

## Bezpečnost jaderných systémů v programu Euratom

*Podpora výzkumu bezpečnosti jaderných systémů prostřednictvím programu Euratom v programu Horizont 2020; analýza účasti zemí a institucí ve výzvě pracovního programu EURATOM v letech 2016 a 2017 v tématech zaměřených na bezpečnost jaderné energie na příkladu malých jaderných reaktorů*

Veronika KORITTOVÁ (korittova@tc.cz), národní kontakt pro energetiku a Euratom programu Horizont 2020, Technologické centrum AV ČR, Praha

Daniel FRANK (frank@tc.cz), národní kontakt pro hodnocení rámcových programů, Technologické centrum AV ČR, Praha

---

Deskriptory INIS: COORDINATED RESEARCH PROGRAMS; EURATOM; EUROPE; FISSION; HISTORICAL ASPECTS; INTERNATIONAL COOPERATION; MODULAR STRUCTURES; POWER REACTORS; REACTOR SAFETY

---

*Program Horizont 2020 – rámcový program pro výzkum a inovace – je největším programem Evropské unie na podporu vědy, výzkumu a inovací v období 2014 – 2020. Jaderná bezpečnost v jeho programu Euratom, tedy výzkumná problematika jaderných reaktorů, je pevnou součástí výzkumných témat uvedených v pracovních programech programu Euratom v období 2014 až 2018. Program Euratom sice vychází z jiné smlouvy, ale využívá pravidel rámcového programu Horizont 2020 a přispívá k pevné provázanosti a upevňování evropského výzkumného prostoru v oblasti jádra. Důležitá je zde role technologických platforem v oblasti jaderné energetiky. Článek detailně popisuje ukotvení problematiky výzkumu bezpečnosti jaderných systémů v programu Euratom a stručně prezentuje účast zemí a institucí v této oblasti v řešených projektech dle témat pracovního programu pro léta 2016 – 2017. Součástí článku je dílčí analýza vzájemných vztahů institucí v řešených projektech z hlediska spolupráce a jejich role ve výzkumných konsorciích z pohledu koordinace projektů. Zvláštní pozornost je věnována tématu týkajícího se bezpečnosti malých jaderných reaktorů, v rámci něhož je dosud realizován jeden projekt 755478 GEMINI Plus se spoluúčastí dvou českých výzkumných institucí Centra výzkumu Řež a ÚJV Řež.*

## 1. ÚVOD

Využití jádra jako zdroje energie pro zabezpečení energetických potřeb zejména obyvatelstva a průmyslu hraje bezesporu celosvětově významnou roli. K 1. červenci 2017 bylo ve 30 státech světa podle statistik WNA (*World Nuclear Association – Světová jaderná asociace*) v provozu 446 jaderných reaktorů s celkovou instalovanou kapacitou 391 315 MWe. Ve výstavbě je jich 59 ve 14 zemích. Plánuje se výstavba 160 reaktorů. Celkem se ve světě předběžně uvažuje o vybudování dalších 378 reaktorů, jejichž instalovaný výkon by měl dosáhnout asi 435 395 MW [1 dle 13]. V EU pochází z jaderných elektráren přibližně jedna třetina vyrobené elektrické energie. V rámci celé Evropy se jaderné elektrárny staví v Bělorusku, Finsku, Francii, v Rusku a na Slovensku, výstavba se připravuje v Bulharsku, České republice, Finsku, Litvě, Maďarsku, Polsku, Rumunsku, Rusku, Spojeném království, Turecku a Ukrajině [1]. Pro provoz jaderných elektráren a reaktorů je bezpečnost základním a prvořadým požadavkem. Jde o citlivé téma, které rezonuje v mnoha společenských kontextech. Přestože mají jaderné technologie v Evropě vynikající úroveň, je třeba pokračovat v dalším výzkumu s cílem zachovat vysokou úroveň bezpečnosti při provozu jaderných zařízení, včetně úpravy a dlouhodobého řízení nakládání s přidruženým radioaktivním odpadem.

Udržování vysoké úrovně bezpečnosti jaderných reaktorů a s nimi spojených palivových cyklů patří mezi deset akcí integrovaného strategického energetického technologického plánu (SET Plan), které mají urychlit transformaci energetického systému, vytvářet pracovní místa a přispívat k ekonomickému růstu [2].

## 2. PROGRAM EURATOM HORIZONT 2020

Podpoře špičkového evropského výzkumu a inovací slouží rámcové programy. V současném programovacím období se jedná už o osmý rámcový program, uváděný pod názvem Horizont 2020 [3]. Je určen pro sedmileté období,

pro léta 2014 až 2020, a jeho rozpočet je necelých 80 miliard €. Jeho integrální součástí je program Evropského společenství pro atomovou energii pro výzkum a odbornou přípravu (2014 – 2018) – (dále jen „Program EURATOM“) [4]. Ten je zároveň k programu Horizont 2020 komplementární, vzhledem k tomu, že vychází z jiné smlouvy než základní rámcový program, jehož základem je Lisabonská smlouva. Naproti tomu Smlouva o Euratomu je jednou z původních římských smluv [5]. Z toho vycházejí její určité odlišnosti, např. odlišná základní délka programu Euratom, která je pětiletá, tj. pro léta 2014 až 2018. V prosinci 2017 byl zveřejněn návrh nařízení Rady Evropské unie, který počítá s prodloužením programu EURATOM na období let 2019 – 2020 [6].

Odlišné jsou i tzv. asociované země, tj. země, které podepsaly asociční dohody o přistoupení k programu Horizont 2020, platí určité poplatky, ale i požívají stejné výhody při zapojování do programu a financování projektů jako země Evropské unie. Zatímco k základní části programu Horizont 2020 je od 1. 1. 2017 asociováno šestnáct zemí, k programu Euratom jsou asociovány země dvě, a to Švýcarsko a Ukrajina [7].

Obečným cílem programu Euratom je provádět výzkumné činnosti a odbornou přípravu s důrazem na průběžné zlepšování jaderné bezpečnosti, jaderného zabezpečení a radiační ochrany, a přispívat k dlouhodobé dekarbonizaci energetického systému [4]. K realizaci dochází prostřednictvím přímých a nepřímých akcí. Z celkového rozpočtu programu Euratom, který činí 1,603 mld. €, je 728 mil. € určeno pro nepřímé akce v oblasti fúze, necelých 560 mil. € na přímé akce, které realizuje Společné výzkumné středisko (JRC), a pouze 316 mil. € na nepřímé akce, zaměřené na jaderné štěpení, bezpečnost a radiační ochranu, a na úsilí o bezpečnou dekarbonizaci energetického systému. Jde o akce realizované prostřednictvím pracovních programů [4]. Mají celkem osm specifických cílů, přičemž výzkum podpory bezpečnosti jaderných systémů je jedním z nich. Akce jsou uskutečňovány formou projektů mezinárodní spolupráce, kde obecně platí požadavek

minimálně tři účastníků ze tří různých zemí Evropské unie nebo zemí asociovaných k programu Euratom, i když např. u koordinačních a podpůrných akcí stačí účastník jeden.

Nepřímé akce v oblasti štěpení jsou realizovány na základě pracovních programů, které vyhlašuje Evropská komise. Úvod pracovního programu zmiňuje politická východiska výzvy i spolupracující platformy Euratomu, které se podílely na formulaci témat. Dále obsahují výzvy k předkládání návrhů projektů. Témata jsou přesně stanovena (přístup shora dolů) a seskupena do tematických oblastí. Zadání tématu popisuje řešenou problematiku, její rozsah, předpokládaný rozpočet a očekávaný dopad projektu. Dalším údajem je typ projektu, což v Euratomu je nejčastěji výzkumná a inovační akce (RIA) nebo koordinační a podpůrná akce (CSA). V závěru výzvy je tabulka s celkovým rozpočtem tématu, což umožňuje odhadnout, kolik projektů bude financováno, a datum uzávěrky. Někdy následují doplňující podmínky. Podrobnější informace jsou součástí pracovního programu jako obecné dodatky.

Program EURATOM je v kontextu programu Horizont 2020 realizován prostřednictvím tří pracovních programů: dvou dvouletých (2014 – 2015) [8], (2016 – 2017) [9], a závěrečného jednoletého (2018) [10]. Konkrétní témata výzvy k podávání projektů pro období 2019 – 2020 zatím nejsou k dispozici. Témata jsou formulována ve spolupráci s technologickými platformami, které působí v dané oblasti jaderného výzkumu, např. Technologické platformy pro udržitelnou jadernou energii (SNETP) [11].

Témata spojená s oblastí malých jaderných reaktorů se objevila ve dvou posledních pracovních programech programu EURATOM, která uzavírají stávající programovací období. V prvním pracovním programu 2014 – 2015 tohoto programovacího období se téma malých jaderných reaktorů přímo neobjevilo. Proto se v následné analýze účasti zaměříme pouze na výsledky výzvy k podávání projektů obsažené ve druhém pracovním programu, tedy pro období 2016 – 2017, a to pouze na témata

z oblasti bezpečnosti jaderných reaktorů. Výzva pracovního programu na rok 2018 má uzávěrku až v září 2018, a výsledky tudíž nejsou k dispozici.

Problematiky malých jaderných reaktorů se v pracovním programu 2016 – 2017 přímo týkalo téma NFRP 4 „*Bezpečnost malých jaderných reaktorů*“ (*Research on the safety of small modular reactors*). Toto téma bylo zaměřeno na stanovení standardů pro malé jaderné reaktory v souladu s požadavky revidované směrnice pro jadernou bezpečnost jaderných zařízení. V dlouhodobém výhledu má přispět k flexibilitě výroby elektrické energie z jádra, při zachování nejvyšších bezpečnostních standardů. K realizaci a financování byl z tohoto tématu vybrán projekt 755478 GEMINI Plus, ([https://cordis.europa.eu/project/rcn/211038\\_en.html](https://cordis.europa.eu/project/rcn/211038_en.html)), jehož koordinátorem je polské Narodowe centrum badan jadowych, a do něhož jsou zapojeni rovněž dva účastníci z České republiky – Centrum výzkumu Řež a ÚJV Řež. Projekt byl zahájen v září 2017 a jeho ukončení se předpokládá v srpnu 2020.

## 2.1 Pracovní program programu Euratom 2014 – 2015

Aktivity programu byly rozděleny na pět částí zahrnujících šestnáct témat. V části jaderná bezpečnost jsou uvedena tři témata, s navrženým rozpočtem 27,8 mil. €. Další části se zaměřují na zacházení s radioaktivním odpadem (tři témata), radiační ochranu (jedno téma), jedno průřezové téma pro jaderné štěpení a radiační ochranu, a konečně podpora rozvoje kompetencí v oblasti jádra na úrovni Evropské unie a socioekonomické aspekty, což představuje celkem šest témat.

## 2.2 Pracovní program programu Euratom 2016 – 2017 (podrobnější analýza výsledků je uvedena dále)

Pracovní program pro toto období byl rozdělen do šesti částí. Témat bylo celkem čtrnáct. První část, Podpora bezpečnému fungování jaderných systémů, zahrnovala celkem pět témat. Zacházení s radioaktivním odpadem se věnují

tři témata, radiační ochranu řeší jedno téma, dvě témata jsou zaměřena na disponibilitu výzkumných reaktorů, jedno téma bylo vyhlášeno na podporu rozvoje kompetencí v oblasti jádra na úrovni Evropské unie a dvě témata jsou průřezová pro štěpení a fúzi.

### 2.3 Pracovní program Euratom 2018

Výzva pracovního programu na rok 2018 k podávání návrhů projektů na téma výzkum jaderného štěpení, fúze a radiační ochrany má datum otevření 15. května 2018 (tj. datum zpřístupnění formulářů pro předkládání návrhů projektů), s uzavěrkou 27. září 2018. Návrhy projektů mezinárodní vědecké spolupráce budou následně hodnoceny nezávislými experty podle předem stanovených kritérií.

Prostřednictvím Pracovního programu Euratom 2018 je implementován závěr pětiletého programu Euratom, doplňujícího program Horizont 2020. Aktivita programu jsou rozděleny na sedm částí tvořených celkem jedenácti tématy. V části jaderná bezpečnost jsou uvedena celkem čtyři témata, s vyčleněným rozpočtem celkem 16,9 mil. €. První téma se věnuje oblasti zlepšení strategií řízení havárií reaktorů II a III generace, druhé téma se týká vývoje modelů a hodnocení bezpečnosti reaktorů IV generace, čtvrté téma je zaměřeno na data pro modelování aplikací. Na výzkum bezpečnosti malých jaderných lehkovodních reaktorů je přímo zaměřeno téma NFRP-2018-3 (*Research on the safety of Light Water Small Modular Reactors.*). Jedná se o projekt typu výzkumná a inovační akce (RIA). Celkový rozpočet tohoto tématu činí 3,5 mil. €, což předpokládá financování jednoho až dvou projektů. Cílem tohoto tématu je stanovení minimálních požadavků pro testování konceptů malých jaderných reaktorů v souladu se směrnicí 2009/71/Euratom v průběhu následujícího desetiletí. Během výzkumu by rovněž měla být navržena metodologie testů souladu se zmíněnou směrnicí. Zároveň musí být alespoň 5 % rozpočtu projektu určeno na vzdělávání a školení pro PhD studenty, výzkumníky s kvalifikací PhD a pro účastníky školení.

### 2.4 Analýza účasti zemí a institucí v oblasti podpory bezpečného fungování jaderných systémů dle pracovního programu pro léta 2016 – 2017

Cílem analýzy je stručně prezentovat účast zemí a institucí v oblasti podpory bezpečného fungování jaderných systémů dle pracovního programu pro léta 2016 – 2017. Vzhledem k relativní uzavřenosti a vnitřní propojenosti výzkumné komunity ve výzkumu v oblasti jaderné bezpečnosti analýza identifikuje klíčové instituce a jejich vzájemné vztahy a vazby vyplývající ze spolupráce ve výzkumných konsorciích financovaných projektů.

Témata NFRP-1 až NFRP-5 [9] navazovala na priority Strategické výzkumné a inovační agendy (SRIA) Technologické platformy pro udržitelnou jadernou energetiku – SNETP [11]. Na tuto první sekci bylo v rozpočtu vyčleněno 55,5 mil. €. Všechna témata zde uvedená byla typu výzkumná a inovační akce (RIA). Vzhledem k uzavěrce, která byla 5. října 2016, jsou již k dispozici údaje o financovaných projektech, a proto bylo možné analyzovat účast a spolupráci zemí a institucí v těchto projektech. Přehled témat je uveden v *tab. 1*.

Uvedených pěti témat (NFRP 1 až 5), která jsou zaměřena na problematiku bezpečného provozu jaderných systémů v pořadí druhém pracovním programu Euratomu, se účastní **257** výzkumných týmů z **24** zemí a **133** institucí. Tvoří výzkumná konsorcia **14** projektů financovaných z programu H2020 Euratom. Největší zastoupení v daných projektech mají univerzity, resp. vysoké školy – HES (49 institucí) a instituce z privátního sektoru – PRC (rovněž 49 institucí). S odstupem je následují neziskové výzkumné organizace REC (30 institucí). Ostatní typy institucí (např. veřejné) se projektů Euratomu zaměřených na bezpečnost jaderných systémů účastní minimálně.

Celková požadovaná finanční podpora na řešené projekty dosahuje částky **59,7 mil. €**. Téměř 87 % této finanční podpory směřuje do států EU-15. Do Francie jako jaderné velmoci putuje více než 1/4 (26,5 %) objemu finančních prostředků. Francie, Německo, Belgie a Spojené

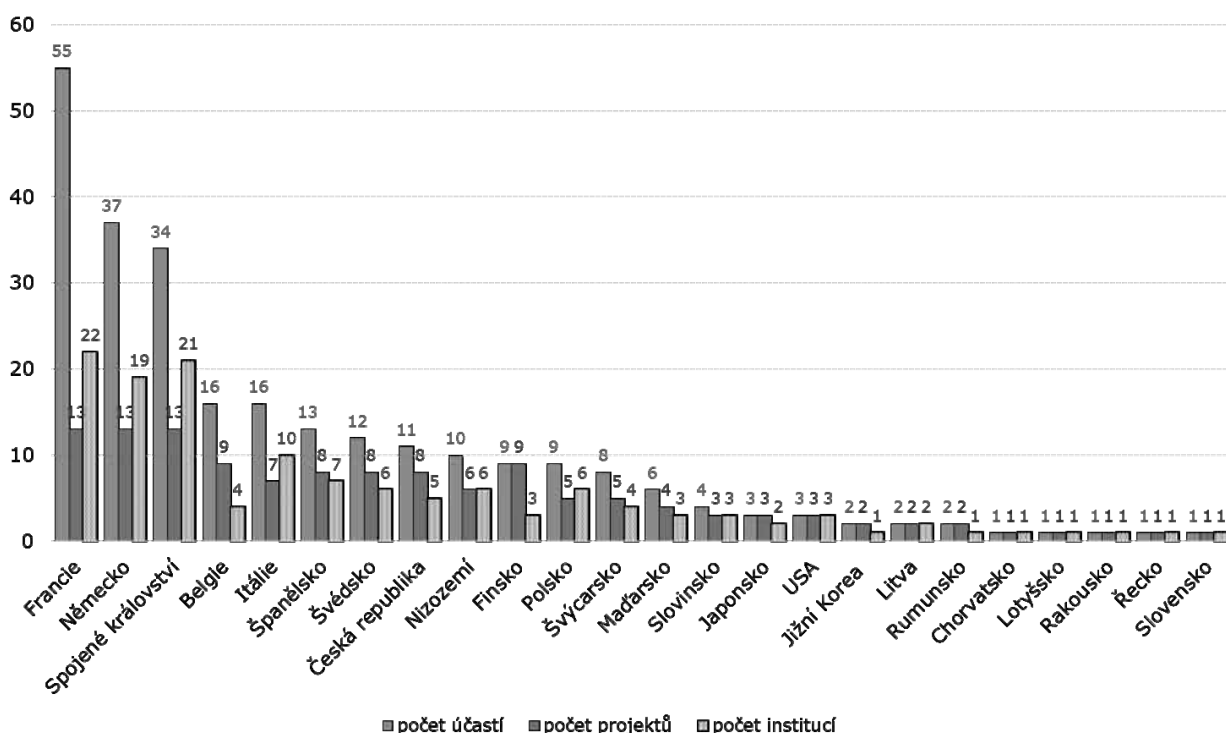


né království si dohromady připisují 2/3 finanční podpory. Většina výzkumných týmů (80 %) pochází z institucí, které mají své sídlo v některém ze států EU-15, 14 % výzkumných týmů je ze států EU-13 a zbylých cca 6 % účastí si připisují státy mimo EU jako Švýcarsko, USA, Jižní Korea a Japonsko. ČR se podílí na řešení 8 projektů z uvedených 14, což potvrzuje fakt, že má v rozvoji a využívání jaderné energetiky velmi dlouhou a úspěšnou tradici a dostatečné vzdělanostní a technické zázemí. Celkový výčet zemí s uvedením projektů a účastí v nich je uveden v *grafu 1*.

Státy EU-15 výrazně promlouvají i do koordinace řešených projektů. Ze 14 realizovaných projektů jich vysokoškolské a výzkumné instituce z těchto zemí koordinují 12, přičemž pět instituce se sídlem ve Francii. Ostatní dva projekty jsou vedeny institucemi ze Švýcarska a Polska. Na zvyšování bezpečnosti a spolehlivosti reaktorů II a III generace je zaměřeno 9 projektů (téma NFRP-1). V dalších tématech, která se týkají výzkumu bezpečnosti rychlých

reaktorů IV generace, výzkumu bezpečnosti uzavřeného palivového cyklu a vývoji paliv, výzkumu bezpečnosti malých jaderných reaktorů a výzkumu materiálů pro jaderné reaktory IV generace, je řešen vždy jeden projekt. Podrobný přehled projektů a jejich koordinátorů je uveden v *tab. 1*.

V každé oblasti řešené problematiky programu H2020 tj. i v souvislosti s projekty zaměřenými na podporu bezpečného provozu jaderných systémů, můžeme identifikovat instituce, které se zdají pro řešení těchto projektů z mnoha hledisek klíčové. Za obvyklé míry významnosti těchto institucí je považován počet projektů, kterých se dané instituce účastní, nebo počet projektů koordinovaných institucí. K těmto základním charakteristikám důležitosti institucí je vhodné v některých případech doplnit i aspekt jejich vzájemné spolupráce v daných projektech. Ostatně mezinárodní a institucionální spolupráce ve výzkumných konsorciích je základním pilířem podstaty a fungování programu H2020. Spolupráci jednotlivých institucí, které



*Graf 1 Počet účastí, projektů a institucí v zemích, které se účastní oblasti pro podporu bezpečného fungování jaderných systémů v tématech pracovního programu EURATOM 2016 a 2017*

*Zdroj: vlastní zpracování, eCORDA H2020 v. 10, datum zveřejnění dat: 20. 3. 2018 [12]*

Tab. 1

# Přehled řešených projektů a jejich koordinátorů v oblasti podpory bezpečného fungování jaderných systémů v tématech pracovního programu EURATOM 2016 a 2017

| Téma   | Název tématu                                                                        | Id projektu | Akronym      | Název projektu                                                                                                                                   | Uznatelné náklady projektu (mil. €) | Podpora z H2020 Euratom pro projekt (mil.€) | Počet účastníků projektu | Koordinátor projektu                                                                     | Země | Sektor | PIC       |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------|--------|-----------|
| NFRP-1 | Continually improving safety and reliability of Generation II and III reactors      | 740415      | IL TROVATORE | Innovative cladding materials for advanced accident-tolerant energy systems                                                                      | 5,419                               | 5,000                                       | 30                       | STUDIE CENTRUM VOOR KERNENERGIE/CENTRE D'ETUDE DE L'ENERGIE NUCLÉAIRE                    | BE   | REC    | 999986775 |
|        |                                                                                     | 754316      | CORTEX       | Core monitoring techniques and experimental validation and demonstration                                                                         | 5,462                               | 5,093                                       | 20                       | CHALMERS TEKNISKA HOEGSKOLA AB                                                           | SE   | HES    | 999980373 |
|        |                                                                                     | 754589      | ATLASplus    | Advanced Structural Integrity Assessment Tools for Safe Long Term Operation                                                                      | 7,146                               | 3,931                                       | 19                       | TEKNOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS VTT OY                                                        | FI   | REC    | 932760440 |
|        |                                                                                     | 755097      | McSAFE       | High-Performance Monte Carlo Methods for SAFETY Demonstration- From Proof of Concept to realistic Safety Analysis and Industry-like Applications | 3,140                               | 2,982                                       | 12                       | KARLSRUHER INSTITUT FUER TECHNOLOGIE                                                     | DE   | HES    | 990797674 |
|        |                                                                                     | 755151      | MEACTOS      | Mitigating Environmentally Assisted Cracking Through Optimisation of Surface Condition                                                           | 4,003                               | 2,551                                       | 16                       | CENTRO DE INVESTIGACIONES ENERGETICAS, MEDIOAMBIENTALES Y TECNOLOGICAS-CIEMAT            | ES   | REC    | 999614877 |
|        |                                                                                     | 755183      | TeaM Cables  | European Tools and Methodologies for an efficient ageing management of nuclear power plant Cables                                                | 5,512                               | 4,179                                       | 13                       | ELECTRICITE DE FRANCE                                                                    | FR   | PRC    | 999926829 |
|        |                                                                                     | 755330      | NOMAD        | Nondestructive Evaluation (NDE) System for the Inspection of Operation-Induced Material Degradation in Nuclear Power Plants                      | 4,881                               | 4,881                                       | 10                       | FRAUNHOFER GESELLSCHAFT ZUR FORDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.                     | DE   | REC    | 999984059 |
|        |                                                                                     | 755439      | NARSIS       | New Approach to Reactor Safety ImprovementS                                                                                                      | 5,471                               | 4,965                                       | 18                       | COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES                           | FR   | REC    | 999992401 |
|        |                                                                                     | 755500      | ADVISE       | ADVANCED Inspection of Complex StructurEs                                                                                                        | 4,546                               | 4,169                                       | 13                       | ELECTRICITE DE FRANCE                                                                    | FR   | PRC    | 999926829 |
| NFRP-2 | Research on safety of fast neutron Generation-IV reactors                           | 754501      | ESFR-SMART   | European Sodium Fast Reactor Safety Measures Assessment and Research Tools                                                                       | 9,911                               | 5,000                                       | 19                       | PAUL SCHERRER INSTITUT                                                                   | CH   | REC    | 999994923 |
| NFRP-3 | Investigating the safety of closed nuclear fuel cycle options and fuel developments | 755171      | GENIORS      | GEN IV Integrated Oxide fuels recycling strategies                                                                                               | 7,516                               | 5,000                                       | 24                       | COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES                           | FR   | REC    | 999992401 |
| NFRP-4 | Research on the safety of small modular reactors                                    | 755478      | GEMINI Plus  | Research and Development in support of the GEMINI Initiative                                                                                     | 4,410                               | 3,961                                       | 26                       | NARODOWE CENTRUM BADAN JADROWYCH                                                         | PL   | REC    | 999506722 |
| NFRP-5 | Materials research for Generation-IV reactors                                       | 754329      | INSPIRE      | Investigations Supporting MOX Fuel Licensing in ESNII Prototype Reactors                                                                         | 9,369                               | 3,998                                       | 14                       | COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES                           | FR   | REC    | 999992401 |
|        |                                                                                     | 755269      | GEMMA        | GEneration iv Materials MAturity                                                                                                                 | 6,625                               | 3,999                                       | 23                       | AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE | IT   | REC    | 999988521 |

Pozn.: HES – vysoké školy, univerzity; REC – výzkumné organizace (veřejná výzkumná centra, soukromé neziskové výzkumná centra, mezinárodní výzkumná centra); PRC – soukromé ziskové organizace, poradenské firmy, soukromá/komerční výzkumná střediska, s výjimkou zařízení vyššího nebo středního vzdělávání; PUB – veřejné subjekty (s výjimkou výzkumných organizací a center nebo vysokých škol); OTH – jiné (např. neziskové organizace, obchodní sdružení, organizace občanské společnosti, nevýzkumné soukromé neziskové organizace, mezinárodní nevýzkumné organizace atd.). Názvy témat a projektů jsou uvedeny dle zdroje dat v angličtině

Zdroj: vlastní zpracování, eCORDA H2020 v. 10, datum zveřejnění dat: 20. 3. 2018 [12]

se podílejí na řešení zmíněných realizovaných projektů, si lze snadno představit jako síť tvořenou institucemi a jejich vzájemnými vazbami. Vazba v tomto případě znamená spojení (výzkumnou spolupráci) dvou institucí v konkrétním projektu. Aspekt spolupráce pak můžeme jednoduše vyjádřit např. počtem partnerů, se kterými daná instituce spolupracuje v řešených projektech programu H2020, případně počtem společných projektů, kterých se konkrétní dvojice institucí účastní. Zpravidla platí, že instituce s největším počtem projektů jsou provázány s velkým počtem partnerů, a jsou tedy z hlediska spolupráce neaktivnější. *Tab. 2* prezentuje tímto způsobem určené významné instituce v tématu bezpečného provozu jaderných systémů. Uvedené instituce tvoří jádro sítě spolupráce velmi silně propojených institucí, které mají podstatný vliv na řešení financovaných projektů. Je zřejmé, že jde o instituce s větším počtem projektů. Naopak instituce, které se účastní menšího počtu projektů, resp. jednoho projektu, tvoří periferii této sítě. Pro zajímavost dodejme, že analyzované výzkumné konsorcium má v průměru 18 členů a průměrný počet spolupracujících partnerů pro jednu instituci je 31.

Jedná se o instituce, které a) se účastní alespoň pěti projektů nebo b) koordinují projekt nebo c) spolupracují s více než 60 partnery v projektech. Tabulka je řazena v pořadí dle a) počtu projektů, b) počtu partnerů v projektech c) dle abecedy.

Mezi klíčové instituce, které se účastní vybraných témat a projektů, patří evropští energetičtí giganti: ELECTRICITE DE FRANCE (EDF), která se zabývá výrobou a distribucí elektřiny z jaderných elektráren a jejich provozem, organizace COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES (CEA), zaměřená mimo jiné na jaderný výzkum v oblastech výroby elektrické energie s nízkou produkcí oxidu uhličitého, obrany a bezpečnosti, a JRC – JOINT RESEARCH CENTRE – EUROPEAN COMMISSION, které bylo založeno v roce 1957 za účelem poskytování evropských odborných poznatků v oblasti jaderné energie a časem se stalo rozsáh-

lým, rozmanitým a víceúčelovým výzkumným ústavem, který je zcela začleněn do Evropské komise. Ve všech třech případech se bezesporu jedná o významné organizace na poli jádra. Vždyť např. CEA měla v roce 2011 okolo 16 tisíc zaměstnanců, roční rozpočet 4,3 miliard €, a deset výzkumných center [14]. Mezi významné instituce se zařadil rovněž ÚJV ŘEŽ z ČR, který dlouhodobě patří k tahounům jaderného výzkumu v ČR.

Pokud se zaměříme na sílu vzájemných vazeb mezi jednotlivými dvojicemi spolupracujících institucí, tj. počet společných projektů dvou institucí, tedy na jakousi „bilaterální“ spolupráci institucí v řešených projektech, můžeme konstatovat, že nejsilnější vzájemnou vazbu mají mezi sebou dvě velké francouzské organizace, EDF a CEA, které spolupracují v deseti projektech. V sedmi projektech se v řešitelských konsorciích nacházejí společně výzkumné týmy z EDF a JRC. Pět až šest projektů má mezi sebou ještě 10 dvojic uvedených v *tab. 3*.

V tabulce jsou uvedeny pouze instituce s počtem společných projektů vyšším než 5. Společný projekt je definován jako projekt, v jehož výzkumném konsorciu se společně současně nacházejí výzkumné týmy dané dvojice institucí.

Není sporu, že výzkum financovaný programem EURATOM je klíčovým nástrojem na posílení kompetencí a znalostí bezpečnosti technologií jaderné energie. Výsledky uvedené dílčí analýzy nejsou nikterak překvapivé. Vybraných projektů a vybraných témat se víceméně účastní státy a instituce, které patří dlouhodobě k významným hráčům na poli jaderné energetiky a u kterých se účast v projektech mezinárodního jaderného výzkumu víceméně očekává. Účast evropských států ve vybraných tématech programu H2020 Euratom souvisejících s bezpečným fungováním jaderných systémů v zásadě logicky koresponduje s počtem jaderných zařízení resp. reaktorů, které se dle údajů WNA v těchto zemích nacházejí, ať už v provozním stavu nebo plánovaném stavu, příp. v rekonstrukci (korelace 0,83) [13]. Z tohoto důvodu je účast zemí, jako Francie, Spojené království (tyto země provozují dokonce několik desítek

Tab. 2

**Významné instituce v oblasti podpory bezpečného fungování jaderných systémů v tématech pracovního programu H2020 EURATOM pro roky 2016 a 2017.**

| Instituce                                                                                | Zkratka       | Sektor | Země | Status | Projekty | Partneři |
|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------|------|--------|----------|----------|
| COMMISSARIAT A L ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES                           | CEA           | REC    | FR   | EU-15  | 11       | 110      |
| ELECTRICITE DE FRANCE                                                                    | EDF           | PRC    | FR   | EU-15  | 11       | 106      |
| JRC -JOINT RESEARCH CENTRE- EUROPEAN COMMISSION                                          | JRC           | REC    | BE   | EU-15  | 8        | 94       |
| KARLSRUHER INSTITUT FUER TECHNOLOGIE                                                     | KIT           | HES    | DE   | EU-15  | 6        | 82       |
| INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE                                       | IRSN          | REC    | FR   | EU-15  | 6        | 80       |
| STUDIECENTRUM VOOR KERNENERGIE/CENTRE D'ETUDE DE L'ENERGIE NUCLÉAIRE                     | SCK CEN       | REC    | BE   | EU-15  | 6        | 76       |
| TEKNOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS VTT OY                                                        | VTT OY        | REC    | FI   | EU-15  | 6        | 57       |
| LGI CONSULTING SARL                                                                      | LGI           | PRC    | FR   | EU-15  | 5        | 70       |
| CENTRO DE INVESTIGACIONES ENERGETICAS, MEDIOAMBIENTALES Y TECNOLOGICAS-CIEMAT            | CIEMAT        | REC    | ES   | EU-15  | 5        | 65       |
| AREVA GMBH                                                                               | AREVA-G       | PRC    | DE   | EU-15  | 5        | 64       |
| ÚJV ŘEŽ, A. S.                                                                           | NRI           | PRC    | CZ   | EU-13  | 5        | 64       |
| PAUL SCHERRER INSTITUT                                                                   | PSI           | REC    | CH   | AC     | 5        | 56       |
| THE UNIVERSITY OF MANCHESTER                                                             | UO MANCHESTER | HES    | UK   | EU-15  | 4        | 68       |
| AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE | ENEA          | REC    | IT   | EU-15  | 4        | 47       |
| TECHNISCHE UNIVERSITAET DRESDEN                                                          | TUD           | HES    | DE   | EU-15  | 3        | 67       |
| NARODOWE CENTRUM BADAN JADROWYCH                                                         | NCBJ          | REC    | PL   | EU-13  | 3        | 54       |
| CHALMERS TEKNISKA HOEGSKOLA AB                                                           | CHALMERS      | HES    | SE   | EU-15  | 3        | 47       |
| FRAUNHOFER GESELLSCHAFT ZUR FOERDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.                    | FRAUNHOFER    | REC    | DE   | EU-15  | 3        | 28       |

*Pozn.: EU-15 – tzv. staré členské státy EU, tj. státy, které tvořily EU do 30. 4. 2004; tzv. nové členské státy EU, tj. státy, které vstoupily do EU 30. 4. 2004 a později; AC – asociované státy k programu EURATOM*

*Zdroj: vlastní zpracování, eCORDA H2020 v. 10, datum zveřejnění dat: 20. 3. 2018 [12]*



Tab. 3

**Vzájemná spolupráce institucí v projektech zaměřených na problematiku bezpečného fungování jaderných systémů v tématech pracovního programu H2020 EURATOM pro roky 2016 a 2017.**

| Institute 1                                                                   | Institute 2                                                          | počet společných projektů |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| ELECTRICITE DE FRANCE                                                         | COMMISSARIAT A L ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES       | 10                        |
| ELECTRICITE DE FRANCE                                                         | JRC -JOINT RESEARCH CENTRE- EUROPEAN COMMISSION                      | 7                         |
| KARLSRUHER INSTITUT FUER TECHNOLOGIE                                          | ELECTRICITE DE FRANCE                                                | 6                         |
| KARLSRUHER INSTITUT FUER TECHNOLOGIE                                          | COMMISSARIAT A L ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES       | 6                         |
| JRC -JOINT RESEARCH CENTRE- EUROPEAN COMMISSION                               | COMMISSARIAT A L ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES       | 6                         |
| KARLSRUHER INSTITUT FUER TECHNOLOGIE                                          | JRC -JOINT RESEARCH CENTRE- EUROPEAN COMMISSION                      | 5                         |
| ELECTRICITE DE FRANCE                                                         | STUDIECENTRUM VOOR KERNENERGIE/CENTRE D'ETUDE DE L'ENERGIE NUCLÉAIRE | 5                         |
| STUDIECENTRUM VOOR KERNENERGIE/CENTRE D'ETUDE DE L'ENERGIE NUCLÉAIRE          | JRC -JOINT RESEARCH CENTRE- EUROPEAN COMMISSION                      | 5                         |
| INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE                            | ELECTRICITE DE FRANCE                                                | 5                         |
| INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SURETE NUCLEAIRE                            | COMMISSARIAT A L ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES       | 5                         |
| CENTRO DE INVESTIGACIONES ENERGETICAS, MEDIOAMBIENTALES Y TECNOLOGICAS-CIEMAT | ELECTRICITE DE FRANCE                                                | 5                         |
| TEKNOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS VTT OY                                             | ELECTRICITE DE FRANCE                                                | 5                         |

*Zdroj: vlastní zpracování, eCORDA H2020 v. 10, datum zveřejnění dat: 20. 3. 2018 [12]*

jaderných reaktorů), Německo, Belgie, Španělsko, Švédsko, Česká republika a Švýcarsko, poměrně výrazná. Postupné uzavírání jaderných zařízení může mít na účast v projektech dopady v budoucnu. U řady evropských zemí (Francie, Slovensko, Maďarsko, Slovinsko, Belgie, Švédsko, Finsko Švýcarsko, Česká republika), které se v programu Euratom věnují řešení projektů pro bezpečné fungování jaderných systémů, zaznamenáváme rovněž významný podíl (30 % a více) jaderné energie na výrobě elektřiny [1]. Program Euratom se neomezuje pouze na evropské země, a proto ve výzkumných konsorciích nacházíme rovněž mimoevropské státy s vyspělým jaderným výzkumem jako USA, Japonsko, Jižní Koreu, které se mohou také

účastnit programu Euratom po splnění určitých podmínek, v řadě případů bez nároků na financování z programu Euratom.

Program Euratom v současnosti přispívá k uchování vysoké míry odbornosti v oblasti jádra, kterou Evropa v této chvíli disponuje. Lze očekávat, že jaderná energetika bude patřit ke klíčovým výzkumným oblastem také v následujícím rámcovém programu a to i přesto, že budoucnost jaderné energie provází řada problémů souvisejících s nadměrnou dobou výstavby a vysokými náklady na výstavbu a provoz jaderných zařízení, uskladněním jaderného odpadu či postoji veřejnosti k jaderné energetice zejména ve vztahu k její bezpečnosti.

Situaci v období po roce 2020 v jaderném výzkumu jistě ovlivní vystoupení Spojeného království nejen z Evropské unie, ale i ze Smlouvy o Euratomu, i když vědecká komunita Spojeného království deklaruje zájem pokračovat ve spolupráci v této oblasti. Dá se tedy i v této oblasti relativně ustálené spolupráce, vycházející z aktivit technologických platforem, očekávat určitá dynamika.

### Literatura a zdroje

- [1] ČEZ, a. s (2018): Jaderná energetika ve světě, dostupné na: <https://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/jaderna-energetika/je-ve-svete.html>
- [2] Towards an Integrated Strategic Energy Technology (SET) Plan: Accelerating the European Energy System Transformation, dostupné na: [https://setis.ec.europa.eu/system/files/integrated\\_set-plan/communication\\_set-plan\\_15\\_sept\\_2015.pdf](https://setis.ec.europa.eu/system/files/integrated_set-plan/communication_set-plan_15_sept_2015.pdf)
- [3] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU), kterým se zavádí Horizont 2020 – rámcový program pro výzkum a inovace, dostupné na: [https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/legal\\_basis/fp/h2020-eu-establishment\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/legal_basis/fp/h2020-eu-establishment_en.pdf)
- [4] NAŘÍZENÍ RADY (EURATOM) č. 1314/2013 o programu Evropského společenství pro atomovou energii pro výzkum a odbornou přípravu (2014–2018), který doplňuje Horizont 2020 – rámcový program pro výzkum a inovace, dostupné na: [http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/legal\\_basis/fp/h2020-euratom-establishment\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/legal_basis/fp/h2020-euratom-establishment_en.pdf)
- [5] SMLOUVA O ZALOŽENÍ EVROPSKÉHO SPOLEČENSTVÍ PRO ATOMOVOU ENERGIÍ (EURATOM), dostupné na: [http://www.euroskop.cz/gallery/2/757-smlouva\\_o\\_euratom.pdf](http://www.euroskop.cz/gallery/2/757-smlouva_o_euratom.pdf)
- [6] Proposal for a COUNCIL REGULATION on the Research and Training Programme of the European Atomic Energy Community (2019-2020) complementing the Horizon 2020 Framework Programme for Research and Innovation COM(2017) 698 final, dostupné na: [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:40244600-d6ab-11e7-a506-01aa75ed71a1.0013.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:40244600-d6ab-11e7-a506-01aa75ed71a1.0013.02/DOC_1&format=PDF)
- [7] Asociované země (Associated countries), dostupné na: [http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/grants\\_manual/hi/3cp/h2020-hi-list-ac\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/grants_manual/hi/3cp/h2020-hi-list-ac_en.pdf)
- [8] European Commission (2014), Euratom Work Programme 2014 – 2015 revised: [http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014\\_2015/euratom/h2020-wp1415-euratom\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014_2015/euratom/h2020-wp1415-euratom_en.pdf)
- [9] European Commission (2015), Euratom Work Programme 2016 – 2017: [http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2016\\_2017/euratom/h2020-wp1617-euratom\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2016_2017/euratom/h2020-wp1617-euratom_en.pdf)
- [10] European Commission (2017), Euratom Work Programme 2018; [http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2018-2020/euratom/h2020-wp1820-euratom\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2018-2020/euratom/h2020-wp1820-euratom_en.pdf)
- [11] Sustainable Nuclear Energy Technology Platform, na: <http://www.snetp.eu/>
- [12] Databáze Evropské komise: eCORDA H2020 v. 10, datum zveřejnění dat: 20.3.2018
- [13] World Nuclear Association (2018). World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements, dostupné na: <http://www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/world-nuclear-power-reactors-and-uranium-requirements.aspx>
- [14] <http://enpedie.cz/wiki/CEA>