

# Allegro – projekt výstavby demonstrátora a spolaživé výskúšanie technológie inovatívneho, plynom chladeného, rýchleho reaktora



Cieľom projektu ALLEGRO je výstavba demonstrátora a spolaživé výskúšanie technológie inovatívneho, plynom chladeného rýchleho reaktora (Gas Cooled Fast Reactor - GFR). Navrhovaný demonstrátor by bol zároveň prvým rýchlym, plynom chladeným reaktorom, ktorý bol kedy postavený. Cieľom projektu je preukázať životaschopnosť nových technológií, vytváraného konceptu paliva, palivových častí, chladenia hélia a špecifických bezpečnostných systémov, so špecifickým dôrazom na systém odvodu zvyškového tepla. Od demonstrátora sa očakáva kvalifikácia použiteľnosti týchto technológií a demonštrácia schopnosti ich vzájomnej funkčnej spolupráce a previazanosti do reprezentatívneho systému. [1]

## 1. KONCEPT PROJEKTU

Koncept rýchleho reaktora (GFR) spája benefity rýchleho spektra neutrónov, vysokých prevádzkových teplôt (do 850°C) a požitie hélia ako primárneho chladiva aktívnej zóny (AZ).

Vysoká teplota chladiva umožňuje dosiahnutie vysokého konverzného faktora (účinnosti 43-48%) pri premene energie a otvára možnosti nových aplikácií tejto jadrovej technológie. Využitie nájde napríklad v metalurgii, produkcii vodíka alebo syntéze uhlíkovodíkových palív, či všade tam, kde je potrebný vysokoteplotný priemyselný zdroj. Koncept GFR sa preto sústreďuje na možnosť kogeneračného nasadenia v priemyselných podmienkach dlhodobej a spolaživé prevádzky.

Hoci vývoj rýchlych reaktorov najviac pokročil pri použití sodíka ako chladiva primárneho okruhu, ponúka koncept plynom chladeného rýchleho reaktora, na rozdiel od sodíka, nasledovné výhody:

- Chemická kompatibilita plynného chladiva s vodou a vyhnutie sa potrebe vložených okruhov chladenia. Hélioium všeobecne nespôsobuje degradáciu ani krehnutie konštrukčných materiálov.
- Zanedbateľná aktivita chladiva.

- Optická transparentnosť, zjednodušená manipulácia s palivom, či vizuálna kontrola závažky AZ.
- Predchádzanie fázovým zmenám chladiva v AZ, bez potenciálne prudkých zmien reaktivity a tepelných tokov z paliva v havarijných podmienkach.
- Potlačenie kladného "void efektu", ktorý je pre sodík typický.
- Dosiahnutie tvrdšieho neutrónového spektra, ktoré zvyšuje množivé vlastnosti reaktora a zlepšuje využitie paliva.

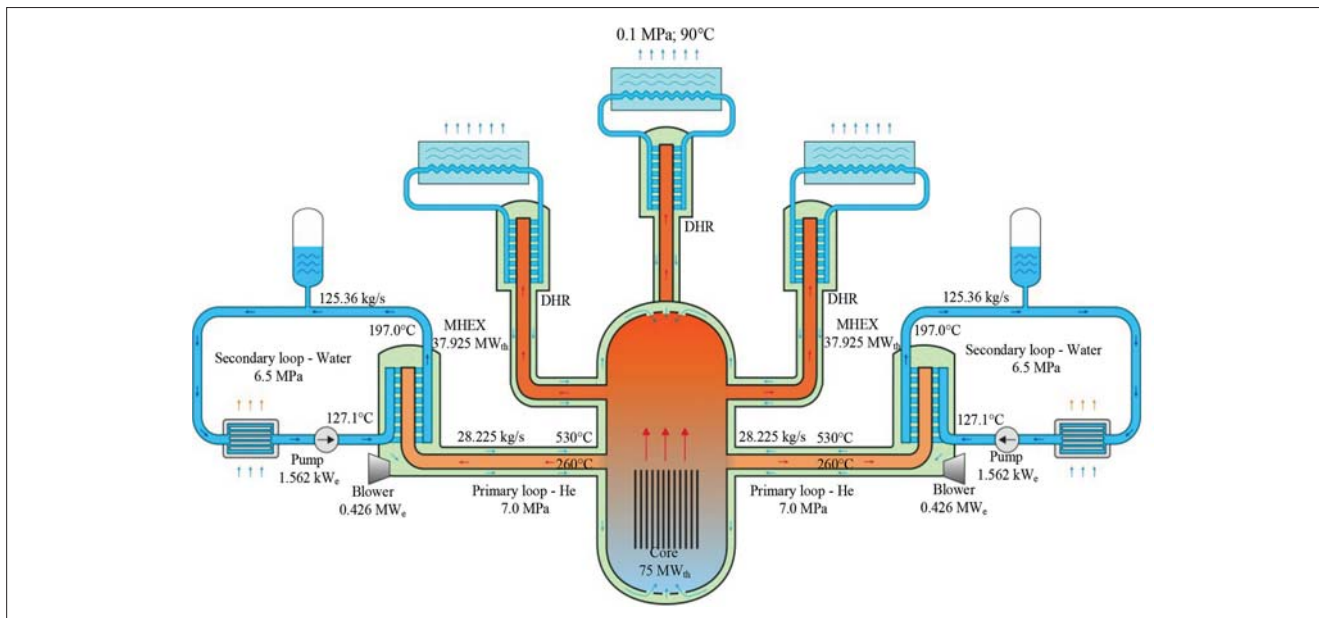
## 2. CEA

Základný technický koncept navrhovaného demonstrátora vychádza z konštrukcie CEA a je charakteristický dvoma hlavnými cirkulačnými slučkami s celkovým tepelným výkonom 75 MW<sub>th</sub> [1]. Odvod tepla z primárnej časti je realizovaný pomocou sekundárnej slučky, pri použití vody (pod zodpovedajúcim tlakom) ako teplotného média. Táto voľba umožňuje využitie technologickej základne héliovo-vodných tepelných výmenníkov, a to aj v prípade projektovaných vysokých teplôt na výstupe z AZ. Teplu je nakoniec odvádzané pomocou tepelných výmenníkov voda-vzduch do atmosféry.

V prípade navrhovaného demonstrátora sa v prvom kroku neprojektuje žiadne technologické zariadenie pre jeho konverziu. Prevádzková schéma zariadenia je uvedená na obr. 1., pričom reprezentuje termodynamické parametre očakávané pre závažku AZ pomocou paliva MOX. Predpokladá sa, že toto počiatočné palivo bude nahradené palivom s pokročilejším, keramickým materiálom pokrytia, pričom na výstupe z AZ bude dosahovaná teplota 850°C.

### 2.1 Aktívna zóna reaktora ALLEGRO

Ako už bolo naznačené, očakáva sa, že počas svojej prevádzky bude demonstrátor ALLEGRO využívať rozdielne závažky AZ. Na začiatku sa predpokladá použitie aktívnej zóny s palivom "MOX" vyrobeným podľa súčasných technologických štandardov. Alebo spôsobom blízkym súčasným technológiám (MOX rúrkové zväzky s kovovým pokrytím). Predpokladá sa použitie MOX palivových tabliet a pokrytia oceľovým pokrytím 15-15 Ti s navíjaným dištančným drôtom, oddelujúcim jednotlivé palivové rúrky, vyvinutým pre sodíkom chladené rýchle reaktory. Pre závažku AZ palivom MOX bude teplota na výstupe z AZ 530°C. Prvá závažka



Obr. 1 – CEA koncept zariadenia ALLEGRO: Schéma primárnej a sekundárnej časti s DHR

AZ bude mať 81 palivových súborov a 6 experimentálnych súborov, pre skúšky nového, keramického paliva, obr. 2.

Experimentálne palivové súbory budú na báze keramických materiálov (zmes U-Pu karbidov v matrici s SiCf/SiC pokrytím). Budú slúžiť pre experimentálne overenie a kvalifikáciu nového palivového konceptu, ako aj pre celkové overenie konštrukcie plynom chladeného rýchleho reaktora pri prevádzke vo vysokoteplotných podmienkach (850°C).

Použitie keramického materiálu pokrytia poskytuje väčšie bezpečnostné rezervy než ocel' 15-15 Ti, nakoľko si keramický materiál lepšie zachováva mechanické vlastnosti pri vyšších teplotách.

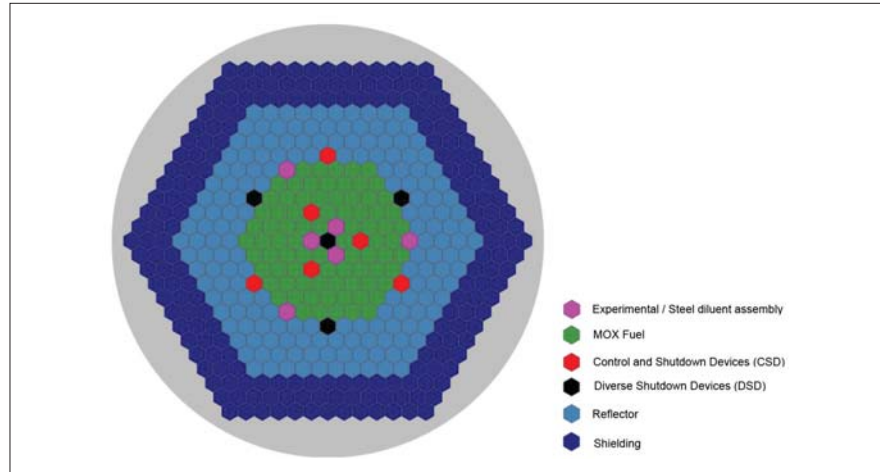
### 3. AKTIVITY VUJE V PROJEKTE ALLEGRO

#### 3.1 Zriadenie centra "V4G4 Centre of Excellence"

Organizáciu projektu výstavby technologického demonštrátora ALLEGRO zabezpečujú štyri organizácie na základe Memoranda o porozumení, podpísaného v roku 2010. Štyri výskumné organizácie regiónu V4, (ÚJV Řež, a.s., Česká republika, MTA EK, Budapešť, Maďarsko, NCBJ, Świerk, Poľsko a VUJE, a.s., Trnava, Slovenská republika) sa dohodli na zriadení centra "V4G4 Centre of Excellence" (V4 CoE) pre spoločný výskum problematiky a rozvoj a inovácie v oblasti 4. generácie jadrových reaktorov, medzi ktoré demonštrátor ALLEGRO patrí. Novo vzniknutá asociácia "V4G4 CoE" bola verejnosti predstavená na Maďarskej akadémii vied, 18. júla 2013 [4].

Podpora súčasne prevádzkovaných blokov a najmä predlžovanie ich životnosti, s dôrazom na najvyššiu možnú úroveň bezpečnosti zostáva prvoradou prioritou všetkých zakladajúcich členov asociácie. Ich hlavných prioritou pre budúcnosť prevádzky a rozvoj jadrovej energetiky zariadení sa však stáva vývoj rýchlych reaktorov štvrtej generácie. Táto nová generácia reaktorov musí naplniť požiadavky kladené na spoľahlivý zdroj energie pri zachovaní najvyšších bezpečnostných štandardov. V4G4 CoE sa sústreďuje na:

- Výskum kľúčových aspektov, týkajúcich sa najmä bezpečnosti, a získavanie experimentálnych výsledkov za účelom prípravy a rozvoja rýchlych reaktorov 4. generácie. Dôraz sa kladie na inovatívny koncept GFR (plynom chladený rýchly reaktor), pre ktorý sa buduje technologický demonštrátor ALLEGRO. Prevádzka demonštrátora sa očakáva po roku 2020.
- Propagáciu a popularizáciu potenciálu, perspektív a technických a politických aspektov prevádzky reaktorov 4. generácie.
- Prínos k zachovaniu poznania a kvalifikovaného personálu v oblasti jadrovej energetiky, zahŕňajúc mladých vedcov a inžinierov zapojených do náročných výskumných a vývojových aktivít.
- Využitie integrovaného jadrového výskumu v Stredoeurópskom regióne.



Obr. 2 – ALLEGRO aktívna zóna [2]

V nasledujúcich dekádach sa stane projekt ALLEGRO a centrum V4G4 CoE kohéznu silou pracujúcou v oblasti špičkového výskumu a inovácií v tomto regióne, poskytujúc jedinečnú príležitosť priemyslu pre produkciu zariadení s vysokou pridanou hodnotou.

#### 3.2 Projekt ALLIANCE

Oficiálny názov projektu pochádza z anglického "Preparation of ALLEGRO - Implementing Advanced Nuclear Fuel Cycle in Central Europe" [3]. Projekt ALLIANCE bol zameraný na prípravnú fázu vývoja demonštrátora ALLEGRO. Koncept demonštrátora ALLEGRO je jedným z dvoch alternatívnych konceptov iniciatívy "European Sustainable Nuclear Industrial Initiative" (ESNII), s ktorého vybudovaním v Stredoeurópskom regióne sa počíta. Projekt ALLIANCE pokrýva celé spektrum predbežných štúdií nakladania s palivom, požadovaných smerov výskumu, rozvoja a budovania potrebnej infraštruktúry a zabezpečenia lokality, ako aj popis očakávaného procesu licencovania, dokumentácie projektu a bezpečnostných analýz. Projekt ALLIANCE počíta s využitím skúseností a znalostnej základne z podobných, minulých a prebiehajúcich projektov.

V rámci vytvárateľnej znalostnej platformy je možné jasne pomenovať potreby rozvoja technológie GFR v Európe, ako protívážnej voľby technológie SFR (Sodium Fast Reactor), zostaviť organizačný plán národných a regionálnych iniciatív podporujúcich a rozvíjajúcich túto technológiu. Podmienky pre voľbu lokality výstavby demonštrátora budú definované v rámci projektu. Výstupom budú tiež špecifikované požiadavky na licencovanie a navrhnutý časový rámec pre výstavbu demonštrátora. Podrobná technická dokumentácia umožňujúca formulovať požiadavky pre ďalší výskum problematiky a rozvoj projektu, ako aj prevádzková dokumentácia zariadenia bude ešte len musieť byť vypracovaná. Súčasný rozsah existujúcej dokumentácie pokrýva požiadavky návrhu postupu licencovania a schopnosti zabezpečiť organizáciu a financovanie projektu. V zhode s dohodnutým konceptom, spoločné sídlo V4G4 CoE,

pre štúdium technológie GFR bolo zriadené v Stredoeurópskom regióne. Vytvorenie tohto sídla bolo prvým krokom k zriadeniu regionálneho centra výskumu paliva a jadrovej bezpečnosti tejto generácie reaktorov.

V projekte ALLIANCE spolupracuje deväť organizácií: MTA EK ako vedúci projektu (Maďarsko), ÚJV Řež, a.s. (Česká republika), VUJE, a.s. (Slovenská republika), CEA (Francúzsko), NCBJ (Poľsko), INBK (Nemecko), IRSN (Francúzsko), BME (Maďarsko), Centrum výskumu Řež, s.r.o. (Česká republika). Trvanie pilotného projektu je 36 mesiacov.

#### 3.3 Projekt VINCO

Oficiálny názov projektu je "Visegrad Initiative for Nuclear Cooperation" a je výsledkom ochoty úzkej spolupráce zakladajúcich krajín nad rámec spoločného výskumného centra V4G4 CoE. Projekt VINCO je ďalším krokom spolupráce na ceste budovania výskumných kapacít pre jadrovú energetiku v stredoeurópskych krajinách [5]. V projekte si participujúce krajiny rozdelili jednotlivé špecializácie a zodpovednosti pri vývoji a výstavbe demonštrátora ALLEGRO nasledovne: Technológia héliových obehov - Česká republika; Konštrukcia a analýzy bezpečnosti - Slovenská republika; Problematika paliva - Maďarsko; Výskum materiálov - Poľsko. Vzhľadom na existujúcu vedomostnú základňu v týchto krajinách sa pri vývoji rýchleho, plynom chladeného reaktora 4. generácie očakáva úspech. Projekt VINCO sa zameriava na rozvoj princípov spolupráce a vytváranie pravidiel prístupu k existujúcim a budúcim výsledkom výskumu a výskumným zariadeniam. Ďalšou úlohou kladenou na projekt je vytvorenie systému organizácie, identifikácie a prerodovania konkrétnych výskumných a vývojových úloh v kooperujúcich krajinách, dokumentácie existujúceho výskumu, výcviku personálu, budovania výcvikových stredísk a kapacít a určovanie investičných priorit. Očakáva sa, že spoločné aktivity vyústia v spoluprácu umožňujúcu financovanie zo štruktúrnych investičných fondov, dostupných pre krajiny Vyšehradskej štvorky. Toto financovanie by umožnilo zásadný

rozmach a rozsiahlu modernizáciu výskumného potenciálu v regióne.

### 3.4 Projekt ESNII+

Úlohou projektu European Sustainable Nuclear Industrial Initiative (ESNII) všeobecne, je preukázať existenciu technologickej základne pre 4. generáciu rýchlych reaktorov a podpora infraštruktúry výskumu v danej oblasti. Strategic Research & Innovation Agenda, SNETP potom špecifikuje jednotlivé priority výskumu rôznych konceptov reaktorov 4. generácie takto[2]:

- Sodíkom chladený reaktor (projekt ASTRID) - Projekt má byť referenčným technickým riešením s predpokladanou výstavbou prototypu okolo roku 2020 vo Francúzku.
- Olovom chladený rýchly reaktor (ALFRED) prvá alternatíva referenčnému, je konceptom výstavby experimentálneho reaktora v niektorých z Európskych krajín s vývojovou podporou Belgického projektu zariadenia pre ožarovanie oloveno-bizmutovej zliatiny (MYRRHA).
- Plynom chladený rýchly reaktor (ALLEGRO), je druhou alternatívou referenčnému konceptu.

Projekt ESNII+ sa sústreďuje na určenie strategických smerov vývoja pre obdobie 2020 - 2050. Projekt podporí a skординuje prípravnú fázu právneho, administratívneho a finančného rámca a zaistiť prehľad ostatných technických riešení pokročilých reaktorov.

Pracovná náplň projektu - špecifikácia aktívnej zóny (Core Specification), súvisí s prípravou demonštrátora ALLEGRO a zameriava sa na určenie presných parametrov paliva MOX. V rámci balíka sa spoločne vyvinie model AZ pomocou statických neutrónových výpočtových kódov a zostavených knižníc a spočítajú sa hlavné výkonové a bezpečnostné charakteristiky zóny, ako Dopplerov efekt, koeficienty reaktivity, váha jednotlivých tyčí, a pod.

### 3.5 Organizačný plán projektu ALLEGRO

Organizačný plán projektu ALLEGRO bol zostavený riadiacim výborom V4G4 CoE a integruje jednotlivé čiastočné požiadavky potreby a odporúčania pre ďalší vývoj. Okrem iného

navrhuje [6] počiatočnú záťažku paliva so zníženým tepelným výkonom a možné použitie obohateného uránového paliva namiesto MOX, pre zjednodušenie jeho obstarávania.

Aktualizovaný organizačný plán zahŕňa detailný technický plán prác a súvisiaci výskumný a vývojový program organizácií V4G4, VUJE, a.s. (Slovenská republika), ÚJV Řež, a.s. (Česká republika), MTA EK (Maďarsko) and NCBJ (Poľsko).

Hlavné fázy projektu sú: 1. Definícia bezpečnostného rámca a výkonových cieľov; 2. Predbežný technický koncept konštrukcie; 3. Technický koncept; 4. Úvodný projekt; 5. Vykonávací projekt; 6. Umiestnenie a licencovanie; 7. Výstavba; 8. Prevádzka.

### 3.6 Výskumné centrum ALLEGRO na Slovensku

Počiatok Výskumného centra projektu ALLEGRO na Slovensku je datovaný na 9. Septembra 2014 [7]. V tom čase bol podpísaný kontrakt medzi Ministerstvom školstva, vedy a výskumu a športu Slovenskej republiky a Slovenskou akadémiou vied. Projekt je financovaný z Európskych štrukturálnych fondov a pozostáva z troch balíkov (Work Packages -WP):

#### WP1. Zriadenie Výskumného centra ALLEGRO.

Cieľom WP1 je zriadenie miest výskumu, laboratórií, kancelárií a transferu technológie pozostávajúceho z troch čiastkových úloh: 1. Zriadenie Výskumného centra ALLEGRO so špecializovanými laboratóriami a najmodernejším vybavením; 2. Zostavenie dlhodobého strategického plánu rozvoja Výskumného centra; 3. Dodanie a pilotná prevádzka potrebného vybavenia.

#### WP 2. Aplikovaný výskum a vývoj v oblasti nových materiálov a technológií.

Tento WP sa zaoberá realizáciou najmodernejšieho výskumu v oblasti nových materiálov a technológií, príprave, testovaní a diagnostike prototypov. WP 2 pozostáva zo šiestich čiastkových úloh. Úloha 1 sa vzťahuje na úpravu a validáciu neutrónových a termo-hydraulických výpočtových nástrojov pre reaktor ALLEGRO. Ďalšie úlohy sú zamerané na materiálový výskum,

vývoj zariadení, diagnostických systémov a pod.

**WP3.** Zriadenie platformy pre transfer technológií. Tento posledný, tretí balík prác má za cieľ zriadiť trvalý komunikačný kanál pre podnikateľský sektor pod dohľadom Úradu pre transfer technológií; zriadiť technologický inkubátor, identifikovať rozbehové programy pre transfer technológií, mobilizáciu a inovácie. V tomto smere dala Slovenská akadémia vied verejnú výzvu na „Zmluvný výskum“.

V prebehnutom tendri zvíťazilo VUJE, a.s. s dvoma bodmi: A - Výskum bezpečnostného konceptu a návrhu systémov pre 4 generácie reaktora ALLEGRO; B - Požiadavky navrhovaného technického riešenia, organizačné a technické zaistenie pre výstavbu, lokalitu a zhodnotenie lokality výstavby reaktora ALLEGRO. Plánovaný koniec projektu je stanovený na 31. december 2015.

### Podakovanie

Tento príspevok vznikol vďaka Výskumnému centru ALLEGRO, Európskym projektom a VUJE, a.s., ktoré sponzorujú projekt ALLEGRO. Autori ďakujú všetkým prispievateľom a recenzentom za ich hodnotné rady.

### LITERATÚRA:

- [1] Consortium of ALLEGRO: ESNII Technology Review 2012, Project ALLEGRO
- [2] Temesvári, E. ALLEGRO Core Specifications. ESNII+ project, Deliverable D.6.6.1-2, 2015
- [3] ALLIANCE Project. Description of work. 2012
- [4] V4G4 organisations. Press release, 2013
- [5] VINCO project. Description of actions. 2015
- [6] Vasile, A. ALLEGRO Roadmap, V4G4 organisations, 2015
- [7] ALLEGRO Research Centre project, VUJE's interim report, 2014

**Radoslav Zajac, Branislav Hatala, Petr Dařílek, VUJE, a.s., e-mail: Radoslav.Zajac@vuje.sk**

### **Allegro - the construction project of the demonstrator and reliable testing of technology of innovative gas-cooled, fast reactor**

*The goal of the ALLEGRO project is the construction and testing of technology of innovative gas-cooled, fast reactor (Gas Cooled Fast Reactor- GFR). The proposed demonstrator would also be the first, fast, gas-cooled reactor ever designed. The goal of the project is to demonstrate the viability of new technologies, applied fuel concept, fuel components, cooling by helium and specific security systems, with specific emphasis on a residual heat removal system. From the demonstrator, a qualification of the applicability of these technologies is expected and also a demonstration of the ability of their mutual functional cooperation and ability to create a representative system.*

### **Аллегро - проект строительства модели и надежное тестирование технологий инновационного реактора с газовым охлаждением**

*Целью проекта Аллегро является строительство модели и надёжное испытание инновационного реактора с газовым охлаждением (Gas Cooled Fast Reactor - GFR). Предлагаемая модель одновременно бы стала первым быстрым реактором, охлаждаемым газом, который был когда-либо построен. Одна из целей проекта - доказать жизнеспособность новых технологий, создаваемой концепции топлива, топливных частей, охлаждения гелием и специфических систем безопасности, с акцентом на систему отвода избыточного тепла. От модели ждут подтверждение и оценку использования этих технологий и демонстрацию способности взаимно функционировать, работать в тесной связи с другими системами.*



## Dodavatel průmyslových armatur, potrubí a potrubních dílů pro klasickou a jadernou energetiku

Člen celosvětové sítě autorizovaných servisních  
center M.A.R.C. a G.T.C. společnosti GE Energy

**Masoneilan**

**Consolidated**

- Regulační ventily Masoneilan®
- Vysokotlaké armatury Persta®
- Pojistné ventily Consolidated®
- Speciální vysokotlaké  
Zero Leakage armatury
- Autorizovaný servis  
průmyslových armatur  
a pohonů
- Spojovací potrubí

Moravia Systems a.s., člen skupiny KKCG SE

[www.morviasystems.cz](http://www.morviasystems.cz)

Kancelář v Hodoníně: Plučárna 1, 695 01 Hodonín, tel. +420 518 344 111, fax +420 518 321 122, info@mtsistemas.cz

Kancelář v Praze: Vinohradská 1511/230, 100 00 Praha 10, tel. +420 225 010 456, fax +420 225 010 444, intermos@intermos.cz



1955 – 2015

**ÚJV ŘEŽ**

## projektování a inženýrské činnosti

podpora provozu  
jaderných elektráren

podpora provozu klasických  
elektráren a tepláren

radiofarmaka

radioaktivní odpady

výzkum a vývoj



[www.ujv.cz](http://www.ujv.cz)