



ÚJV Řež, a. s.

Divize  ENERGOPROJEKT PRAHA

Vývoj malých modulárních reaktorů v rámci skupiny ÚJV

Ing. Filip Vobr

ÚJV Řež, a. s. – Divize ENERGOPROJEKT Praha (ÚJV-EGP)

Malé modulární reaktory (SMR) jsou v zemích se silnou tradicí jaderné energetiky vyvíjeny s úmyslem snížit investiční náročnost zejména zkrácením výstavby, možným zjednodušením některých požadavků bez zhoršení bezpečnostních charakteristik, variabilitou a modulární výrobou a významným zvýšením účinnosti kogenerací, čímž představují zdroj tepla a elektrické energie pro obyvatelstvo a průmyslové podniky.

Česká republika má ve světě jaderných energetických technologií unikátní postavení dané svojí tradicí, znalostním prostředím, výrobními kapacitami a podporou obyvatelstva. V České republice je v současnosti vyvíjeno 5 malých modulárních reaktorů, tři jsou vyvíjeny skupinou ÚJV. Jedná se o tlakovodní projekt CR-100, plynem chlazený reaktor HeFASTo a solemi chlazený reaktor Energy Well.

CR-100

Skupina ÚJV připravuje projekt malého lehkovodního reaktoru CR-100 o výkonu 100 MWt cíleného na kogeneraci elektřiny a tepla. Výkonová hladina je zvolena z důvodu optimálního využití, především v teplárenství při zachování stávající infrastruktury centrálního zásobování teplem (CZT). Uživatelem mohou být zejména výrobní podniky střední velikosti nebo komunity velikosti krajských nebo větších okresních měst, pro které může být zajištěna dodávka tepla a elektřiny pro cca 6 – 7 tisíc domácností. Projekt CR-100 je optimálním řešením pro náhradu uhelných zdrojů při zajištění snížení emisí CO₂ o 160 000 t za rok.

Základním prvkem projektu je tlakovodní reaktor s primárním okruhem s nucenou cirkulací a vertikálním parogenerátorem. Bezpečnostní systémy jsou řešeny jako pasivní, nebo jako aktivní se zvýšenou spolehlivostí, pro zajištění požadované spolehlivosti a jaderné bezpečnosti. Díky tomu je dosažena velmi nízká míra rizika ohrožení okolí zařízení, a proto není nutné vytyčovat vnější zónou havarijního plánování s předpokladem pro snadné umístění do teplárenských lokalit v blízkosti osídlení.

Díky využití známé tlakovodní technologie je dosaženo minimálního nutného zásahu do české legislativy pro licencování. Volbou ověřené lehkovodní technologie je i zajištěno maximální možné zapojení českého průmyslu. Dle již ověřených informací je jisté, že všechny komponenty, včetně tlakové nádoby, zvládnou dodat tuzemští výrobci.

Reaktor obsahuje 37 palivových souborů analogických VVER-1000 o aktivní délce palivové části 1,45 m, které zajišťují 4letý nepřetržitý palivový cyklus. Regulace reaktivity probíhá pomocí regulačních orgánů ve formě klastrů a pomocí zvýšeného množství vyhořívajících

ÚJV Řež, a. s., Hlavní 130, Řež, 250 68 Husinec, Česká republika

tel.: +420 227 133 313

Zápis v obchodním rejstříku vedeném Městským soudem v Praze

fax: +420 227 133 340

oddíl B, vložka 1833, IČ: 46356088, DIČ: CZ46356088

www.ujv.cz

Pracoviště: **Divize ENERGOPROJEKT PRAHA**

Na Žertvách 2247/29, 180 00 Praha 8

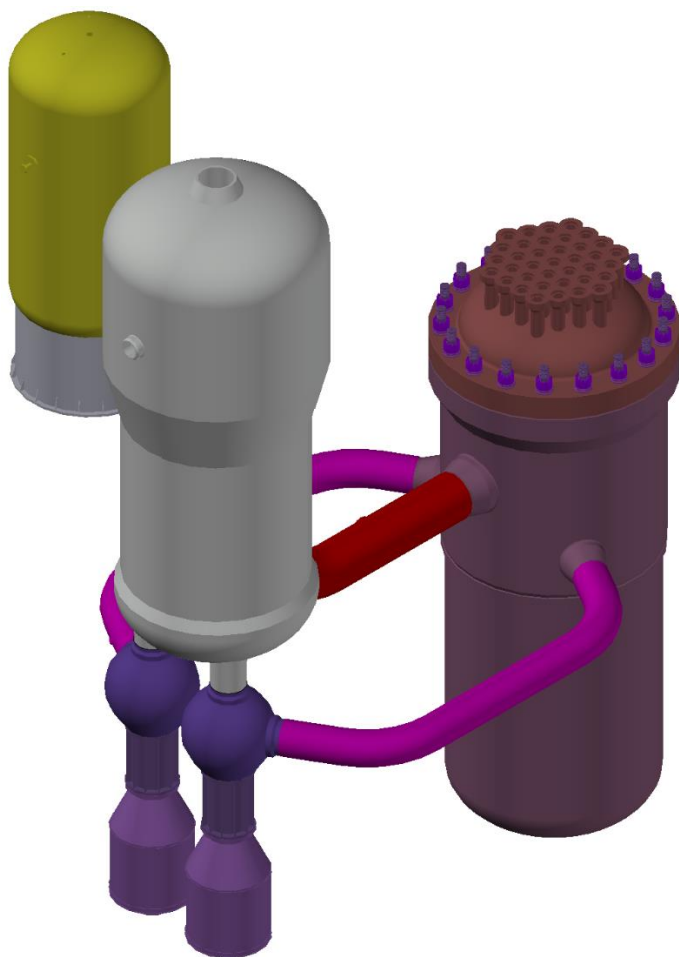


absorbátorů. K dlouhodobé regulaci reaktivity není využívána kyselina boritá (boron-free operation).

Sekundární okruh je klasický Rankinův–Clausiusův tepelný oběh s odběrovou turbínou pro dodávky tepla do systému CZT umožňující i čistě kondenzační provoz s nulovými dodávkami tepla pro CZT. Terciární okruh bude koncepčně navržen podle vodohospodářských podmínek vybrané lokality, v podobě mokrého nebo suchého chlazení.

Vyvedení elektrického výkonu bude realizováno do místní distribuční soustavy v dané lokalitě. Dodávky tepla povedou do stávající teplárenské soustavy CZT. Při kogeneraci je účinnost zařízení zhruba dvojnásobná stávajícím velkým jaderným blokům (60 %, poměrem 1:1 teplo a elektřina). Další cestou alternativního využití vyrobené energie může být produkce vodíku.

Obrázek 1: Primární okruh projektu CR-100





Obrázek 2: projekt CR-100



HeFASTo

HeFASTo je konceptem modulárního jaderného reaktoru založeného na technologii plynem chlazeného rychlého reaktoru. Ten kombinuje výhody jaderných reaktorů s rychlým spektrem neutronů s vysokou výstupní teplotou chladiva. Z hlediska Skupiny ÚJV navazuje koncept na dlouhodobé zkušenosti s vývojem reaktorů čtvrté generace a na mezinárodní projekt demonstrační elektrárny ALLEGRO.

Celkový tepelný výkon zařízení bude 200 MWt s výstupní teplotou z aktivní zóny až 900°C. Koncept tak cílí zároveň i na aplikaci v chemickém průmyslu a efektivní výrobu vodíku. Jeho zásadní výhodou oproti plynem chlazeným grafitovým reaktorům (které nabízí podobné teploty) je, že generuje minimum jaderného odpadu a umožňuje efektivní uzavření palivového cyklu.

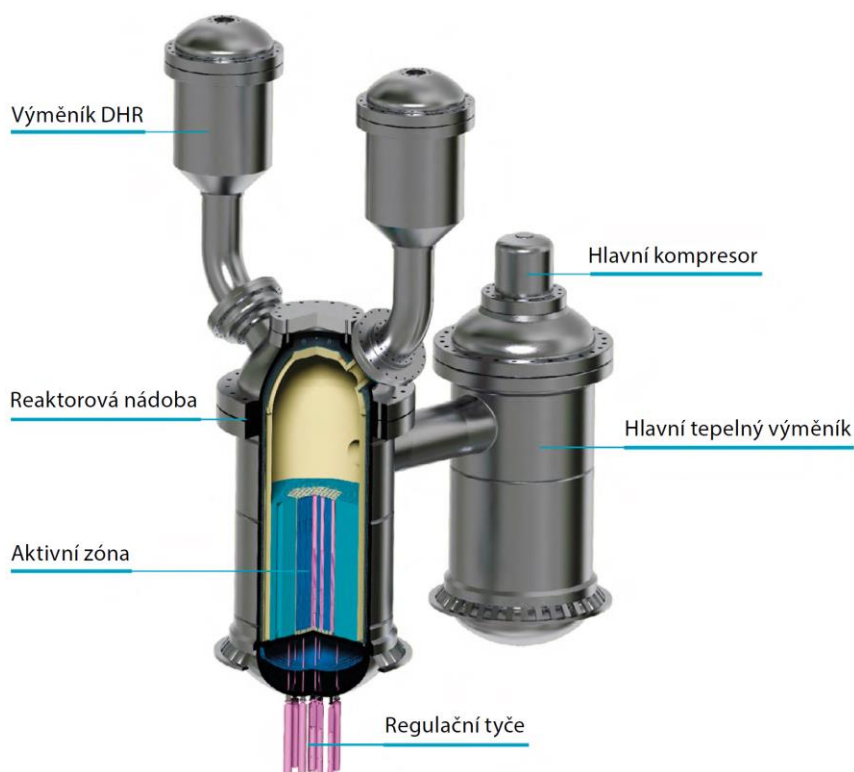
Vysoká bezpečnost navrženého reaktoru je podpořena celou škálou inovativních pasivních bezpečnostních systémů, které fungují výhradně na základě fyzikálních jevů jako je např. gravitace nebo rozdíl tlaků.

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.

Jakkoliv nyní dominují jaderné energetice velké lehkovodní reaktory s otevřeným palivovým cyklem, umožňuje vývoj odolnějších materiálů a inovativních výrobních postupů oživit myšlenku použití rychlých reaktorů pro úplné uzavření palivového cyklu.



Obrázek 3: Schéma primárního okruhu projektu HeFASTo



Tabulka 1: Základní parametry projektu HeFASTo

Parametr	Hodnota	Jednotka
Tepelný výkon	200	MWt
Vstupní / výstupní teplota AZ	450 / 900	°C
Chladivo I.O.	He	-
Tlak I.O.	7,5	MPa
Chladivo II.O.	N ₂ + He	-
Tlak II.O.	8,0	MPa
Palivo	UC nebo (U,Pu)C	-
Obohacení paliva	UC – 19,5 (U,Pu)C – 30	%
Palivová kampaň	5	Let



Energy Well

Centrum výzkumu Řež a ÚJV Řež pracují na vývoji své vlastní koncepce malého modulární mikro-reaktoru o tepelném výkonu 20 MWt s názvem Energy Well (EW). Jedná se reaktor IV. generace chlazený tekutými solemi – směs fluoridů lithia a beryllia (Flibe). Projekt EW je založen především na maximální míře modularity a sázce na využití moderních materiálů. Naprostá většina komponent je designována ve formě typizovaných částí, u kterých se počítá s výrobou v továrně, v místě výstavby budou tyto moduly pouze sestaveny do požadované formace, což výrazně sníží investiční náklady.

Kombinace dlouhé životnosti, snadné transportovatelnosti, jednoduché konstrukce se silným zaměřením na bezpečnost má široký rozsah použití. Mikro-reaktor EW cílí zejména na dodávku tepla a elektřiny do měst, průmyslu a na využití v odlehlých oblastech. Hlavní vlastnosti projektu EW:

- snadná transportovatelnost – všechny tři okruhy (primární, sekundární i terciární) lze přepravovat jako oddělené jednotky/moduly,
- systém pracuje pod atmosférickým tlakem,
- robustní pasivní bezpečnost (tři nezávislé systémy) podporovaná vlastnostmi chladiva,
- po ukončení jedno-vsázkové palivové kampaně dojde k výměně reaktorové nádoby i s palivem,
- terciální okruh je tvořen Ericsson–Braytonovým oběhem s využitím CO₂ za jeho superkritických parametrů,
- primární okruh je celý umístěný pod zemí.

Tabulka 2: Základní parametry projektu EW

Parametr	Hodnota	Jednotka
Tepelný výkon	20	MWt
Vstupní / výstupní teplota AZ	650 / 700	°C
Chladivo I.O.	FLiBe	-
Chladivo II.O.	NaFNaB	-
Chladivo III.O.	Superkritický CO ₂	-
Tlak I.O. / II.O.	Atmosférický	-
Palivo	TRISO	-
Obohacení paliva	15	%
Palivová kampaň	7	Let





Obrázek 4: Primární a sekundární okruh projektu Energy Well

