

Ministerstvo životního prostředí
Odbor posuzování vlivů na životní prostředí a integrované prevence
Vršovická 1442/65
100 10 Praha 10

Připomínky jihočeské organizace Strany zelených k posuzování vlivů na životní prostředí podle zákona č. 100/2001 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí, ve znění pozdějších předpisů, dále také jen „zákon“) – zahájení zjišťovacího řízení podle § 7 zákona k záměru zařazenému v kategorii I podle § 4, odst. 1, písm. a) zákona – záměr „Nový jaderný zdroj SMR v lokalitě Temelín“

1. Oznámení neplní základní požadavky zákona na posouzení vlivů záměru na životní prostředí

Pro účely zákona o posuzování vlivů na životní prostředí se „záměrem“ rozumí stavby, zařízení, činnosti a technologie uvedené v příloze č. 1 k zákonu. V této příloze jsou uvedeny jaderné elektrárny a jiné jaderné reaktory včetně demontáže nebo konečného uzavření těchto elektráren nebo reaktorů, s výjimkou výzkumných zařízení pro výrobu a přeměnu štěpných a množivých látek, jejichž maximální výkon nepřesahuje 1 kW nepřetržitého tepelného výkonu.

Předkládané oznámení se zabývá záměrem výstavby a provozu nového jaderného zdroje SMR o jednom bloku a souvisejícími technologickými zařízeními. Problémem ovšem je, že i přes značný mediální zájem a ruch kolem malých jaderných reaktorů v posledních letech je zřejmé, že tato zařízení se nacházejí ve fázi technologického vývoje, vznikly dosud pouze jednotky kusů.

Zcela chybí zkušenosti s jejich výrobou ve větším množství, ve kterém má být klíčová ekonomická výhoda malých reaktorů. Pokud by se vyráběly takové reaktory pouze po kusech, jejich cena v přepočtu na výkon bude nepochybně výrazně vyšší než u velkých bloků. A i ty jsou v současném prostředí proti jiným zdrojům velmi často nekonkurenceschopné z důvodů vysokých nákladů a také vysokého rizika prodražení stavby

Chybí zkušenosti s provozem SMR v běžné energetické síti, s jedinou výjimkou čínského demonstračního reaktoru typu HTR-P M s výkonem 210 MWe, který zahájil komerční provoz v roce 2023.

Oznámení tedy popisuje de facto abstraktní, hypotetický záměr, jehož technologické provedení ani konečná podoba není známá. Navrhuje posuzovat nespécifikovaný jaderný blok typu LWR (lehkovodní reaktor), vývojové generace technologie jaderných bloků III+, s vysokou mírou prvků pasivní bezpečnosti a s elektrickým výkonem do 500 MWe, přičemž dolní mez není vůbec určena.

Oznámení tedy nepodává relevantní informace - neurčuje dokonce ani to, zda jaderný blok bude sestávat z jednoho či dvou jaderných reaktorů, což je zásadní pro posuzování bezpečnosti aj. Prvky pasivní bezpečnosti nejsou specifikovány. S výkonem do 500 MWe by jeden reaktor překročil definici SMR reaktorů, kdy se většinou počítá s výkonem do 300 MWe. Jedná se tedy nikoli o malý, ale střední reaktor.

Nespecifické označení „lehkovodní reaktor (LWR)“ na str. 19 oznámení ani neupřesňuje počet okruhů. V kapitole B.I.6 jsou uvedeny jenom irelevantní a všeobecné údaje plus základní parametry různých čtyř (!) údajných „referenčních projektových řešení“. Nejedná se tedy o „popis technického a technologického řešení záměru“, jak to požaduje příloha č. 3 k zákonu č. 100/2001 Sb. Je vyloučené, aby obecné údaje v tomto oznámení pokryly všechna možná rizika pro životní prostředí.

ČEZ uzavřel v říjnu 2024 s britskou firmou Rolls-Royce SMR dohodu o spolupráci při zavádění technologie malých modulárních reaktorů a koupil 20procentní podíl firmy. ČEZ se tak bude přímo podílet na vývoji nové technologie modulárních reaktorů i na jejich výrobě, je logické, že zpracovatel dokumentace mohl pracovat s projektem UK SMR Rolls Royce, nicméně i ten je dle informací ČEZ ve stadiu vývoje a budovat by se měl až po roce 2030.

2. Údaje ke zdůvodnění potřeby záměru – strategické cíle ČR v oblasti energetiky stavba jaderných zařízení nevyřeší

Zpracovatelé oznámení zdůvodňují potřebu nového jaderného zdroje strategickými dokumenty vlády, ministerstev, celoevropskou Zelenou dohodou a také nárůstem spotřeby elektřiny.

Strategickými cíli je spolehlivost výroby a dodávky elektrické energie, dosažení nízkouhlíkové energetiky, energetická bezpečnost z hlediska zásobování palivy, udržitelnost s ohledem na životní prostředí, snížení energetické náročnosti a dosažení národní soběstačnosti ve výrobě elektřiny. Jaderná energetika a její rozvoj má být důležitým prvkem dekarbonizace, jaderné elektrárny mají nahradit uhelnou energetiku a stát se pilířem energetické bezpečnosti a soběstačnosti.

Strategické cíle v oblasti energetiky nevyřeší další rozvoj jaderné energetiky. Je třeba vzpomenout argumenty pro výstavbu 1. a 2. bloku stávající JETE v 90. letech – jadernou elektrárnu bylo třeba postavit proto, abychom mohli odstavit uhelné elektrárny na severu Čech. Realita však byla zcela jiná – některé uhelné elektrárny byly odstaveny, ale další zůstaly až do dnešní doby v provozu. Česká republika se dlouhá léta řadí k největším exportérům elektřiny v Evropě (loni jsme byli čtvrtým největším vývozcem v EU).

Situace z 90. let se bohužel opakuje. Zpracovatelé dokumentace vůbec neuvažují o tom, že nový jaderný zdroj v JETE či nová elektrárna v Dukovanech nemohou vyřešit případný nedostatek ve výrobě elektrické energie, který podle některých predikcí může nastat po roce 2030, v době ukončení provozu uhelných elektráren, protože ani jedno z těchto jaderných zařízení nebude v provozu.

Po roce 2030 se začnou teprve stavět a lze očekávat zpoždění jejich dostavby (jako u mnoha jaderných zařízení v minulosti). Je tedy otázkou, s jakým jaderným zařízením počítá zpracovatel v následující tabulce, kde uvádí 45-47% podíl jaderné energetiky v roce 2030. V současné době zajišťují JE v ČR cca. 40% podíl na výrobě elektřiny.

Cestou k dekarbonizaci jsou především úspory, snižování energetické náročnosti a rozvoj OZE. Dle dostupných dat je kapacita OZE v České republice rozsáhlá, již do roku 2030 je možné navýšit kapacitu fotovoltaiky o 15,3 GW a větrných elektráren o 2 GW. Podpora rozvoje jaderné energetiky současnou politickou reprezentací je však enormní, včetně finančních dotací, v rozvoji OZE Česká republika zaostává, finanční podpora OZE klesá.

Jaderná zařízení nepřispějí k energetické soběstačnosti České republiky, protože vždy budou závislá na nákupu paliva na světových trzích.

Z hlediska energetické bezpečnosti jsou jaderná zařízení těmi nejproblematičtějšími, především s ohledem na skladování a transporty jaderných materiálů, které se mohou stát cílem teroristů.

3. Popis zvažovaných variant

Varianta umístění v lokalitě Temelín má jistě logiku s ohledem na technické parametry – zmapované geologické podloží, k dispozici je vyvedení elektrického výkonu, dostupná je chladicí voda a je připravena dopravní infrastruktura. Je však otázkou, zda umístění dalšího jaderného zařízení do jedné

oblasti (stávající JETE, sklad VJP, plánované úložiště VJP) není kumulací bezpečnostních rizik, především s ohledem na terorismus.

Další otázkou je informování veřejnosti o umístění dalšího jaderného zařízení do této lokality – ve veřejné diskusi je téma SMR podáváno jako bezproblémová záležitost, veřejnost by měla znát rizika SMR.

Varianta kapacity – zde zpracovatel tvrdí, že volba kapacity (instalovaného elektrického výkonu) nového zdroje vychází ze zohlednění výkonu komerčně dostupných SMR. Žádné komerčně dostupné varianty SMR v Evropě dosud neexistují.

Pozoruhodným způsobem se zpracovatel vypořádal s tzv. nulovou variantou. Uvažuje o ní pouze z hlediska stavby jaderného zařízení v jiné lokalitě, umístění v Temelíně považuje za optimální, což je pro něho důvodem neřešit nulovou variantu. Vůbec neuvažuje o možnosti nestavět žádný jaderný zdroj a zajistit potřebu elektrické energie jiným způsobem. Nulovou variantu je třeba dopracovat.

4. Jaderný odpad – v oznámení chybí vyhodnocení rizik u jaderného odpadu SMR

Malé jaderné reaktory mají být bezpečnější a výhodnější než běžné velké reaktory. Ale i u jejich využívání vzniká jaderný odpad – a přepočteno na jednotky výkonu ho nevzniká zrovna málo, jak ukazuje nejnovější studie.

Malé jaderné reaktory mohou vyprodukovat daleko více jaderného odpadu na jednotku výkonu než běžné velké reaktory. To je výsledkem aktuální studie, ve které výzkumníci zkoumali provoz a životní cyklus tří typů malých reaktorů.

O malých modulárních reaktorech se často mluví v souvislosti s vhodným doplněním obnovitelných zdrojů energie nebo jako alternativě k nim v boji proti klimatickým změnám. Studie vypracovaná skupinou vědců kolem Lidsay Kralle ze švédské Nuclear Fuel and Waste Management Company v Solna (Švédsko) se objevila v odborném magazínu Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS).

„Malé modulární reaktory, které jsou často navrhovány jako budoucnost jaderné energetiky, mají mít údajně nákladové a bezpečnostní výhody oproti stávajícím velkým lehkovodním reaktorům,“ uvádí vědci. Pouze dvě studie však zatím zkoumaly produkci a likvidaci jejich jaderných odpadů. Výzkumný tým kolem Kralle se nyní proto zaměřil na základě licenčních a patentových podkladů malých modulárních reaktorů na to, jaký druh a jaké množství radioaktivních odpadů vzniká při provozu a odstavení těchto reaktorů.

Pro srovnání použili odborníci tlakovodní reaktor, tedy nejběžnější komerční typ velkého jaderného reaktoru, s elektrickým výkonem 1100 MW. S tímto reaktorem srovnávali malé reaktory s integrovaným tlakovodním reaktorem, rychlý reaktor s natriem jako chladivem a reaktor s kapalnou solí.

Malé reaktory se mají stavět především jako malé jednotky a poté sestaveny do větších soustav. V případě integrovaného tlakovodního reaktoru se plánuje asi 12 takových jednotek ve společné reaktorové nádobě.

Rychlé neutrony (částičky jádra) vyvolávají štěpnou řetězovou reakci, která se využívá k získávání energie z jaderných reaktorů. U malých reaktorů se musí vynaložit větší úsilí, aby se odstínilo tyto rychlé neutrony od okolního prostředí: zatímco u velkého tlakovodního reaktoru (3.400 MW) tepelné energie unikne méně než 3% volných neutronů, v případě integrovaného tlakovodního reaktoru (160 MW tepelné energie) je to více než 7%, jak zjistili vědci. O to větší musí být úsilí, které se musí vyvinout k jejich odstínění, a o to větší je množství radioaktivního odpadu, které tak vznikne.

Odborníci přepočítali radioaktivní odpad různých typů reaktoru ve vztahu k vyrobené tepelné energii. Odpad u stávajících velkých tlakovodních reaktorů představuje ročně asi 5 kubických metrů na gigawatt tepelného výkonu.

V případě integrovaného tlakovodního reaktoru je toto množství asi 2,5 násobně vyšší, u reaktoru s kapalnou solí (400 MW) asi pětinašobně vyšší. Kvůli velkému množství potřebného chladiva (natrium) je množství radioaktivního odpadu u rychlých reaktorů dokonce 30 krát vyšší.

<https://news.stanford.edu/2022/05/30/small-modular-reactors-produce-high-levels-nuclear-waste/>

5. Základní údaje o SMR reaktorech – Posudek na zakázku Spolkového úřadu pro bezpečnou likvidaci jaderných zařízení (BASE) - shrnutí

Zpracovatel považuje v oznámení za potřebné seznámit veřejnost se základními údaji o existujících jaderných elektrárnách (včetně statistických), ačkoli se v případě SMR jedná o jiné zařízení a jinou situaci v celosvětovém kontextu. Považujeme proto za potřebné seznámit zpracovatele s překladem (shrnutím) Posudku na zakázku Spolkového úřadu pro bezpečnou likvidaci jaderných zařízení (BASE) Analýza technické bezpečnosti a vyhodnocení rizik využití malých modulárních reaktorů – viz příloha.

6. Závěr

Podle našeho názoru zveřejněné oznámení nesplňuje náležitosti podle § 6 odstavců 2 a 4 (viz předchozí části tohoto vyjádření). Pokud bude příslušný úřad trvat na tom, že je splňuje, požadujeme, aby dokumentace zahrnovala nejen konkrétní informaci o plánovaném počtu reaktorů, ale zejména konkrétní ověřitelné vlastnosti (parametry a technologické řešení) použitých reaktorů. Bude tedy možné ji předložit, až bude vyroben přinejmenším prototyp tohoto reaktoru. Dokumentace musí samozřejmě zahrnovat také všechna rizika zmíněná v příloženém posudku, specifikovaná na konkrétní vlastnosti použitého reaktoru a podmínky a okolnosti lokality předpokládané výstavby.

Dana Kuchtová, spolupředsedkyně jihočeské krajské organizace Strany zelených

Ondřej Šanda, spolupředseda jihočeské krajské organizace Strany zelených

České Budějovice, 16. 12. 2024

Příloha:
Analýza technické bezpečnosti a vyhodnocení rizik využití malých modulárních reaktorů

Posudek na zakázku Spolkového úřadu pro bezpečnou likvidaci jaderných zařízení (BASE)

Autorky, autoři: Dr. Christoph Pistner Dr. Matthias Englert Christian Küppers Öko-Institut e.V., Dr. Ben Wealer, Björn Steigerwald, Prof. Dr. Christian von Hirschhausen TU-Berlin, Fachgebiet Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik (WIP), Richard Donderer Physikerbüro Bremen

Darmstadt, März 2021

Shrnutí

Koncepty SMR (Small Modular Reactors) navazují na pokusy využít jadernou energii pro pohon vojenských ponorek v 50. letech. Celosvětově existují dnes různé koncepty SMR, většina na úrovni studií. Obzvláště v souvislosti s diskuzí o změně klimatu získává otázka SMR opět větší pozornost.

V roce 2020 byla v Rusku uvedena do provozu 2 pilotní zařízení SMR, koncept KLT-40 S, která byla instalována na plovoucí platformě. V provozu je čínský pokusný reaktor na rychlé neutrony (CEFR(a indický reaktor na těžkou vodu (PHWR-220). Další zařízení – v Číně HTR-PM nebo argentinský lehkovodní reaktor (CAREM) se již delší dobu nacházejí ve výstavbě. Např. vývoj CAREM byl zahájen již v 70. letech minulého století, nyní je ve výstavbě první prototyp.

SMR - koncepty

SMR jsou reaktory s elektrickým výkonem nižším než 300 MWe. Může se jednat o reaktory chlazené vodou nebo reaktory nechlazené vodou. Modularitou se rozumí někdy sestavení reaktorových modulů na jednom stanovišti, jindy možnost standardní průmyslové výroby jednotlivých reaktorových modulů.

Studie zahrnuje 136 různých historických i aktuálních SMR konceptů, z toho detailně popisuje 31 konceptů.

Dosud nedošlo nikde k rozsáhlejšímu zavedení výše zmíněných SMR konceptů. Novější koncepty se nacházejí ve fázi koncepčního vývoje. Vývoj některých konceptů byl zastaven (např. PBMR-400), jiné se zásadně proměnily. Důvody těchto změn nejsou veřejně zdokumentovány.

SMR koncepty se odlišují významně technickými vlastnostmi, obzvláště použitým chlazením. Jedná se o vodou chlazené a jiné koncepty – vysokoteplotní reaktory (HTR), reaktory s rychlým spektrem neutronů nebo reaktory s kapalnou solí (MSR).

Většina aktuálně sledovaných či pokročilých SMR konceptů jsou vodou chlazené reaktory. Většina JE, které jsou celosvětově v provozu, mají totiž vodou chlazené reaktory, proto s nimi existuje provozní zkušenost a lze předpokládat, že SMR reaktory chlazené vodou budou vykazovat srovnatelná vývojová rizika a rizika zásobování a likvidace odpadu.

SMR koncepty nechlazené vodou vykazují zásadní novinky oproti dnešním jaderným elektrárnám, např. vyšší provozní teploty i vyšší stupeň účinnosti. Mnoho z těchto konceptů cílí na tzv. uzavřený palivový cyklus. S tím jsou spojena vysoká technologická rizika v oblasti vývoje paliva a jeho zpracování. Při zjevně menší provozní zkušenosti s těmito koncepty, při použití nových technologických řešení a materiálů lze očekávat delší vývojové horizonty těchto SMR konceptů.

Většina zemí, které se zabývají vývojem SMR-reaktorů, má i jaderné zbraně, staví jaderné ponorky a má i komerční jaderný program. Zde je třeba především zmínit USA. Situace, např. v Kanadě, je podobná jako v USA, ovšem chybí zde vojenský program. O SMR reaktorech se zde diskutuje především v souvislosti se zásobováním energiemi pro odlehlé obce a těžební projekty, které jsou nyní ve velkém měřítku odkázány na dieselgenerátory.

SMR reaktory jsou navrženy jako řešení pro klimatické změny – snížení emisí při zásobování energiemi. Zde je relevantní výroba elektřiny, kterou je jimi možné docílit. Dnešní nové jaderné elektrárny vykazují elektrický výkon v oblasti 1 000 až 1 600 MWe. SMR koncepty mají plánovaný elektrický výkon od 1,5 MWe do 300 MWe. Namísto cca. 400 reaktorů s velkým výkonem bychom museli postavit několik tisíc až 10 000 SMR reaktorů. Mnohonásobně vyšší počet těchto zařízení by znamenal bezpečnostně technická rizika, která jsou při plánování zcela zanedbávána, především otázky dopravy, likvidace stavby nebo meziskladování či konečné uložení vyhořelého paliva.

Stejně jako tomu bylo v dřívějších diskuzích o jaderné energetice, platí i pro potenciální využití SMR reaktorů – jsou ekonomicky nevýhodné ve srovnání s OZE v kombinaci s technologiemi ukládání energie. Obzvláště zásobování odlehlých oblastí je dnes technicky představitelné mikrosítěmi a je to levnější než zásobování reaktory SMR.

Modularita spočívá ve standardizované výstavbě reaktorů nebo v masové produkci jejich komponentů. U vývoje dřívějších SMR reaktorů nebyly zjištěny signifikantní úspory nákladů díky modularitě a není možné je očekávat ani v budoucnosti. Modularita u standardizované výstavby reaktorů může přinést mírné zvýšení produktivity, ale je zároveň spojena s většími požadavky na dopravu.

U malého elektrického výkonu SMR reaktorů jsou specifické stavební náklady (díky ztrátě úspory z rozsahu) vyšší než u velkých jaderných elektráren. Hypoteticky se ovšem předpokládá, že díky modulární, standardizované průmyslové výrobě se sníží celkové stavební náklady a doba výstavby. Studie Ökoinstitutu obsahuje výpočet výrobních nákladů při zohlednění úspor z rozsahu, efektu masové výroby a efektu vývoje. Tento výpočet ukazuje, že by muselo být vyrobeno cca. 3 000 SMR-reaktorů, než by se výroba vyplatila.

Další významný důvod pro vývoj SMR-reaktorů je vedle modularity očekávání kratší doby výstavby a méně komplikovaná likvidace stavby. Pozorování aktuálně plánovaných SMR-reaktorů, reaktorů ve výstavbě a v provozu tuto domněnku nepotvrzuje, naopak: doba plánování, vývoje a doba výstavby překračuje mnohokrát původní časový horizont. Historická zkušenost s SMR-reaktory nechlazenými vodou ukazuje, že provozní doba je krátká a jejich likvidace je zdlouhavá.

Analogicky ke stavbě a provozu jaderných elektráren s velkým výkonem představuje komplexní výrobní řetězec velkou výzvu v oblasti spolupráce mezi jednotlivými dodavateli. Obzvláště koordinace mezi podniky podílejícími se na výrobě kovových součástí je mimořádnou výzvou. Takto například překračují v SMR-konceptu NuScale potřebné kovové součásti kapacitu vyroben v USA.

Na rozvoji SMR-reaktorů se podílejí tradiční velcí výrobci jaderné techniky, např. Fluor (NuScale), GE-Hitachi, Rosatom nebo Westinghouse. Na druhé straně jsou v oblasti SMR-reaktorů činné i podniky, které jsou sice aktivní v jaderném průmyslu, ale do této doby nestavěly reaktory – Holtec, Urenco. Tradiční výrobci reaktorů jako Westinghouse nebo GE-Hitachi jakoby nebrali vývoj SMR-reaktorů zcela vážně – zastavují projekty, je zde nejasný stav vývoje reaktorů. Vývoj SMR-reaktorů probíhá na zakázku státu, ev. je poptávka zajištěna např. vojenským průmyslem. Vznikají i Spin-Off ze státem financovaných velkých výzkumných zařízení nebo nově založené startupy, také státem financované. Celkově nelze předvídat, že by SMR-koncepty mohly vyvinout jiné organizační modely než ty, které existují od 70. let v oblasti jaderné techniky.

Regulační požadavky

Při plánovaném celosvětovém rozšíření SMR-reaktorů vznikají nově otázky pro příslušné povolovací a kontrolní úřady. Dosud neexistují žádné specifické národní nebo mezinárodní bezpečnostní standardy pro SMR-koncepty, mezinárodní standardizace by byla potřebná.

Mnoho dnešních technických regulačních požadavků pro jaderná zařízení je v principu použitelných i na SMR-koncepty. Od různých regulačních úřadů lze očekávat, že budou požadovat splnění integrální bezpečnostní úrovně, která je dnes požadována pro nové jaderné elektrárny.

Současně se diskutuje, jak dostatečné mohou být zjednodušené regulační požadavky na bázi odstupňovaného použití (Graded Approach). To vše vychází z předpokladu sníženého rizikového potenciálu SMR-reaktorů díky zjednodušení nasazené technologie a snížení radioaktivního inventáře jednotlivého reaktoru. Jaké by mělo takové Graded Approach jednotlivě vypadat je metodicky zatím zcela nejasné.

Částečně mají být v SMR-konceptech použity technologie, u nichž neexistuje odpovídající provozní zkušenost. Je třeba vyvinout a validovat příslušné průkazy pro tyto technologie. K tomu jsou třeba nové výpočetní metody, nová měření nebo nové inspekční technologie. Speciálně pro SMR-koncepty u vodou nechlazených reaktorů není možné vycházet z historických zkušeností u demonstračních a výzkumných reaktorů. Přenos poznatků z těchto reaktorů na aktuální koncepty musí být vždy prověřen a zdůvodněn. Bude to velký úkol pro výzkum a vývoj a povolovací úřady.

Bezpečnostní vlastnosti

Pro bezpečnost jaderné elektrárny je třeba splnit tři nadřazené bezpečnostní funkce – zajištění radioaktivních látek, kontrola reaktivity a chlazení paliva. K zajištění radioaktivních látek jsou použity odstupňované bariéry – plášťová trubka palivového článku, okruh chlazení reaktoru a kontejnment.

Pro vodou chlazené SMR-reaktory jsou plánovány srovnatelné koncepty s kontejnmentem jako pro dnešní lehkovodní reaktory. Pro SMR-koncepty bez kontejnmentu jsou žádoucí konkrétní rozhodnutí, jak dosáhnout dostatečně účinného a spolehlivého zajištění radioaktivního inventáře. Zvláště u reaktorů s kapalnou solí jsou relevantní rozdíly v zajištění radioaktivních látek, protože palivo není - na rozdíl od dnešních lehkovodních reaktorů – uzavřeno v plášťové trubce, která je bariérou. U těchto zařízení musí být definován průkaz funkční účinnosti kontejnmentu.

Kontrola reaktivity probíhá prakticky u všech SMR-konceptů stejně jako u dnešních lehkovodních reaktorů přes řídicí prvky nebo pohyblivé reflektory. Z toho vyplývá, že nejsou žádné podstatné rozdíly v kontrole reaktivity ve srovnání se současnými lehkovodními reaktory.

U vodou nechlazených SMR-konceptů je na základě komplikované možnosti kontroly reaktivity vhodný druhý nezávislý vypínací systém.

Jako podstatný rozdíl v chlazení paliva oproti dnešním jaderným elektrárnám s vysokým výkonem se diskutují pro SMR-koncepty možnosti „pasivního odvádění zbytkového tepla“. Pasivní systémy odvádění zbytkového tepla mohou principiálně vést ke zvýšené bezpečnosti reaktorového systému. Není ovšem možné vycházet pouze ze základních obecných vlastností pasivního systému. Jsou potřebné teoretické i experimentální průkazy skutečné spolehlivosti konkrétního systému, detailní analýzy všech možných scénářů poruch a havárií.

Např. výpadek čerpadel, ztráta zásobování elektřinou, narušení potrubí nebo vlivy interní, např. požár uvnitř, vnější vlivy jako zemětřesení, terorismus, pád letadla aj.

Díky projektovým opatřením jako je např. integrální reaktorová nádoba, mohou být u některých SMR-konceptů některé události vyloučeny - obzvláště velká havárie při ztrátě chlazení - nebo se mohou stát nepravděpodobnými.

U vodou nechlazených SMR-reaktorů ztrácejí některé havarijní události na významu, ale jiné mohou mít větší význam nebo mohou vzniknout zcela nová rizika, především u vnějších vlivů, např. u SMR-reaktorů na bázi plovoucí platformy s ohledem na klimatické změny.

Celkově je třeba pro SMR-koncepty identifikovat a analyzovat veškeré události způsobené vnitřními i vnějšími vlivy, prostřednictvím systematického přístupu, který zahrne všechny provozní a stavební podmínky modulárního zařízení.

Další zásadní bezpečnostně-technický požadavek na jaderné elektrárny představuje koncept odstupňovaných bezpečnostních úrovní (Defence in Depth, DiD). Jedná se o prevenci a zvládnutí havárií pomocí nouzových opatření – preventivních a mitigačních (omezujících účinky). K ochraně obyvatelstva mimo provozní areál jaderného zařízení jsou přijata některá nouzová opatření.

V oblasti vnitřní nouzové ochrany se u SMR-reaktorů diskutují podobná opatření jako u dnešních jaderných elektráren. Nakolik jsou tato opatření plánována u všech SMR-konceptů nebo zda jsou na základě očekávané vyšší spolehlivosti zařízení zrušena, se v současné době nedá zjistit.

Vzhledem k nutnosti a velikosti oblastí, pro které musí být uvažována radiologická kontaminace v případě havárie je u SMR-konceptů mnoho otevřených otázek.

Je třeba počítat s tím, že i u SMR-reaktorů budou muset vzniknout oblasti – vnější zóny havarijní ochrany, které budou významně přesahovat areál zařízení.

Jako měřítko pro dosaženou bezpečnostní úroveň SMR-konceptu budou používány integrální parametry z pravděpodobnostních bezpečnostních analýz (PSA), např. četnost, jakou lze očekávat jadernou škodu na jeden provozní rok reaktoru. Metody PSA musí být pro SMR-koncepty uzpůsobeny, neboť integrální parametry mohou vykazovat velké nejistoty.

U nových jaderných elektráren s vysokým výkonem jsou odvozené PSA parametry velmi nízké. Je proto otázkou, jak dosáhnou specifické SMR-koncepty – při zohlednění faktu, že pro zajištění stejné výroby elektřiny jako ve velkých elektrárnách je potřeba větší počet reaktorů – skutečně relevantní zvýšenou bezpečnost.

Různé SMR-koncepty nechlazené vodou předpokládají nasazení vyššího obohaceného uranu nebo využití plutoniového paliva nebo počítají s technologiemi přepracování. Toto je principiální nevýhoda. Díky plánům výrobců by mělo dojít k rozšíření velkého počtu zařízení, a tudíž k odpovídajícímu rozšíření štěpného materiálu, což je vzhledem k rizikům proliferace problematické.

Jako další významný rozdíl SMR-konceptů oproti dnešním výkonným reaktorům je často uváděno využívání systémů, které vykazují dlouhou životnost a jsou dodávány jako uzavřené systémy. Toto by mohlo díky zapečetění zjednodušit kontrolu a minimalizovat transporty. Díky vysokému stupni vyhoření se štěpný materiál stane po určitém čase neatraktivním.

Nevýhodou je ale vysoké požadované množství štěpného materiálu na začátku provozu reaktoru. Otázkou jsou také možnosti dohledu MAAE nad štěpným materiálem - mnoho standardních metod z této oblasti nelze využít u zvláštností SMR-konceptů

- Menší radioaktivní inventář v reaktoru
- Cílená zjednodušení
- Větší využití pasivních systémů

Vs.

- Snaha o redukci požadavků na bezpečnost a diverzitu bezpečnostních systémů
- Některé systémy zcela odmítají dnešní požadavky v oblasti interní nouzové ochrany, v oblasti havarijních zón

Celkově - na základě dnešního stavu informací - nelze konstatovat, že díky SMR-konceptům bude dosaženo podstatně vyšší bezpečnostní úrovně.

Sicherheitstechnische Analyse und Risikobewertung einer Anwendung von SMR-Konzepten (Small Modular Reactors) - Wissenschaftliches Gutachten im Auftrag des Bundesamtes für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) **Autorinnen und Autoren** Dr. Christoph Pistner Dr. Matthias Englert Christian Küppers Öko-Institut e.V. Dr. Ben Wealer, Björn Steigerwald, Prof. Dr. Christian von Hirschhausen, TU-Berlin, Fachgebiet Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik (WIP), Richard Donderer Physikerbüro Bremen Darmstadt, März 2021

https://www.base.bund.de/SharedDocs/Downloads/BASE/DE/berichte/kt/gutachten-small-modular-reactors.pdf?__blob=publicationFile&v=2

Překlad: Dana Kuchtová, Český Krumlov