Pri audite bolo potvrdené, že ÚJD SR má zavedený funkčný a účinný systém manažérstva kvality, ktorý spĺňa požiadavky normy STN EN ISO 9001:2016 a je dodržiavaný zamestnancami ÚJD SR. Sú vytvorené predpoklady pre ďalšie zlepšovanie kvality a to najmä vzhľadom na podporu manažmentu, serióznosť voči zákazníkom a vysokú profe-

sionalitu zamestnancov. Manažérsky systém je založený na implementácii dokumentovaných postupov, aplikácii analýzy rizík s cieľom zlepšovania procesov a určenia cieľov pre všetky úrovne riadenia ÚJD SR a ich hodnotenie. Účinnosť systému je v pravidelných časových intervaloch hodnotená a sú dávane podnety na nápravné opatrenia. Závery a odporúčania z auditu sa využívajú pre zlepšenie systému dokumentácie a jej dôslednému zjednoteniu.

Výsledky auditov sú významnou časťou podkladov pre pravidelné preskúmanie manažmentom.

3.7 Preskúmanie manažmentom

Preskúmanie manažérskeho systému vykonáva pravidelne ročne Rada pre manažérsky systém súlade s požiadavkami štandardu STN EN ISO 9001:2016. Výstupy z preskúmania obsahujú rozhodnutia a činnosti týkajúce sa zlepšovania manažérskeho systému a jeho procesov, produktu súvisiaceho s požiadavkami zákazníka a potrebných zdrojov.

Vytvorený systém ukazovateľov a cieľov kvality je zameraný na dlhodobé hodnotenie výkonnosti. Uprednostňuje hodnotiť trendy vývoja ukazovateľov vzhľadom na stanovené ciele pred ich konkrétnymi dosiahnutými hodnotami.

4. SAMOHODNOTENIE

ÚJD SR využíva nástroje samohodnotenia na preskúmanie rozsahu v akom má adaptované požiadavky noriem a štandardov na riadenie organizácie a bezpečnosti, zabezpečovanie kvality, plnenie požiadaviek zákazníka a zainteresovaných strán a schopnosti dosahovať udržateľný úspech. Najvýznamnejšie nástroje samohodnotenia a dosiahnuté výsledky sú uvedené v ďalšom texte.

4.1 Samohodnotenie podľa Spoločného systému hodnotenia

Spoločný systém hodnotenia (angl. Common Assessment Framework – CAF) bol vyvinutý na európskej úrovni na samohodnotenie a zlepšovanie systémov riadenia vo verejnej

a štátnej správe. Model CAF pokrýva deväť oblastí hodnotenia rozdelených do panelu predpokladov a panelu výsledkov: vodcovstvo, stratégia a plánovanie, zamestnanci, partnerstvá a zdroje, procesy, výsledky vo vzťahu k občanovi/ zákazníkovi, výsledky vo vzťahu k zamestnancom, výsledky vo vzťahu k spoločnosti a kľúčové výsledky výkonnosti.

V roku 2005 ÚJD SR vykonal prvé úplné samohodnotenie [5] a spracoval Akčný plán zlepšovania podľa metodiky „Spoločný systém hodnotenia (CAF) 2002“, čím splnil Uznesenie vlády SR č.900/2003 k Národnému programu kvality SR na roky 2004–2008. V roku 2007 bolo na ÚJD SR vykonané v poradí druhé úplné samohodnotenie [6] podľa metodiky „Spoločný systém hodnotenia (CAF) 2006“. Hodnotenie nadviazalo na prechádzajúce samohodnotenie z roku 2005 a potvrdilo prebiehajúci proces zlepšovania ÚJD SR na novej kvalitatívne vyššej úrovni uspokojovania potrieb, poskytovania služieb pre zákazníka/ občana a napredovania na ceste zlepšovania kvality, efektívnejšieho a účinnejšieho riadenia ÚJD SR a jeho činností. Návrhy na ďalšie zlepšenia sa stali súčasťou opatrení prijatých Radou pre manažérsky systém a rozhodnutí manažmentu ÚJD SR v rámci procesu preskúmania manažmentom.

4.2 Meranie spokojnosti a motivácie zamestnancov

Meranie spokojnosti a motivácie zamestnancov ÚJD SR sa vykonáva formou ankety spravidla v trojročných až štvorročných intervaloch. Anketa obsahuje 33 otázok. Je anonymná a dobrovoľná. Dáva sa vyplňať počas pravidelného pracovného stretnutia zamestnancov ÚJD SR. Anketový lístok s otázkami dostávajú všetci prítomní zamestnanci úradu. Odpovede sú vyhodnocované na stupnici 1 až 5 bodov: „veľmi dobre“ – 5 bodov, „dobré“ – 4 body, „skôr zle“ – 2 body, „zle“ – 1 bod a „neviem odpovedať“ – 3 body. V roku 2005 bola účasť na ankete (počet vrátených vyplnených / počet vydaných anketových lístkov) 95%, v roku 2006 96%, v roku 2010 75%, v roku 2013 44% a v roku 2017 to bola 81% účasť. Grafické porovnanie nameraných výsledkov z ankiety z rokov 2005, 2006, 2010, 2013 a 2017 [7] je uvedené na Obr. 2 a Obr. 3.

Výsledky prieskumov spokojnosti a motivácie zamestnancov ÚJD SR vykazujú rastúci trend spokojnosti zamestnancov s motiváciou k rozvoju ich schopností a odbornými znalosťami vrcholového manažmentu. Na druhej strane, hodnotenie žiadnej z otázok nevykazuje trvalo klesajúci trend. Najväčší počet nespokojných zamestnancov je dlhodobou súčasťou systému merania pracovnej výkonnosti, oceňovania pracovného úsilia a príležitostí pracovného postupu.

4.3 Samohodnotenie a misia IRRS

Misia MAAE na Integrovanú previerku dozorného orgánu (angl. Integrated Regulatory Review Service – IRRS) hodnotili manažérsky systém ÚJD SR v rokoch 2002 a 2012, ktorým predchádzalo samohodnotenie. Ďalšia misia IRRS v SR je plánovaná na prvý štvrtrok 2022.

Z výsledkov misie IRRS uskutočnenej v roku 2012 vyplýva, že ÚJD SR má vysokú mieru nezávislosti a je dobre organizovaný. Má zavedený integrovaný systém manažérstva kvality a náležité zdroje na plnenie svojich funkcií a zodpovedností. Prístup k tréningu zamestnancov, udržiavaniu a rozvoju ich kompetencií je systematický. ÚJD SR efektívne imple-

Ing. Ján Husárček, CSc.

jan.husarcek@ujd.gov.sk



Je absolventom Moskovského energetického inštitútu, Energo-fyzikálna fakulta, odbor Jadrové zariadenia. Je autorom všeobecno-záväzných právnych predpisov, návodov, metodík a postupov v oblasti stanovenia požiadaviek na jadrovú bezpečnosť jadrových zariadení a hodnotenia jadrovej bezpečnosti v SR, autorom desiatkov príspevkov na domácich a medzinárodných konferenciách a spoluautorom publikácií Medzinárodnej agentúry pre atómovú energiu (IAEA). Ján Husárček sa na Úrade jadrového dozoru SR (ÚJD SR) zaoberá hodnotením bezpečnosti jadrových elektrární a manažérskym systémom. Je zástupcom ÚJD SR v pracovnej skupine na kultúru bezpečnosti Agentúry pre jadrovú energiu pri OECD (OECD/NEA) a v pracovnej skupine WENRA na harmonizáciu požiadaviek jadrových reaktorov.

mentuje stratégiu informovania verejnosti a komunikuje so zainteresovanými stranami. Misia navrhla, aby ÚJD SR pravidelne vykonával previerky svojho manažérskeho systému, pokračoval vo vývoji procesov a následne v implementácii štruktúrovaného riadenia vedomostí, prehodnotil stratégiu uchovávania záznamov a správy z hodnotenia bezpečnosti viedol v elektronickej databáze. Misia odporučila, aby ÚJD SR formálne zabezpečil predchádzanie konfliktu záujmov. Dané odporúčania už boli splnené a sú ďalej rozvíjané.

4.4 Meranie a hodnotenie kultúry bezpečnosti a vedenia k bezpečnosti

Projekt „Meranie a hodnotenie kultúry bezpečnosti a vedenia k bezpečnosti“ (ďalej len hodnotenie kultúry) [8] bol realizovaný na ÚJD SR dodávateľsky v druhom polroku 2019. Cieľom projektu bolo vykonať hodnotenia kultúry a splniť príslušné požiadavky štandardu MAAE No. CSR Part 2, ktoré ustanovujú: podporovanie kultúry bezpečnosti a meranie, hodnotenie a zlepšovanie vedenia k bezpečnosti a kultúry bezpečnosti.

Metodika hodnotenia vychádzala zo štandardu MAAE „Performing safety culture self-assessments“, SRS No. 83, vydanom v roku 2016. Zber údajov pre hodnotenie kultúry v dotazníkovej forme trval 5 dní a rozhovory so zamestnancami trvali 3 dni. Do projektu sa aktívnym a správnym vyplnením dotazníka zapojilo 103 zamestnancov. Celková návratnosť dotazníka bola 85,8 %, čo predstavuje z pohľadu štatistického spracovania dát a z pohľadu metodických odporúčaní MAAE nadštandardnú spoľahlivosť výsledkov.

Výsledky merania sú prezentované v podobe úrovne kultúry, ktorá môže nadobúdať hodnoty od -1 (silná negatívna kultúra) do +1 (silná pozitívna kultúra). Priemerná úroveň kultúry na ÚJD SR je na úrovni mierne silnej až silnej pozitívnej kultúry. Dosiahla hodnotu +0,61. Výsledky dotazníkového skúmania sú dobré (oblasti skórované menej ako +0,50) až výborné (oblasti skórované viac ako +0,70). Najnižšie celkové skóre bolo dosiahnuté v oblastiach Etika a psychologická bezpečnosť (+0,47) a Vedenie k bezpečnosti (+0,49). Najvyššie

skórované oblasti sú Systematický prístup (+0,72) a Zodpovednosť a rozhodovanie (+0,71).

Hodnotenie kultúry na ÚJD SR potvrdilo, že motto úradu „Bezpečnosť je vždy prvoradá a musí prevážiť ostatné požiadavky“ uvedené v Politike kvality sa uplatňuje v každodennom živote úradu a jeho zamestnancov. Kultúra má základy vo vysokej odbornosti zamestnancov ÚJD SR, v zodpovednom prístupe k práci, ktorý je podporovaný vedením úradu. Dôležitým predpokladom silnej kultúry je nezávislosť ÚJD SR. Nezávislosť je dosiahnutá samostatnosťou úradu ako právneho subjektu, dostatočným vybavením úradu zdrojmi a silnými osobnosťami vo vedení ÚJD SR. Vďaka týmto skutočnostiam sú pre zamestnancov vytvorené vhodné pracovné podmienky a prostredie so silným dôrazom na podporu rozvoja zamestnancov a zlepšovania pracovných postupov.

Na udržanie dobrých výsledkov a na ďalšie zvyšovanie úrovne pozitívnej kultúry sú navrhnuté nasledujúce opatrenia, ktoré sa postupne implementujú do praxe:

- a) aktívne formovať kultúru úradu a podporovať zdieľanie prvkov kultúry bezpečnosti,
- b) rozvíjať manažérske a vodcovské schopnosti vedúcich zamestnancov,
- c) implementovať opatrenia na uchovanie a zdieľanie vedomostí a skúseností,
- d) rozvíjať u všetkých zamestnancov schopnosti dávať a prijímať spätnú väzbu,
- e) zvýšiť úsilie pri oceňovaní zamestnancov s dôrazom na činnosti súvisiace s bezpečnosťou,
- f) prijímať opatrenia vekového manažmentu na zmiernenie negatívnych dopadov generácie podmienených rozdielov,
- g) podporovať tímovú prácu, vzájomnú dôveru a dobré vzťahy.

Normatívny rámec kultúry (tiež aj perspektívy alebo dimenzie kultúry) predstavuje štandard MAAE No. GS-G-3.5, vo svojom 5prvkovom zjednodušenom modeli silnej kultúry bezpečnosti. Vyhodnotenie normatívneho modelu kultúry dosiahlo na ÚJD SR dobré výsledky, a tým ÚJD SR napĺňa atribúty normatívneho modelu na dobrej úrovni.

5. ZÁVER

Medzi priority obsiahnuté v programovom vyhlásení vlády SR patrí aj úloha neustále zvyšovať kvalitu poskytovaných verejných služieb občanom spolu so znižovaním výdavkov na verejnú správu. Zavedenie a ďalšie rozvíjanie manažérskeho systému na ÚJD SR predstavuje míľnik na ceste naplňovania uvedenej úlohy. Každé zvýšenie kvality verejných služieb zabezpečovaných organizáciami verejnej správy sa v konečnom dôsledku prejaví skvalitnením životnej úrovne občanov.

Dosiahnutá úroveň kvality a riadenia činností ÚJD SR bola ocenená Národnou cenou SR za kvalitu 2007, kategória C1 – organizácie štátnej správy. Udelenie tejto prestížnej Národnej ceny SR za kvalitu ÚJD SR prezidentom Slovenskej republiky nepriamo potvrdzuje, že výkon štátneho dozoru nad jadrovou bez-

pečnosťou jadrových energetických zariadení v SR sa vykonáva v súlade s národnou legislatívou i medzinárodnými odporúčaniami a jadrové zariadenia prevádzkované v SR sú spoľahlivé a bezpečné.

V roku 2012 bolo Ing. Jánovi Husárčekovi, CSc. za rozvoj manažérskeho systému ÚJD SR udelené národné ocenenie – Manažér kvality roka 2012 v kategórii B sektor verejnej správy.

Ďalší rozvoj manažérskeho systému ÚJD SR bude prebiehať podľa stratégie vytýčenej Radou pre kvalitu v súlade s požiadavkami štandardu STN EN ISO 9001:2016, požiadavkami Medzinárodnej agentúry pre atómovú energiu na vedenie k bezpečnosti a riadenie bezpečnosti, požiadavkami na riadenie rizík, kritickým hodnotením účinnosti manažérskeho systému a opatreniami na zlepšovanie.

Referencie:

- [1] Uznesenie vlády SR č. 594/2016, Bratislava, december 2016
- [2] Leadership and Management for Safety, General Safety Requirements No. GSR Part 2, IAEA, Vienna, 2016
- [3] Príručka kvality ÚJD SR, ÚJD SR, Bratislava, máj 2019
- [4] Zákon NR SR č. 541/2004 Z. z. o mierovom využívaní jadrovej energie (Atómový zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov
- [5] Integrated Regulatory Review Service (IRRS) Mission to Slovakia, Bratislava, 27 May to 7 June 2012, IAEA-NS-IRRS-2012/03, IAEA, Vienna 2012
- [6] Samohodnotiaca správa ÚJD SR 2005: Spracovaná podľa Spoločného systému hodnotenia kvality, ÚJD SR, 240-05/2005, Bratislava, júl 2005
- [7] Samohodnotiaca správa Spoločného systému hodnotenia kvality, ÚJD SR, 240-02/2007, Bratislava, máj 2007
- [8] Výsledky merania spokojnosti a motivácie zamestnancov ÚJD SR, ÚJD SR, jún 2017

Z knihy „Vznik a historie státního dozoru nad jadernou bezpečností“

5. část

Ze vzpomínek Zdeňka Kříže

Tak jak se vyvíjely od poloviny padesátých let jaderné technologie, vyvíjel se i názor na bezpečnost a zejména pravidla v tomto novém odvětví. Prvotní linie byla zaměřena především na nešíření jaderných zbraní, vznikla Mezinárodní atomová agentura (MAAE), ale začínaly se formovat i národní dozory. V Československu vznikla Československá atomová komise (ČSKAE) a skupinka jaderných inženýrů kolem Ing. Jiřího Beránka a Ing. Zdeňka Kříže začala formulovat první pravidla jaderné bezpečnosti.

O počátcích jaderného dozoru v Československu poutavě píše Ing. Zdeněk Kříž, z jehož knihy „Vznik a historie státního dozoru nad jadernou bezpečností Československé komise pro atomovou energii (1970–1992)“ vám přinášíme některé vzpomínky na začátky tohoto mladého, ale dynamicky se rozvíjejícího odvětví.

ZMĚNA V ZAJIŠTĚNÍ JADERNÉ BEZPEČNOSTI NOVÝCH PROJEKTŮ VVER

V polovině 70. let byla v SSSR konečně přehodnocena bezpečnostní filozofie jaderných elektráren a bloky VVER-440 (V-230) byly označeny jako nevhodné pro výstavbu v evropské části SSSR a v zemích východní Evropy. Rozhodlo o tom v březnu 1976 vědecké vedení jaderného programu v čele s akademikem A. P. Alexandrovem. Příznivci jaderné bezpečnosti si oddechli a v Jaslovských Bohunicích, Dukovanech, Mochovicích, Loviise (Finsko), Paksi (Maďarsko), Greiswaldu (NDR) a Zarnowieci (Polsko) se začaly stavět bloky označené V-213, v jejichž projektech byla jaderná bezpečnost podstatně lépe zajištěna.

Významným pokrokem bylo, že bloky V-213 se začaly také stavět v Loviise, což byl první případ průniku VVER technologie mimo země východního bloku. Na rozdíl od ostatních bloků V-213 byly finské bloky vybaveny místo tzv. arbotážní věže kontejnmentem s potlače-

ním tlaku (s ledovým kondenzátorem). Kromě toho si finská strana prosadila vybavení elektrárny v Loviise systémem řízení a regulace firmy Siemens a dalšími bezpečnostními zdokonaleními.

Finský případ podpořil snahy zaměřené na možnost zvýšení bezpečnosti a modernizace bloků VVER-440. Dalším důležitým rozhodnutím v tomto období bylo, že SSSR se rozhodl předat licenci na výrobu hlavních komponent VVER-440 do výrobních závodů v bývalé ČSSR (Škoda Plzeň – tlaková nádoba reaktoru a zařízení vnitřní vestavby, Vítkovice – parogenerátory, Modřanské strojírny – potrubí, Sigma – čerpadla a další výrobní podniky) a do všech hlavních výrobních podniků byli umístěni sovětsští odborníci na výrobu komponent, tzv. přejímači, kteří přísně kontrolovali dodržování výrobních procesů v našich podnicích. Tím se Československo dostalo mezi skupinu vyspělých zemí, které jsou schopny vyrábět hlavní komponenty primárního a sekundárního okruhu jaderných elektráren tlakovodního typu.

Vznik a historie státního dozoru nad jadernou bezpečností Československé komise pro atomovou energii (1970-1992)

Zdeněk Kríž



Zsolt Staník, Praha, 2012

V období od roku 1976 do 1984 se zvýšil počet pracovníků oddělení jaderné bezpečnosti a záruk na šestnáct, což bylo vynuceno nárůstem jeho činnosti s pokračujícím rozvojem jaderného programu. Proto bylo možné, aby se v roce 1979 oddělení změnilo na odbor jaderné bezpečnosti a záruk a tím se jeho pozice v rámci ČSKAE dále posílila.

V tomto období přišli na ČSKAE Jaroslav Macoun, Ladislav Náměstek, Ivan Hladík, Aleš Haur, Pavel Kovář, Petr Brandejs, Miroslav Hrehor, Luděk Čermák, Josef Víta, Jaroslav Kynčl a Jiří Bečvář.

ÚČAST V PROGRAMU MAAE NUCLEAR SAFETY STANDARDS - NUSS

V souvislosti s velkým rozvojem jaderné energetiky ve světě v 70. letech zahájila MAAE v roce 1975 první rozsáhlý program zaměřený na stanovení požadavků pro jadernou bezpečnost jaderných elektráren - NUSS (Nuclear Safety Standards).

Na základě doporučení Generální konference ustavil generální ředitel MAAE S. Eklund v roce 1974 řídicí skupinu, tzv. Senior Advisory Group (SAG), která navrhla podrobný obsah NUSS programu. Program zahrnoval pět oblastí:

- státní dozor (governmental organisation-regulatory body)
- bezpečnostní požadavky pro umístování jaderných elektráren (siting)
- bezpečnostní požadavky pro projekt jaderných elektráren (design)
- bezpečnostní požadavky pro provoz jaderných elektráren (operation)
- zajištění jakosti pro bezpečnost jaderných elektráren (quality assurance)

Řídicí výbor NUSS program v následujících deseti letech řídil. Pro každou z pěti tematických oblastí byl jmenován Technický hodnotící výbor - Technical Review Committee (TRC), který první návrh dokumentu připravený malou pracovní skupinou detailně projednal, připomínkoval a upravil. Poté byl dokument předán k posouzení řídicí skupině a po zapracování jejích připomínek zaslán všem členským zemím MAAE k připomínkám.

Po vyhodnocení připomínek členských zemí v Technickém výboru byl návrh znovu zaslán řídicí skupině ke konečnému schválení. Na závěr celé procedury byl návrh předán generálnímu řediteli MAAE k podpisu. Tato procedura přípravy dokumentu trvala v průměru 3–4 roky.

Zpracovávaly se dva typy dokumentů: požadavky (requirements) a návody (guides). Dokumenty, které obsahovaly základní požadavky (requirements), byly předány ještě před vydáním k souhlasu Radě guvernérů MAAE. Výsledný dokument, v červeném obalu, měl charakter nejen technického konsensu zúčastněných zemí, ale po schválení Radou guvernérů MAAE i oficiální statut dokumentu MAAE. Dokumenty typu návodů, v zeleném obalu, schvaloval generální ředitel MAAE. Dokumenty typu requirements obsahovaly převážně slovo „musí“ (anglicky shall), zatím co dokumenty typu guides převážně slovo „mělo by“ (anglicky should).

Každá z pěti tematických oblastí obsahovala jeden dokument požadavků a na něj navazovalo až deset dokumentů typu návodů. Návody podrobněji rozpracovávaly požadavky základního dokumentu. Celkem se jednalo o soubor asi 50 dokumentů určených, jak bylo uvedeno v jejich úvodu, zemím, které zahajují jaderné energetický program. Při jejich přípravě však došlo zároveň k prvnímu a neobyčejně cennému srovnání přístupu a řešení jaderné bezpečnosti v různých rozvinutých zemích.

Pro oblast státního dozoru nad jadernou bezpečností byl vydán jeden dokument požadavků /12/ a šest návodů, které doporučovaly postup dozoru v jeho hlavních aktivitách /13–18/. Přípravy dokumentů NUSS programu se účastnily aktivně v řídicí skupině a pěti technických výborech nejvyspělejší země s rozvinutou jadernou energetikou, zejména USA, Anglie, Francie, Japonsko, Kanada, Německo, Indie, Švýcarsko a další země. Z velkých zemí byl výjimkou pouze Sovětský svaz, který se programu aktivně účastnil pouze v ří-

dící skupině a na začátku programu doporučil, aby se Československo účastnilo místo něj ve všech technických výborech a bylo i členem řídicí skupiny. Na druhé straně od roku 1976 byl zástupce SSSR vědeckým koordinátorem celého NUSS programu. Naše účast v NUSS programu znamenala, že jsme se dostali do společnosti zemí, které reprezentovaly absolutní technickou špičku v jaderné energetice i jaderné bezpečnosti ve světě.

To byla zcela výjimečná příležitost pro jadernou bezpečnost u nás, a to jak získáním cenných informací a dokumentů, tak osobních kontaktů se zahraničními partnery v příslušných výborech.

Ing. Zdeněk Kríž



Ukončil s vyznamenáním v roce 1964 studium na Fakultě technické a jaderné fyziky ČVUT jako jaderný inženýr. Po ukončení studia nastoupil do Ústavu jaderného výzkumu v Řeži (ÚJV), kde pracoval jako výzkumný pracovník v úseku jaderné energetiky. V roce 1970 přešel do nově vzniklého oddělení jaderné bezpečnosti a záruk Československé komise pro atomovou energii (ČSKAE). Zde se aktivně podílel na rozvoji a prosazování státního dozoru nad jadernou bezpečností. Postupně prošel různými funkcemi až po funkci hlavního inspektora jaderné bezpečnosti (1989–1992). V roce 1993 přijal nabídku pracovat v Mezinárodní agentuře pro atomovou energii (MAAE) ve Vídni. Zde jeho hlavními úkoly bylo využívání provozních zkušeností prostřednictvím systému IRS a podpora činnosti orgánů dozoru v jaderné energetice. Podílel se na přípravě několika doporučení a účastnil se řady misí MAAE. Kromě několika výzkumných zpráv je autorem asi čtyřiceti prezentací, článků a publikací věnovaných dozorní činnosti. Po návratu z MAAE v roce 2001 nastoupil opět do ÚJV Řež jako vedoucí vědeckého sekretariátu. V období 2001–2011 byl předsedou Poradního výboru pro jadernou bezpečnost předsedkyně SÚJB Dany Drábové a od roku 2004 externím členem Výboru pro bezpečnost jaderných zařízení ČEZ, a. s.

Československými odborníky, kteří se účastnili práce v NUSS programu, byli: J. Beránek, F. Klik (řídící výbor) a v jednotlivých technických výborech: Z. Kříž (státní dozor), Z. Dlouhý, L. Náměstek (umístování), J. Sedlmayer, J. Hájek a další experti EGP (projektování), A. Ševčík (provoz), který byl dokonce předsedou tohoto TRC, a S. Havel, J. Koutský (zajištění jakosti).

NUSS program reprezentoval minimální soubor požadavků pro jadernou bezpečnost a předpokládalo se, že členské země MAAE jej využijí pro přípravu vlastních národních předpisů nebo jejich revizí. To se rovněž stalo i u nás. Předpisy vydané ČSKAE, technické požadavky a postupy byly přebírány především z NUSS dokumentů MAAE. Dokumenty NUSS programu byly revidovány relativně brzo, již koncem 80. let, jako reakce na černo-bylskou havárii a rovněž na základě rozvoje jaderné energetiky a zvyšujících se požadavků jaderné bezpečnosti /19/.

Od roku 1995 zahájila MAAE mnohem rozsáhlejší program nazvaný Safety Standards, do kterého je zařazena nejen jaderná bezpečnost, ale i radiační ochrana, radioaktivní odpady, transport, havarijní plánování, výzkumné reaktory a další oblasti, a který obsahuje celkem asi 130 dokumentů. Česká republika se tohoto programu rovněž aktivně účastní ve všech tematických výborech.

Systém přípravy, projednávání a vydávání dokumentů je propracovanější, ale v zásadě obdobný jako v NUSS programu. NUSS program byl zahájen a probíhal v době velmi vhodné pro nás a naše potřeby a možnost se jej aktivně účastnit jako malá země z východní Evropy byla pro nás naprosto výjimečná. Lze konstatovat, že jsme tuto výjimečnou příležitost využili v přípravě domácích předpisů a zavádění státního dozoru nad jadernou bezpečností a získali tak významný náskok před ostatními zeměmi, které provozovaly jaderné elektrárny typu VVER.

Seznam odkazů:

- /12/ Governmental Organisation for the Regulation of Nuclear Power Plants, Safety Series No 50 – C – G, IAEA, 1978
- /13/ Qualification and Training of Staff of the Regulatory Body for NPPs, Safety Series No 50 – SG – G1, IAEA, 1979
- /14/ Information to be Submitted in Support of Licensing Applications for NPPs, Safety Series No 50 – SG – G2, IAEA, 1979
- /15/ Conduct of Regulatory Review and Assessment During the Licensing Process for NPPs, Safety Series No 50 – SG – G3, IAEA, 1980
- /16/ Inspection and Enforcement by the Regulatory Body for NPPs, Safety Series No 50 – SG – G4, IAEA, 1980
- /17/ Licenses for NPPs: Content Format and Legal Considerations, Safety Series No 50 – SG – 68, IAEA, 1982
- /18/ Regulations and Guides for NPPs, Safety Series No 50 – SG – G9, IAEA, 1984
- /19/ Code on Safety of Nuclear Power Plants, Safety Series No 50 – C – G (Rev. 1), IAEA, 1988

Aktuality

65 let od zřízení Spojeného ústavu jaderných výzkumů v Dubně

Před 65 lety, dne 26. března 1956, byla v Moskvě zplnomocněnými představiteli vlád 11 států podepsána mezivládní dohoda o Spojeném ústavu jaderných výzkumů (SÚJV) se sídlem v Dubně v tehdejší Sovětské svazu. V příspěvku je připomenuta Československá účast na zřízení tohoto ústavu.

Bezprostředním podnětem ke zřízení SÚJV byla neformální jednání o členství zemí východní Evropy v Evropské laboratoři jaderných výzkumů CERN během První mezinárodní konference o mírovém využití jaderné energie, která se konala v Ženevě v srpnu 1955. Odpovědí sovětské vlády byl návrh na zřízení Východního ústavu jaderných výzkumů (jak zněl počáteční název ústavu) jako paralely CERN pro země lidové demokracie. Pamětní zápis s tímto návrhem, datovaný 18. ledna 1956 a podepsaný N. S. Chruščevem, byl zaslán vedoucím stranickým představitelům na zřízení ústavu potenciálně zainteresovaných zemí. Dorazil také do Československa, k prvnímu tajemníkovi ÚV KSČ A. Novotnému. Dokument uváděl politické a ekonomické důvody proti vstupu zemí lidové demokracie do CERN a zval ke společné poradě o vybudování východního střediska jaderných výzkumů. Nabídl možnost vybudování takového střediska v Sovětské svazu v obvodu Moskvy, na bázi dvou již existujících ústavů (vybudovaných v rámci sovětského atomového projektu) a jejich mohutných urychlovačů, cyklotronu pro urychlování protonů do energie 580 MeV a dalšího, v té době nejvýkonnějšího kruhového urychlovače pro energii 10 GeV.

Československé stranické a vládní orgány sovětskou iniciativu uvítaly. Vyslovily sou-



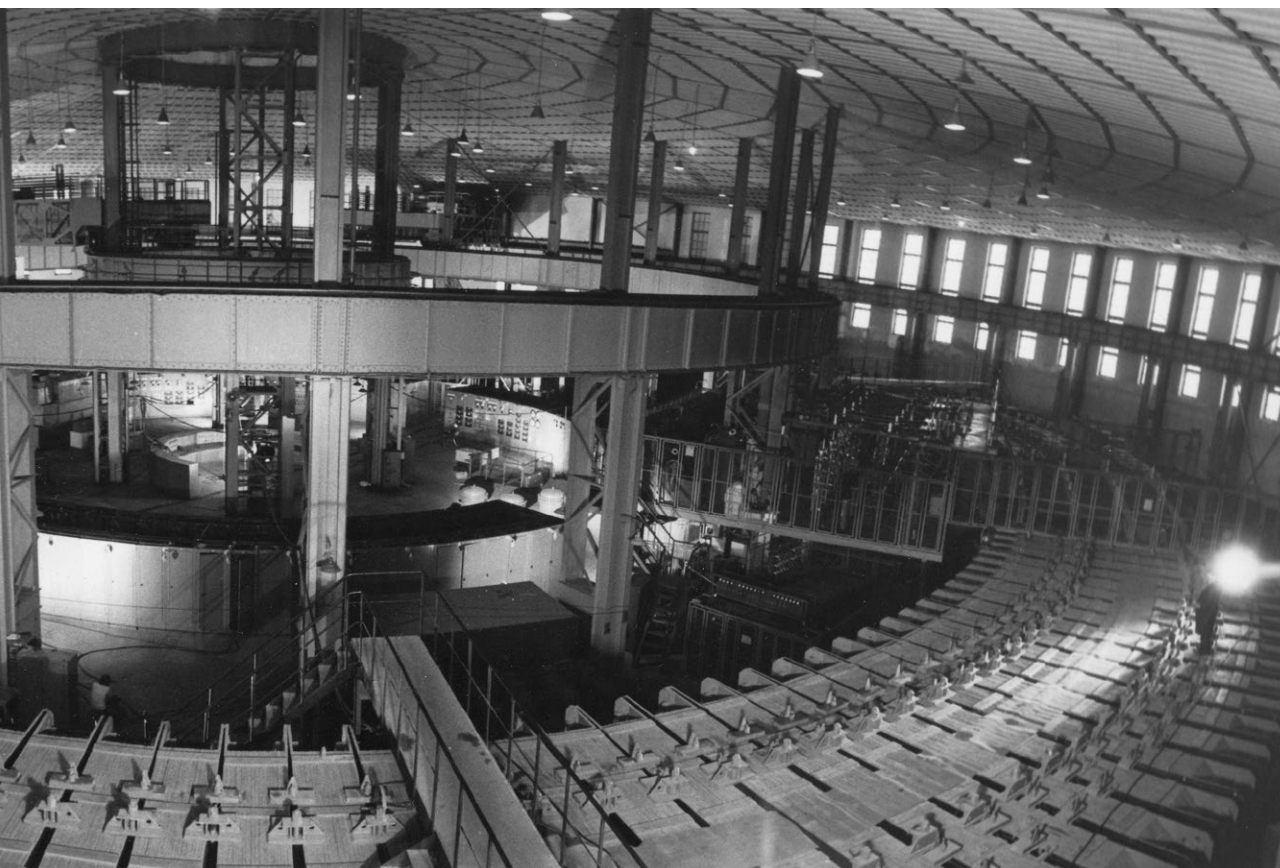
hlas s umístěním ústavu v Sovětské svazu. Na poradu byla vyslána vládní delegace ve složení F. Vlasák (ministr energetiky, vedoucí delegace), J. Baier (poslanec Národního shromáždění a úřadující místopředseda tehdejšího Vládního výboru pro mírové využití atomové energie, VVAE), Č. Šimáně (ředitel Ústavu jaderné fyziky, ÚJF), V. Petržílka (člen korespondent ČSAV, profesor a děkan Fakulty technické a jaderné fyziky UK), F. Kovář (rada československého velvyslanectví v Moskvě

pro otázky jaderné energie) a jako experti L. Trlifaj (vedoucí teoretického oddělení ÚJF), J. Váňa a M. Seidl (ředitel a vedoucí oddělení urychlovačů resortního Výzkumného ústavu vakuové elektrotechniky).

Porada se konala v Moskvě ve dnech 20.–26. března 1956. Zúčastnily se jí vládní delegace Albánské lidové republiky, BLR, ČLR, ČSR, KLDLR, MLR, Mongolské lidové republi-

ky, NDR, PLR, RLR a SSSR. Československá delegace byla (co do počtu odborníků) nejpočetnější. Vedoucím sovětské delegace byl hlavní vědecký sekretář prezidia AV SSSR A. V. Topčijev.

Na úvodním zasedání porady byly předneseny referáty D. I. Blochinceva o umístění ústavu a jeho experimentálních zařízeních, S. K. Carapkina o příspěvcích členských stá-



| Synchrofázotron 10 GeV v Laboratoři vysokých energií SÚJV Dubna [Fotoarchiv SÚJV] |

tů na výstavbu a chod ústavu a A. V. Topčijeva o vedení a organizaci ústavu. V dalších zasedáních proběhla diskuse k sovětským návrhům. Na programu 21. března byla celodenní návštěva Ústavu jaderných problémů AV SSSR a Elektrofyzikální laboratoře AV SSSR, které sovětská vláda „bezplatně“ nabídla jako základ ústavu.

Sovětský návrh na dobudování ústavu v nejbližších letech zahrnoval stavbu urychlovače

vícenábojových iontů pro energie vyšší než 6–7 MeV/nukleon, vybudování laboratoře pro teoretickou fyziku s výpočetním oddělením vybaveným elektronickými počítačemi stroji a vybudování laboratoře pro neutronovou fyziku s jaderným reaktorem o vysokém toku neutronů a s horkou chemickou laboratoří. Největší podílný příspěvek na dobudování a provoz ústavu převzal Sovětský svaz (47,25 %). Příspěvek Československa byl dohodnut ve výši 5,75 %.

Představitelé prvního ředitelství SÚJV: ředitel D. I. Blochincev (stojící) a jeho dva vědeckí náměstci D. Danysz (po jeho pravici) a V. Votruba (po jeho levici) [Fotoarchiv SÚJV]



Československou delegaci vedl na pracovních zasedáních porady J. Baier, který také 22. března jménem delegace vystoupil v diskusi. V příspěvku mj. ocenil, že v ústavu bude možno pracovat nejen ve fyzice vysokých energií, ale také v aplikované jaderné fyzice, například v oblasti výzkumu pokusných materiálů pro jaderné reaktory. Podpořil názor, že by ústav měl pracovat v oblasti výzkumu kosmického záření a také zde koordinovat spolupráci členských států. Československé možnosti přispět k dobudování a počátečnímu chodu ústavu nastínil poměrně střídlivě. Konstatoval, že Československo má několik málo fyziků-teoretiků na poměrně vysoké úrovni. Vedle toho by ústavu mohli svými znalostmi pomoci českoslovenští inženýři, kteří prokázali své schopnosti v příbuzných hraničních oborech a při stavbě určitých typů urychlovačů. Při výstavbě ústavu by mohl být nápomocný také československý strojírenský průmysl, pro který je výroba jaderně technických zařízení jedním ze základních perspektivních úkolů a který má

dobré předpoklady také pro výrobu elektrických zařízení a přístrojů pro jadernou fyziku a techniku.

Dohoda o Východním ústavu jaderných výzkumů byla podepsána 26. března; za Československo ji podepsal ministr Vlasák. Název ústavu byl změněn na Spojený ústav jaderných výzkumů, aby nezahrnoval žádný náznak polarizace mezi Východem a Západem. Vládními zmocněnci signatářských zemí Dohody bylo také zvoleno první ředitelství ústavu: ředitel D. I. Blochincev a jeho náměstci pro vědeckou činnost M. Danysz (Polsko) a V. Votruba (Československo); tomuto ředitelství bylo uloženo do tří měsíců vypracovat a předložit návrh stanov ústavu. Kandidaturu některého z československých vědců na post náměstka ředitele SÚJV navrhl akademik Topčijev. Československou delegací byli obratem jako v úvahu přicházející kandidáti vytipováni V. Votruba (profesor teoretické fyziky a člen korespondent ČSAV) a Č. Šimáně. Na základě telefonátu s předsedou VVAE V. Kopeckým



byla schválena kandidatura V. Votruby. Votruba, který byl v té době služebně v Sofii, o tom byl vyrozuměn rovněž po telefonu, kandidaturu přijal. Do funkce náměstka ředitele SÚJV nastoupil k 1. září 1956 a zastával ji do března 1959.

Ustavující zasedání SÚJV (schválení stanov ústavu vládními zmocněnci) a první zasedání vědecké rady a finančního výboru ústavu se konala v Dubně 20.–26. září 1956. Československým vládním zmocněncem pro SÚJV byl jmenován J. Kožešník (v té době člen korespondent a zástupce hlavního sekretáře ČSAV), do Vědecké rady SÚJV byli za Československo delegováni Č. Šimáně, V. Petržílka a F. Kovář, který se stal zároveň členem finančního výboru; V. Votruba byl členem vědecké rady z titulu náměstka ředitele ústavu.

Do spolupráce s SÚJV se z československých vědecko-výzkumných pracovišť jako první zapojily Ústav jaderné fyziky ČSAV, Fyzikální ústav ČSAV a Fakulta technické a jaderné

fyziky UK. Vůbec prvním československým pracovníkem vyslaným na dlouhodobý (roční) pracovní pobyt do SÚJV byl v listopadu 1956 I. Úlehla (v té době vědecký pracovník ÚJF ČSAV). Jako první z Fyzikálního ústavu ČSAV byl do Dubny vyslán aspirant V. Votruby J. Fischer. První větší (jedenáctičlenná) skupina československých pracovníků dorazila do Dubny v červnu 1957 (F. Bradna, M. Čihák, T. Fukátko, J. Habanec, B. Chalupa, M. Karmasin, M. Kuzmiak, B. Malý, M. Marek, A. Prokeš a J. Šinágl). Necelý rok po založení SÚJV, dne 28. ledna 1957 ústav navštívila také československá vládní a stranická delegace v čele s prezidentem A. Zápotockým.

Československá spolupráce s SÚJV se v následujících letech rozšiřovala co do počtu participujících pracovišť, pracovníků vysílaných na dlouhodobé pracovní pobyty i témat vzájemné spolupráce. V 60. letech se do spolupráce začala větší měrou zapojovat také fyzikální a elektrotechnická pracoviště v Bratislavě a v Košicích. Při budování infrastruktury a experimentálních zařízení SÚJV se uplatnily také výrobky československého průmyslu a firem (osobní automobily a autobusy, obráběcí a kopírovací stroje, nábytek, sklo a optika, elektronika aj.). Na postech vědeckého náměstka ředitele ústavu, náměstků ředitelů laboratoří a jako vedoucí pracovních týmů ústavu působila a na vrcholných vědeckých výsledcích ústavu se podílela řada dalších českých a slovenských odborníků. Prostřednictvím spolupráce s SÚJV se realizovala také spolupráce s dalšími vrcholnými vědeckými centry v zahraničí (včetně např. CERN).

Za dobu 65 let existence prošel SÚJV Dubna mnoha změnami, v nichž se odráží pokrok vědy i společenské proměny na úrovni členských států i mezinárodních vztahů. Česká a slovenská spolupráce s ústavem pokračuje dodnes, od roku 1993 jsou však členskými státy SÚJV Dubna samostatně Česká a Slovenská republika.

Emilie Těšínská,
Ústav pro soudobé dějiny AV ČR, v. v. i.

Aktuality

Symposium ISSCWR-10

V polovině března proběhl již desátý ročník mezinárodního sympozia ISSCWR (International Symposium on SuperCritical Water-Cooled Reactors), zaměřeného na vývoj superkritickou vodou chlazených reaktorů.

Jubilejní desátý ročník ISSCWR organizovaný Centrem výzkumu Řež s podporou mezinárodního fóra pro vývoj jaderných reaktorů IV. generace byl navzdory probíhající pandemii velmi úspěšný. I přes veškerá úskalí se letošního sympozia realizovaného formou videokonference účastnilo více než 80 registrovaných návštěvníků z 19 zemí světa, kteří si mohli vylisnout 33 prezentací, z nichž byla téměř třetina přednesena doktorandy napříč kontinenty i tématy.

SCWR patří mezi perspektivní koncepty reaktorů Gen IV díky vyšší účinnosti, ekonomice provozu a jednodušší konstrukci v důsledku jednofázového chladicího média přímo připojeného k systému přeměny energie. Nicméně chladicím médiem je superkritická voda (SCW), jež je díky svým vlastnostem velkou výzvou pro reaktorové designéry a materiálové inženýry.

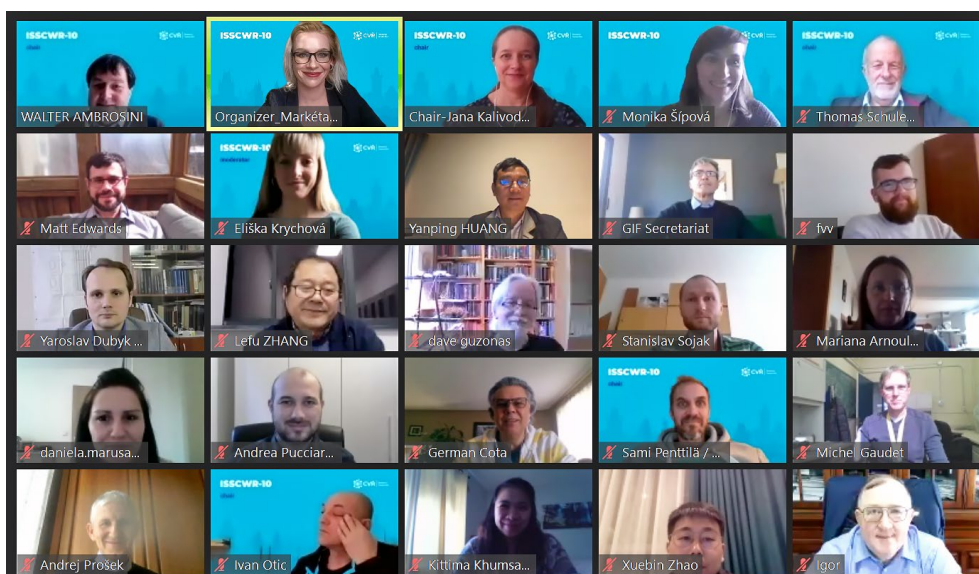
Právě materiálovou problematiku otevřela první prezentace o korozním praskáním, jehož predikce je velmi důležitá, podobně jako zvýšení korozní odolnosti materiálů v SCW prostřednictvím např. úpravy povrchu.

V oblasti termo-hydrauliky byly rozebírány přesnost a rozsah použitelnosti výpočetních programů, na jejichž vývoji se neustále pracuje a pro které je důležité precizně simulovat teoretické podmínky v konceptu SCWR a získat experimentální data použitelná pro validaci výpočetních programů.

Velkým tématem jsou aktuálně i malé modulární reaktory, o kterých bylo diskutováno i na ISSCWR-10. Právě ty totiž představují perspektivní variantu, jak realizovat konstrukci konceptu SCWR. Běžící projekt ECC-SMART, jehož je Centrum výzkumu Řež koordinátorem, řeší právě problematiku SMR-SCW.

Úspěšná realizace ISSCWR-10 podpořila stávající dobré vztahy v komunitě kolem SCWR a inspirovala k další experimentům, jež přispějí k prohloubení znalostí spojených s využíváním superkritické vody.

Monika Šípová



Nový jaderný zdroj Dukovany dosáhl významného milníku



Státní úřad pro jadernou bezpečnost vydal v souladu s ustanovením § 9 odst. 1 písm. a) zákona č. 263/2016 Sb., atomový zákon dne 8. března 2021 povolení k umístění dvou jaderných bloků v lokalitě Dukovany. Povolení nabylo ještě téhož dne právní moci a bylo zveřejněno na webových stránkách úřadu.

Žádost o povolení k umístění nového jaderného zdroje podala společnost Elektrárna Dukovany II, a. s. ze Skupiny ČEZ Státnímu úřadu pro jadernou bezpečnost před rokem. Samotná příprava dokumentace pro licenční řízení začala o pět let dříve, v roce 2015, a její součástí bylo přes 200 odborných studií, analýz a rozborů. Podklady k dokumentaci (více než 1 600 stran) zpracovávaly tři desítky odborníků ze společností Elektrárna Dukovany II, ČEZ a dalších institucí – například z Výzkumného ústavu vodohospodářského, Masarykovy univerzity, nebo ÚJV Řež.

Na posouzení žádosti spolupracoval tým inspektorů SÚJB, specialistů Státního ústavu radiační ochrany a dalších expertů. Správní řízení trvalo téměř rok. Byla při něm hodnocena Zadávací bezpečnostní zpráva a další, atomovým zákonem předepsané dokumenty – program systému řízení, záměr zajištění monitorování výпустů, rozbor možností zajištění fyzické ochrany, záměr zajištění zvládání

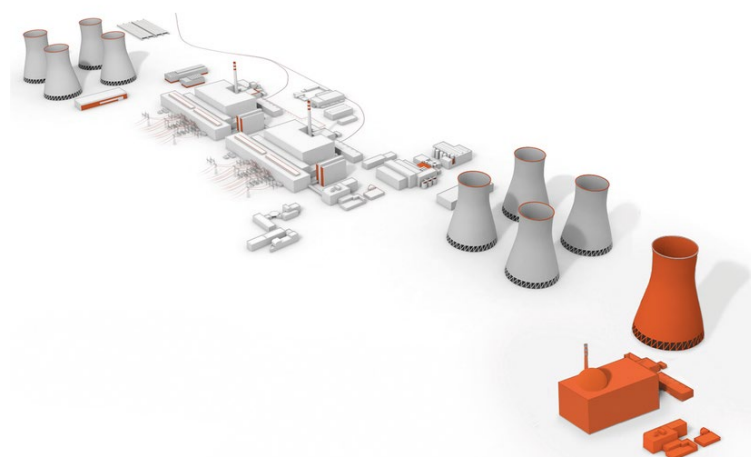
radiační mimořádné události a v neposlední řadě i koncepce bezpečného ukončení provozu. Všechny klíčové materiály jsou veřejně dostupné – Zadávací bezpečnostní zpráva, dokumentace týkající se aktuálně vydaného povolení i další materiály jsou k dispozici na webových stránkách společnosti ČEZ na adrese www.cez.cz/njz. „Z hodnocení žádosti nevyplýnuly žádné skutečnosti, které by vydání povolení bránily,“ uvádí na webu SÚJB předsedkyně úřadu Dana Drábová.

Předmětem vydaného povolení je umístění dvou jaderných zařízení, každého s jedním tlakovodním reaktorem, aktuální je stavba jednoho bloku o maximálním elektrickém výkonu do 1 200 MW.

Po získání povolení k umístění bloků dle atomového zákona by mělo následovat zahájení územního řízení podle stavebního zákona, plánované na červen letošního roku a také žádost o autorizaci k výrobě elektrické energie, o kterou požádá Elektrárna Dukovany II Ministerstvo průmyslu a obchodu.

Na kritické cestě projektu výstavby nového jaderného zdroje v lokalitě Dukovany ale leží zahájení výběru dodavatele. Finální rozhodnutí o tendru na stavbu nového bloku Jaderné elektrárny Dukovany bude na příští vládě. Termíny zahájení stavby v roce 2029 a uvedení nového bloku do zkušebního provozu v roce 2036 stále platí, jak uvedl v oznámení zaslaném ČTK vicepremiér a ministr průmyslu a obchodu a dopravy Karel Havlíček.

Aleš John



V příštím čísle zaměřeném na pokročilé technologie „štěpných“ reaktorů vám představíme společnost VUJE, dříve Výskumný ústav jadrových elektrární. V medailonku významných osobností zavzpomínáme na profesora Františka Duběška.

Seznámíme vás s evropskými projekty, ježky přispívajícími k vývoji reaktorů Gen IV, projekty malých moduliárních reaktorů a s vývojem superkritickou vodou chlazených reaktorů. Detailně se zaměříme na dva SMR projekty Skupiny ÚJV a proces transformace energetiky na bezemisní zdroje. Těžit se můžete na nový seriál o jaderných zdrojích pro vesmírné aplikace, další díl o vzniku a historii státního dozoru nad jadernou bezpečností, legislativní novinky a samozřejmě i na aktuální ty z oblasti jaderné energetiky.