

# Malé modulární reaktory

## Cesta, jak zajistit elektrickou energii při snížení investičních nákladů

Jana Žďárská

Fyzikální ústav AV ČR, Na Slovance 2, 182 21 Praha 8; zdarskaj@fzu.cz

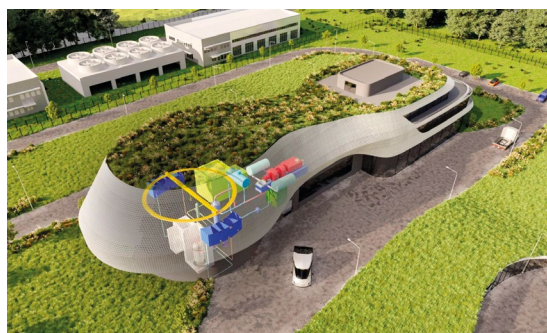
Malé modulární reaktory se jeví jako jedna z možností, jak do budoucna vyrábět elektrickou energii. Svou konstrukcí a možnostmi provozu by mohly nabídnout decentralizovanou produkci elektřiny za menší investiční náklady. Tyto reaktory mají oproti dosavadním velkým jaderným reaktorům větší pružnost provozu či větší efektivnost při výrobě elektrické energie. Mohly by se tedy stát zdrojem vysoko-potenciálního tepla a zajišťovat například centrální vytápění jednotlivých objektů či jejich skupin.

Energie „z jádra“ představuje efektivní zdroj energie, které lidstvo zná a dokáže jej využívat. Jedná se o zdroj výkonný, bezemisní a nízkouhlíkový. Ovšem vybudovat jadernou elektrárnu je velmi náročné, a to nejen z hlediska finančního, ale do hry zde vstupuje mnohem více faktorů – ať už se jedná o průzkum podloží, náklady na vytvoření jaderné lokality, požadavky na provoz jaderného zařízení, či vlastní investiční cenu bloku. Často je jedním z faktorů i nespokojenost obyvatel v blízkém okolí takové stavby, i když je provoz jaderné elektrárny neustále pod náročnou kontrolou a dozorem.<sup>1</sup>

Malé modulární reaktory SMR<sup>2</sup> jsou v nejobecnějším pojetí nové projekty jaderných reaktorů, které se od stávajících realizací liší výrazně menším výkonem, dosahujícím od jednotek megawattů (pak se jedná o tzv. mikroreaktory) až po výkon 300 MWe. Ing. Jiří Duspiva k tomu připomíná: „To je však pouze malá část toho, co je odlišuje od tradičních jaderných elektráren s výkonem v řádech vyšších stovek až takřka dvou tisíc MW elektrických, i když na první pohled nejvíce pat-

1 V. Havlíček, J. Žďárská: JE Temelín pod drobnohledem. Čs. čas. fyz. 70, 455–462 (2020).

2 Small Modular Reactors.



Obr. 1 Schéma reaktoru CR-100. Zdroj: XTEND



Obr. 2 Vizualizace konceptu reaktoru CR-100, který vyvíjí Centrum výzkumu Řež ze Skupiny ÚJV. Zdroj: XTEND

*ná. Ještě důležitějším aspektem, než je pouhý nižší výkon jedné jednotky, je vyšší důraz na zajištění jaderné bezpečnosti s využitím prvků pasivních nebo se zvýšenou spolehlivostí. Druhé slovo v názvu reaktoru – modulární – pak ukazuje na jednu z cest, jak tato zařízení udělat ekonomicky efektivnější. Tradičně jsou jaderné elektrárny stavěny na základě typizovaného projektu, který je upraven pro každou jednotlivou lokalitu. Modularita umožňuje výrobu logických celků technologie ve výrobní továrně za standardizovaných podmínek a pouze vzájemné propojení na staveništi. Tím se zvýší kvalita výroby a zkrátí čas výstavby.“*

Idea SMR oproti klasickým jaderným elektrárnám počítá s co nejvyšší standardizací projektu. Konečným cílem je výroba celého jaderného reaktoru v továrně. Ten si může koncový zákazník koupit jako produkt, jenž mu bude doručen. Odpadá tak náročná část výstavby na místě, která je nezbytná při výstavbě klasických jaderných reaktorů. „S drobnou nadsázkou by tuto změnu pro koncepty s nejvyšším stupněm modularity bylo možné přirovnat k rozdílu mezi klasickou stavbou rodinného domu na základě projektu od architektonic-



**Obr. 3** Pohled na areál Skupiny ÚJV v Řeži. Foto: Lukáš Slavík, Skupina ÚJV

ké kanceláře a nákupem mobile housu,“ vysvětluje Jiří Duspiva.

Z ekonomického hlediska je cílem malých modulárních reaktorů dosáhnout rychlejší návratnosti počáteční investice, která je vzhledem k jejich obecně menší velikosti a „sériové“ výrobě výrazně nižší než při stavbě bloku jaderné elektrárny s velkou reaktorovou jednotkou. Z hlediska bezpečnosti jsou projekty malých modulárních reaktorů zajímavé především svou pasivní bezpečností, založenou pouze na fungování fyzikálních principů, jako je gravitace nebo rozdíl teplot. Cílem SMR je praktické vyloučení možnosti těžké havárie s poškozením paliva. To v budoucnu umožní stavby a bezpečné provozování malých modulárních reaktorů i v zalidněných oblastech.

Jedním z konceptů malého modulárního reaktoru je HeFASTo – vývojový projekt ÚJV Řež, který řeší divize Jaderná bezpečnost a spolehlivost<sup>3</sup>. Za vlastní vývoj konceptu je konkrétně zodpovědná skupina vývoje reaktorů GENIV. HeFASTo je založen na technologii plynem chlazeného rychlého reaktoru (GFR<sup>4</sup>). Zásadním odlišením od tlakovodních reaktorů je štepná reakce na rychlých neutronech a vysokoteplotní charakteristiky chladiva – výstupní teplota z aktivní zóny dosáhne 900 °C. Celkový tepelný výkon zařízení bude 200 MW.

HeFASTo tak cílí zároveň i na možnost využití v chemickém průmyslu a efektivní výrobu vodíku. Jeho zásadní výhodou oproti plynem chlazeným grafitovým reaktorům (které nabízejí podobné teploty) je, že generuje minimum jaderného odpadu a umožňuje efektivní uzavření palivového cyklu, včetně využití plutonia z vodou chlazených reaktorů. Design HeFASTo je

3 Viz P. Vácha, S. Nývlt, R. Koryčanský: Projekt českého vysokoteplotního jaderného reaktoru HeFASTo. Čs. čas. fyz. 72, 177 (2022).

4 Gas-cooled Fast Reactor.



**Obr. 4** Tisková konference proběhla v konferenčním centru ÚJV Řež. Foto: Lukáš Slavík, Skupina ÚJV

založen především na maximální míře modularity a sázce na využití moderních materiálů. Naprostá většina komponent je navržena ve formě typizovaných částí do požadované formace, což výrazně sníží investiční náklady. Vysoká bezpečnost navrženého reaktoru je podpořena celou škálou inovativních pasivních bezpečnostních systémů.

S komerčním nasazením reaktoru se počítá hlavně v souvislosti s růstem poptávky po masové výrobě vodíku a také s potřebou zpracování nahromaděného vyhořelého paliva z lehkovodních reaktorů, tedy výhledově po roce 2040. V současné době už probíhá vývoj reaktoru v rámci tzv. předkoncepční fáze, prostor pro vstup strategického investora se očekává po roce 2025.



**Obr. 5** Po tiskové konferenci se konala exkurze na reaktor LR-O, který provozuje dceřiná společnost Centrum výzkumu Řež. Foto: Lukáš Slavík, Skupina ÚJV

Vývoj a zavádění malých modulárních reaktorů podporuje Mezinárodní agentura pro atomovou energii (MAAE). Jejich využití se uvažuje především v zemích s málo rozvinutou produkcí elektřiny. Průmyslově vyspělé země vyvíjejí malé jaderné reaktory zejména jako ekologickou a udržitelnou alternativu ke zdrojům spalujícím fosilní paliva a plyn. Výzkum ÚJV Řež se zaměřuje na malé jaderné reaktory tlakovodního typu, na reaktory chlazené roztavenými solemi a také na vysokoteplotní reaktory chlazené plynem.

Poděkování: Článek vznikl s podporou a ve spolupráci s ÚJV Řež a. s.

Ing. Jiří Duspiva se narodil v roce 1966. Je absolventem ČVUT Praha, Fakulta strojní, obor Tepelné a jaderné stroje a zařízení. Po ukončení studia nastoupil do ÚJV Řež, kde působil jako výzkumný pracovník v oblasti výzkumu těžkých havárií. Od roku 2012 je vedoucím oddělení Těžké havárie a termomechanika.

V ÚJV Řež zastával pozice řešitele národních projektů nebo jejich částí (MPO, TAČR, SÚJB) a mezinárodních projektů v rámci programů EC a projektech OECD/NEA, IAEA, kde rovněž působil v pozici externího specialisty/lektora nebo člena autorského týmu reportu o havárii na JE Fukušima. ÚJV Řež nebo ČR dlouhodobě zastupoval v Cooperative Severe Accident Research (program organizovaný US NRC, OECD NEA WGAMA) či stále zastupuje v řadě mezinárodních programů (OECD/NEA CSNI, SNETP GA, ESNI, V4G4 NoE). Dlouhodobě se také účastnil celé řady projektů pro řešení těžkých havárií v českých JE se specifickým zaměřením na JE Temelín.

V pozici manažera pro rozvoj podnikání v Centru výzkumu Řež pracuje od počátku roku 2023. Dlouhodobě je také členem ČNS, kde od roku 2014 působí jako viceprezident, od roku 2017 zastupuje ČNS v ENS. Je také členem ENS Board.

