

## Umíme v Česku postavit SMR?

Pojmem "malé modulární reaktory" (SMR – small modular reactors) označuje Mezinárodní agentura pro atomovou energii (IAEA) reaktory s výkonem do 300 MW, které lze stavebnicově vyrobit a následně zkompletovat na místě určení. Mohou fungovat samostatně i jako modulové součásti větších komplexů, kdy je výkon flexibilně navyšován až na požadovanou úroveň. U některých se počítá s fungováním v podzemí, a tak mohou být umístěny i v blízkosti obydlených oblastí.

### VYUŽITÍ SMR

Malé modulární reaktory mohou sloužit jako flexibilní alternativa ke klasickým jaderným elektrárnám. Škála jejich využití je poměrně široká: mohou zajistit výrobu vodíku, zkapalňování uhlí, odsolování mořské a podzemní vody v pouštních a hornatých krajích, či zásobování teplem v místech, kde se nachází permafrost. Výhodou tohoto typu reaktoru je možnost postavit jej i v odlehlých, izolovaných či řídko osídlených oblastech s nedostatečně robustní infrastrukturou a přenosovou sítí. Hodí se také do rozvojových zemí, kde je poptávka po elektřině značná, ale chybí potřebný kapitál a know-how k výstavbě klasických jaderných zdrojů.

### VÝHODY SMR

Předností malých reaktorů je především výrazně nižší cena v souvislosti s méně komplikovanou výstavbou. Ekonomičnost SMR tak představuje větší jistotu pro investory. Na rozdíl od stavby velkých reaktorů, u nichž se obrovské součástky vyrábějí kusově, čímž dochází k prodávám ve výstavbě, a tudíž k prodražení zakázky, představuje výstavba SMR menší riziko. Přitom jsou bezpečnostní a technické parametry malých reaktorů v podstatě srovnatelné s moderními reaktory 3. a vyšší generace. SMR představují jednu z cest, jak snížit emise CO<sub>2</sub>, jsou tedy z hlediska udržitelného rozvoje perspektivní alternativou ke klasickým jaderným zdrojům. Mohou tak významně zasáhnout do budoucího rozvoje jaderné energetiky ve světě.

### VÝVOJ SMR VE SVĚTĚ

Při výzkumu a vývoji SMR mohou vědci využít desítky let provozních informací z reaktorů používaných v ponorkách, letadlových lodích či ledoborcích. V posledních letech je možné vysledovat ve vývoji nových jaderných energetických reaktorů ve světě několik zřetelných trendů. Jaderné reaktory druhé generace, které jsou v současnosti v provozu, prochází postupnou inovací v souladu s postupným zvyšováním požadavků na jadernou bezpečnost a s rozvojem vědy a techniky.

Nové jaderné reaktory třetí generace a generace III+ jsou již ve výstavbě v několika zemích a lze očekávat, že postupně budou nahrazovat stávající reaktory druhé generace. Probíhají výzkumné a vývojové práce na reaktorech čtvrté generace, které by měly díky důrazu na dlouhodobou udržitelnost v oblasti zásobování energií, minimalizaci jaderných a radioaktivních odpadů, zlepšenou ekonomiku provozu, bezpečností a ochranou před zneužitím jaderných materiálů představovat zásadní změnu ve vývoji jaderných energetických reaktorů.

### PODPORA SMR VE VELKÉ BRITÁNII A USA

Velká Británie představila minulý rok ambiciózní plán pro jadernou inovaci. Cílem ministra financí George Osborna je udělat z Británie globálního leadera v oblasti inovativních nukleárních technologií. Do roku 2020 britská vláda na tento program vynaloží okolo 250 miliónů liber. Malé modulární reaktory v něm budou hrát klíčovou úlohu – Británie chce být jednou z prvních zemí, která vývoj SMR dovede do fáze výstavby. Tato nízkouhlíková energie představuje nižší počáteční investiční náklady ve srovnání s velkými konvenčními jadernými reaktory. Pro USA je **jaderná** energie důležitou součástí rozmanitého energetického portfolia. Ministerstvo pro energetiku (DOE) se zavázalo podporovat domácí jaderný průmysl – ať už rozmístováním bezpečných velkých jaderných reaktorů, a to ve Spojených státech i po celém světě, tak hledáním inovativních technologií. V současné době ministerstvo vyhlásilo nové granty, jejichž cílem je podpořit certifikaci konstrukce a licencování malých modulárních reaktorů. USA podporují SMR i z toho důvodu, že usilují o postupné zavedení nízkouhlíkové energetiky. Koncem roku 2016 by ministerstvo mělo mít k dispozici technickou analýzu slabých míst fungování jaderných elektráren v oblastech zajímavých pro SMR. Nové postřehy mají za cíl objasnit počet zaměstnanců potřebných k provozu zařízení a definovat další výzkumnou a vývojovou práci potřebnou pro vývoj SMR technologie. Jeden z amerických projektů SMR, NuScale, plánuje koncem letošního roku požádat regulační úřad NRC o certifikaci designu. Následně pak chce nejpozději v roce 2018 podat kombinovanou žádost o výstavbu a provoz prvního reaktoru.

### PERSPEKTIVA SMR V ČESKÉ REPUBLICCE

V České republice v nejbližších letech rozmach malých modulárních reaktorů nelze očekávat. Výroba elektřiny převyšuje poptávku, země má robustní přenosovou soustavu, jsme napojeni na evropské sítě, takže můžeme energii vyvážet i dovážet dle potřeby. Hlavní potenciál SMR pro Česko tedy tkví především v možnosti udržet pracně získané jaderné know-how. Státní energetická koncepce sice počítá s výstavbou dalších jaderných bloků, ale ta se rozběhne nejdříve za 10 až 15 let. Řada firem z oblasti jaderného inženýrství, chemického cyklu, strojírenství, systémech řízení apod., ale i výzkumu, si však nemůže dovolit tak dlouho čekat. Malé reaktory skýtají příležitost, jak české know-how uplatnit a zachovat do doby, až jej budeme sami potřebovat. Vzhledem k turbulencím ve světě energetiky je ale možné, že SMR najdou uplatnění v České republice dříve, než si nyní představujeme. Kde všude by se mohly objevit?

### NÁHRADA UHELNÝCH ELEKTRÁREN

V květnu 2015 oznámil ČEZ u příležitosti pařížské konference o emisích, že do roku 2050 z jeho výrobního portfolia zmizí všechny elektrárny na fosilní paliva, čímž se stane společností s nulovými emisemi. V současné době vyrábí ČEZ přes 60 % elektřiny z jádra. V celorepublikovém kontextu tvoří podíl jádra cca 35 %, zatímco uhlí (hnědé i černé) 47 % výroby elektřiny. Přístup ČEZ je v souladu s kroky největších světových ekonomik sdružených v G7 – také ty loni slíbily, že do konce století zcela vypustí uhlí z energetického mixu.

Podle výsledků tříleté studie ÚJV Řež a Fakulty jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT je náhrada uhelných elektráren malými reaktory technicky i ekonomicky uskutečnitelná. Autoři studie vycházeli z velmi konzervativních cen (megawatthodina elektřiny za 800 korun a teplo 250 Kč za gigajoule), přesto došli k návratnosti investice v rozmezí 12 až 15 let. Životnost reaktorů činí cca 40 let.

## VYUŽITÍ V TEPLÁRENSTVÍ

Stejně jako uhelné a plynové elektrárny, i ty jaderné mohou sloužit současně k výrobě elektřiny i tepla (tzv. kogenerace). V řadě zemí tímto způsobem reaktory zásobují okolní obce a města, např. v Maďarsku, Rusku, Švýcarsku či na Slovensku. Ve Švédsku v letech 1964 až 1974 zásobovala předměstí Stockholmu přímo **jaderná** teplárna Agesta (teplný výkon 80 MW). Ani v Česku není myšlenka využít jaderné reaktory primárně k výrobě tepla nijak nová. Již v roce 1979 vznikla na tehdejší ministerstvu průmyslu studie výstavby jaderné teplárny na Ostravsku, koncem 80. let se uvažovalo o jaderných teplárnách u Plzně. Nakonec se však z ekonomických i politických důvodů rozvíjely jen teplárny využívající fosilní paliva.

Současná situace, kdy postupně zásoby uhlí docházejí a navíc se minimalizují škodlivé emise, opět myšlenku využití jádra v teplárenství nahrává. Poměrně nedávno řešila budoucnost zásobování teplem např. Plzeň, ale také Liberec a Jablonec. Ve svých dlouhodobých plánech tato města vážně počítají i s variantou jaderné teplárny. Výhodou SMR je, že mohou být nainstalovány do stávající vybudované infrastruktury, popř. pro větší bezpečnost do 20 metrů pod zemí. Jednou za pět až deset let by proběhla výměna paliva. V případě zvýšení spotřeby lze reaktorové moduly přikoupit a paralelně připojit.

Dnes teplárny, elektrárny, závodní energetiky a plynové kotelny zásobují teplem asi 1,6 milionu českých domácností. Zhruba 55 procent tepla pro tuzemské byty se v teplárnách vyrábí z uhlí (přičemž na hnědé uhlí připadá necelých 50 %), třetina ze zemního plynu, zbytek pokrývá biomasa a druhotné zdroje energie (např. odpady, topné oleje apod.).

## LOKÁLNÍ PRŮMYSLOVÉ ZDROJE

Velké průmyslové areály a energeticky náročné výrobní jednotky (hutě, železárny, sklárny, rafinérie, textilky apod.) často z ekonomických, bezpečnostních i technických důvodů využívají vlastní energetické zdroje. Reaktory SMR mohou plnohodnotně tyto lokální zdroje nahradit nejen v oblasti výroby elektřiny, ale také tepla. Zkušenosti s dodávkami průmyslového tepla má řada světových jaderných elektráren.

Kanadská JE Bruce např. zásobuje závod na výrobu těžké vody, švýcarská JE Gosgen výrobu lepenky, Ruská JE Bilibino zase vyhřívá obrovské skleníky na zeleninu a květiny. Německá JE Stade v letech 1984 až 2003 dodávala páru do továrny na rafinaci soli. Po ukončení provozu elektrárny postupně utlumil výrobu i solivar. Ruský rychlý reaktor BN-350 na pobřeží Kaspického moře dodával v letech 1973-1998 elektřinu a páru do místního odsolovacího zařízení.

## SOUČÁST CHYTRÉ SÍTĚ (SMART GRIDS)

Vize budoucí energetiky počítá s odklonem od současné koncepce velkých zdrojů. Místo nich bude fungovat řada malých decentralizovaných jednotek, firmy i jednotlivé domácnosti budou dle potřeby fungovat jako spotřebitelé i jako dodavatelé energie. Zároveň dojde k rozvoji tzv. chytrých sítí (smart grids), které budou neustále monitorovat každou událost v síti a pružně na ni reagovat. Počítá se s velkým podílem obnovitelných zdrojů (především solární jednotky), což bude klást poměrně velké nároky na stabilitu sítě. Různé výkyvy budou vyrovnávat záložní zdroje s možností rychlého najetí – nyní tuto funkci plní např. přečerpávací vodní a plynové elektrárny. V budoucnu by je mohly doplnit i reaktory SMR. Oproti velkým reaktorům mají variabilnější výkon a rychlejší start. Navíc je možné mít jich v pozoru několik modulů a zapínat je postupně dle aktuální situace.

---

Aleš John, EventEra, s.r.o.

Reaktor Kapacita Firma  
CNP-300 300 MW Pákistan, CNNC, Čína  
PHWR-220 220 MW NPCIL, Indie  
EGP-6 11 MW Bilibino, Sibiř

Reaktor Kapacita Firma  
KLT-40S 35 MW OKBM, Rusko  
CAREM 27 MW CNEA Argentina & INVAP,  
HTR-HTR-200 PM, 2x105 MW Huaneng, INET, CNEC Čína &

Reaktor Kapacita Firma  
VBER-300 300 MW OKBM, Rusko  
NuScale 50 MW NuScale Fluor, Power USA +  
Westinghouse SMR 225 MW Westinghouse, USA  
mPower 180 MW Babcock Bechtel, & Wilcox USA +  
SMR-160 160 MW Holtec, USA  
ACP100 100 MW NPIC/CNNC, Čína  
SMART 100 MW KAERI, Jižní Korea  
Prism 311 MW GE-Hitachi, USA  
BREST 300 MW RDIPE, Rusko  
SVBR-100 100 MW AKME-Rusko engineering,

Reaktor Kapacita Firma  
EM2 240 MW General USA Atomics,  
VK-300 300 MW RDIPE, Rusko  
AHWR-300 LEU 300 MW BARC, Indie  
CAP150 150 MW SNERDI, Čína  
ACPR100 140 MW CGN, Čína  
PBMR 165 MW PBMR, Jižní Afrika

SC-HTGR (Antares) 250 MW Areva, Francie  
Xe-100 48 MW X-energy, USA  
Gen4 module 25 MW Gen4 (USA Hyperion),  
Moltex SSR c 60 MW Moltex, Británie Velká  
IMR 350 MW Mitsubishi Ind, Japonsko heavy  
TMSR-SF 100 MW SINAP, Čína  
PB-FHR 100 MW UC Berkeley, USA  
Integral MSR 32, 120, 288 MW Terrestrial Kanada Energy,  
Thorcon MSR 250 MW Martingale, USA  
Leadir-PS100 36 MW Northern Kanada Nuclear,

Do we know how to build an SMR in the Czech Republic? The International Atomic Energy Agency (IAEA) uses the term (SMR) or "small modular reactors" to describe reactors with a capacity of up to 300 MW that can be produced as modules and subsequently assembled at the destination site. They can function separately and as modular components for bigger complexes when the capacity can be flexibly increased to the required level. It is planned that some will function underground and can therefore be installed close to inhabited areas.

Foto: SMR v provozu

Foto: SMR ve výstavbě

Foto: Malé reaktory (od 25 MWe), pokročilý vývoj, uvedení do provozu v blízké době

Foto: Aleš John (autor článku) v rámci přednášky na konferenci Malé jaderné reaktory (11. 2. 2016, Praha)

Foto: Malé reaktory (od 25 MWe) v rané fázi vývoje