



PLÁN PRO MALÉ A STŘEDNÍ REAKTORY

v České republice – využití
a hospodářský přínos

Pracovní skupina pro uplatnitelnost malých a středních reaktorů v České republice, květen 2023



MINISTERSTVO
PRŮMYSLU A OBCHODU



Foto: Shutterstock

OBSAH

Manažerské shrnutí.....	6	10 Zajištění a příprava lidských zdrojů.....	43
1 Úvod.....	8	11 Posouzení scénářů a variant.....	44
1.1 Cíle materiálu.....	9	12 Závěrečná doporučení.....	46
1.2 Prameny a zpracované dokumenty.....	10	13 Úkoly a odpovědnosti.....	48
2 Východiska pro přípravu dokumentu.....	12	14 Seznam zkratk.....	49
2.1 Dostupné podkladové analýzy.....	12	15 Přílohy.....	50
2.2 Vládní dokumenty týkající se přípravy výstavby SMR v ČR.....	12	15.1 Příloha A: Přehled jednání a závěrů pracovní skupiny.....	50
2.3 Energetické potřeby ČR do roku 2050 a závěrečná doporučení pro výstavbu SMR.....	12	15.2 Příloha B: Přehled lehkovodných technologií SMR s parametry dle studie Uplatnitelnosti.....	51
2.3.1 Výhled bilance elektrizační soustavy.....	12	15.3 Příloha C: Kritéria úrovně technologické připravenosti projektů SMR.....	52
2.3.2 Výhled bilance v teplárenství.....	13	15.4 Příloha D: Citlivostní analýza vstupních parametrů na LCOE SMR dle studie Uplatnitelnosti.....	53
2.3.3 Vodíkové hospodářství.....	13	15.5 Příloha E: Přehled lokalit dle studie Uplatnitelnosti.....	54
2.4 Mezinárodní spolupráce v přípravě SMR.....	14	15.6 Příloha F: Citlivost LCOE jednotlivých zdrojů na kapacitním faktoru a diskontu.....	56
2.5 Technologie SMR a jejich povolování v ČR.....	15	15.7 Příloha G: Možnosti exportního financování UKEF a EXIM.....	56
2.6 Ekonomika SMR.....	16		
2.7 Realizovatelnost SMR.....	18		
2.7.1 Přepavitelnost.....	18		
2.7.2 Aspekty možného využití SMR z hlediska „3 S“.....	18		
2.7.3 Odpovědnost za jadernou škodu.....	19		
2.8 Nakládání s vyhořelým jaderným palivem a radioaktivním odpadem.....	20		
2.8.1 Nakládání s VJP.....	20		
2.8.2 Nakládání s RAO a zajištění kapacity úložiště.....	21		
2.8.3 Financování ukládání RAO a náklady na vyřazování.....	21		
3 Hospodářský přínos.....	22		
3.1 Scénář 1: Koupě zahraničního SMR bez zapojení českého průmyslu.....	22		
3.2 Scénář 2: Výroba částí nebo celku SMR v ČR.....	23		
3.3 Scénář 3: Vývoj a nasazení českého designu.....	23		
3.4 České projekty SMR.....	24		
3.4.1 CR-100.....	24		
3.4.2 DAVID.....	24		
3.4.3 TEPLATOR.....	25		
3.4.4 Závěr k situaci ve vývoji českých SMR třetí generace.....	25		
4 Lokality a stav jejich přípravy pro umístění SMR.....	26		
5 Veřejné mínění.....	28		
6 Investorský model.....	30		
6.1 Varianta 1: Soukromá společnost či konsorcium.....	31		
6.2 Varianta 2: Soukromá společnost či konsorcium s podporou státu.....	31		
6.3 Varianta 3: Státem vlastněná společnost.....	32		
6.4 Varianta 4: Alternativní investorské modely a modely spolupráce.....	33		
7 Finanční model.....	34		
7.1 Zajištění návratnosti.....	34		
7.2 Zdroje financování.....	35		
8 Dodavatelský model a obchodní zajištění.....	38		
9 Legislativa a povolovací řízení.....	40		
9.1 Přehled základní legislativy.....	40		
9.2 Potřebná opatření v legislativní oblasti k eliminaci rizik povolovacího řízení.....	41		

MANAŽERSKÉ SHRNUTÍ

Malé a střední reaktory (SMR) budou v následujících pěti až deseti letech uvedeny na trh jako nástroj pro transformaci energetického systému na bezemisní a pro vládu mohou být řešením, jak garantovat bezpečnost dodávek elektřiny a tepla, popř. výrobu vodíku v systému založeném na obnovitelných zdrojích. Materiál shrnuje dosavadní poznatky v odvětví SMR, výsledky dedikované pracovní skupiny a popisuje rámec možného uplatnění v ČR. Vymezuje přístupy k hospodářským příležitostem SMR, včetně informací o českých projektech a nabídkách zahraničních výrobců SMR, shrnuje perspektivní lokality, v nichž SMR může nahradit fosilní zdroje pro výrobu tepla i elektřiny, popisuje investorské modely s cílem nastavit rovné, atraktivní podmínky pro investory a přehled související legislativy s popisem probíhajících opatření a návrhy potřebných změn.

Vlády zemí původu výrobců podporují vznik inovativního způsobu výroby a výstavby jaderných zdrojů založeného na flotilovém přístupu, který má zefektivnit a zpřístupnit výstavbu jaderných zdrojů, zejména snížením celkových investičních a provozních nákladů. Pro ČR je zapojení se do dodavatelského řetězce a výroba modulů v ČR strategickou příležitostí, která by znamenala rozvoj nového hospodářského zaměření, udržení jaderného know-how, dlouhodobé partnerství se zemí původu výrobce a plnění dekarbonizační strategie ČR. Současný nejpokročilejší západní projekt výstavby SMR probíhá v Kanadě a má být dokončen v roce 2028. Konkurenční výrobci počítají s dokončením prvních komerčních projektů na začátku 30. let. Výrobci nyní shánějí první zakázky a uzavírají memoranda o spolupráci s dodavatelským řetězcem, včetně českého. I přes potenciálně vyšší jednotkové investiční náklady, od výrobců deklarovaných 100 mil. Kč/MWe, po konzervativnějších odhady ve výši 165 mil. Kč/MWe, bude celková nominální investice do SMR významně nižší, než je tomu u vel-

kých zdrojů. To na rozdíl od velkých projektů v minulosti umožní investice do jaderných zdrojů v podobě SMR širšímu okruhu zájemců, včetně zapojení soukromého kapitálu. Velikost elektrárny je srovnatelná s dnešními

teplárnami, tj. jsou perspektivou jejich nahrazení. SMR mají nižší nároky na spotřebu vody a možnost suchého chlazení, což je zásadním předpokladem pro jejich dlouhodobý provoz v kontextu environmentálních výzev.

Předpokládaná doba výstavby je 3-5 let, s ohledem na standardizovanou výrobu a výstavbu je v případě opakovaných instalací v dané zemi nižší riziko změn, oprav a zpoždění projektu. Jednotný přístup regulátorů

má potenciál pro zrychlení a zlevnění výstavby.

V případě nepřipravenosti národního prostředí pro rozvoj SMR vzniká riziko oddálení prvních projektů, resp.

zhoršení dostupnosti technologií pro ČR a promarnění strategické průmyslové příležitosti. Nyní existuje nejistota ohledně povolovacího procesu. Dalším rizikem je proporcionálně vyšší produkce odpadu na jednotku vyrobené energie ve srovnání s velkými reaktory. U některých designů existuje s ohledem na modularizaci výstavby riziko nízkého zapojení českých firem, pokud ČR nevyužije příležitost k lokalizaci výroby. Odvětví SMR se v Evropě i ve světě nyní etabluje a ČR v něm může díky svému průmyslu a zkušenostem hrát významnou roli nejen v regionu střední Evropy. Evropská komise i evropský jaderný průmysl deklarovaly o nové odvětví v kontextu transformace energetiky zájem. Malé modulární reaktory jsou také aktuálně zahrnuté v návrhu nařízení Net Zero Industry Act mezi tzv. technologiemi s celkovými nulovými emisemi. Základním krokem je konsensus na zahrnutí technologie SMR do Státní energetické koncepce ČR. I přes to dnes trvají některé nejistoty s potenciálně významným dopadem na budoucnost energetiky v ČR a možnou roli SMR, přes unijní reformu trhu s elektřinou, mezinárodní snahy o harmonizaci SMR legislativy, po vládou zvažované zesítnění energetických aktiv. Z tohoto důvodu jsou na závěr stanoveny úkoly, které bude nutné ve spolupráci se všemi zúčastněnými stranami průběžně vyřešit v závislosti na uvedeném, především nalezení konsenzu na způsobu financování a veřejné podpory výstavby SMR pro vybrané investorské modely včetně eventuálního využití nízkouhlíkového zákona. Bez účasti státu nebude možné využít maximální potenciál SMR v ČR, což může být z pohledu zajištění energetické bezpečnosti důležitou agendou. Stát současně musí garantovat národní bezpečnost v kontextu SMR stejně jako u velkých jaderných elektráren na úrovni jaderné bezpečnosti, fyzického zabezpečení, radiační ochrany, personálního a kompetenčního zabezpečení nebo jiné hrozby v neprospěch veřejného zájmu prostřednictvím stávajících i nových regulačních a legislativních nástrojů.



Foto: Shutterstock

„Inovační vlna v podobě SMR má potenciál přetvořit způsob, jakým společnost a průmysl produkuje a užívají energii. Následujících pět až deset let bude zásadních pro uvedení těchto technologií na trh.“

William D. Magwood, IV, generální ředitel
Agentura pro jadernou energii OECD

Malé a střední reaktory (SMR) jsou v tomto dokumentu v návaznosti na definici Mezinárodní agentury pro atomovou energii (MAAE) definovány jako zdroje s elektrickým výkonem do 700 MW¹ s možností modulární konstrukce. Technologie SMR má potenciál zjednodušení výroby a výstavby jaderných zdrojů a reaguje na poptávku po nižších výkonech a nižší celkové ceně nízkouhlíkového zdroje. Mimo Rusko a Čínu² nejsou SMR ve světě doposud komerčně využívány a jedním z prvních takových by měl být projekt 300 MWe varného reaktoru BWRX společnosti GE Hitachi v Kanadě v roce 2028. Kon-

kurenční výrobci deklarují, že v tu dobu budou připraveni začít s výstavbou svého prototypu a již nyní navazují partnerství s energetickými a průmyslovými podniky v Evropské unii (EU), včetně ČR. Ačkoli se výrobci liší způsobem pojetí modularity, jsou technologicky všechny designy v popisované kategorii, tj. tlakovodní a varné reaktory, v zásadě srovnatelné a zásadním rozdílem mezi nimi je jen velikost výkonu a u varného typu odlišné nároky na nakládání s radioaktivním odpadem (RAO). V EU lze na základě dnes známých dat očekávat více než 2 GW instalované kapacity SMR do roku 2035 (cca 10 SMR).³

SMR považujeme za technologii uplatnitelnou společně s velkými jadernými reaktory. Podle dekarbonizačního scénáře ČEPS v Hodnocení zdrojové přiměřenosti ES ČR do roku 2040 (MAF) výstavba obnovitelných zdrojů společně s výstavbou nových velkých reaktorů nepokryje potřeby soběstačnosti v elektroenergetice České republiky, a bude potřebné dozdrojovat další až 3 GWe výkonu do roku 2050. Podle Vnitrostátního plánu České republiky v oblasti energetiky a klimatu (2023) je očekávána kapacita nových jaderných zdrojů v energetickém mixu ČR roku 2050 přibližně 4 GWe, s tím že použité modely bu-

dou dále upřesňovány v rámci přípravy aktualizace Státní energetické koncepce ČR (SEK). Energetické bloky s velkými jadernými reaktory tradičně zajišťují krytí základního zatížení elektrizační soustavy, v některých zemích jsou užívány i pro regulaci a tzv. flexibilní provoz (např. ve Francii). Energetické bloky se SMR jsou rovněž schopny pracovat v režimu proměnlivého elektrického výkonu k zabezpečení regulace výkonu v síti s vysokým zastoupením intermitentních zdrojů a kogenerace a jsou tak vhodné i pro teplárenské účely. České teplárenství tvoří přibližně z poloviny zdroje spalující uhlí a dodávající teplo do centrálního zásobování teplem. S ohledem na záměr nadále zachovat systémy zásobování teplem (SZT), jsou SMR vhodnou náhradou právě uhelných zdrojů. S ohledem na nižší spotřebu tepla v letních měsících a evropskou vodíkovou strategii je technologie SMR perspektivní také pro výrobu vodíku. Taxonomie EU pro udržitelné investice aktuálně poskytuje klasifikaci „udržitelných“ hospodářských činností a zahrnuje výstavbu a bezpečný provoz nových jaderných zařízení, pro něž vydaly příslušné orgány členských států v souladu s platnými vnitrostátními právními předpisy stavební povolení do roku 2045 k výrobě elektřiny nebo zpracování tepla, a to i pro účely dálkového vytápění nebo průmyslových procesů, například výroby vodíku (nová jaderná zařízení), jakož i zvýšení jejich bezpečnosti. SMR jsou příležitostí, jak v tomto časovém období zajistit potřebný výkon a tím energetickou bezpečnost ČR, vysokou míru soběstačnosti a plnit dekarbonizační závazky v prostředí, kde je uplatnitelnost jiných zdrojů pro výrobu tepla, elektřiny a vodíku limitovaná.

S ohledem na právní rámec, zkušenosti lidských zdrojů a stav průmyslu má ČR předpoklady stát se vůdčí zemí v energetickém a průmyslovém uplatnění SMR v EU a být aktivním hráčem v celém ekosystému SMR.⁴ Během roku 2022 se ČR aktivně zapojila do mezinárodních iniciativ, v rámci předsednictví v Radě EU využila program Pracovní skupiny pro jaderné otázky k představení národních přístupů k SMR a relevantní zástupci státní správy nabývali detailní přehled o stavu příprav jednotlivých zemí a samotné technologie. SMR mohou být pro ČR strategickou orientací s benefity v rovině energetiky, průmyslu, dodavatelských řetězců i vědy. Aktivní vůdčí role v EU může ČR přinést konkurenční výhodu v podobě rozvoje stávajících a příchodu nových společností v jaderné energetice, včetně vzniku nových přímých i nepřímých pracovních míst.

Uplatnění SMR v nízkouhlíkovém hospodářství ČR předpokládáme ve 30. až 40. letech 21. století, kdy budou SMR řešením v zásobování energiemi pro domácnosti, energetické i průmyslové podniky. Lze předpokládat, že projekty by následovaly postupně po sobě a v první fázi lze počítat s jedním, max. dvěma projekty výstavby. SMR jsou příležitostí s vysokou přidanou hodnotou pro český průmysl a díky vysokým požadavkům na expertízu, mohou hrát důležitou roli v dodavatelských řetězcích a představovat velký exportní potenciál. Současně mohou snížit hrozbu odsunu relevantní části českého energetického průmyslu do ciziny (např. Asie). Představují následující příležitosti:

• Rozvoj nového hospodářského zaměření: využít regulatorní

a technologické zkušenosti a nabízet je pro využití v EU a třetích zemích, vytvořit podmínky pro zapojení českých firem do ekosystému výrobců SMR pro dodávky do třetích zemí, vysoký pozitivní dopad na ekonomiku s nižšími investicemi,

• Udržení jaderného know-how: stát se centrem kompetencí, tj. expertízy, služeb i výroby v oblasti SMR, zatraktivnit vzdělávání v jaderné oblasti, lokalizovat nové projekty vědy a výzkumu,

• Upevnění pozice ČR v jaderné energetice: navázat partnerství se zemí původu výrobce a využít příležitost dlouhodobého partnerství,

• Plnění dekarbonizační strategie ČR: urychlit přechod na nízkouhlíkovou ekonomiku a s tím spojené plnění mezinárodních závazků a souvisejících klimatických cílů.

1.1 Cíle materiálu

Materiál vychází z Programového prohlášení vlády České republiky⁵ z ledna 2022, které uvádí úkol „Posílíme výzkum a vývoj a mezinárodní spolupráci v jaderné energetice a připravíme koncepci využití malých modulárních reaktorů v ČR“ a ustanovení Koaliční smlouvy⁶ na volební období 2021–2025 „Podpoříme výzkum a vývoj menších modulárních reaktorů a zapojení České republiky do mezinárodní spolupráce.“ Reaguje také na doporučení Mezinárodní agentury pro energii z roku 2021⁷ vytvořit plán pro identifikaci potenciální role malých modulárních reaktorů v českém

1 MAAE definuje jako malý reaktor s elektrickým výkonem do 300 MWe a jako střední reaktor do výkonu 700 MWe.

2 V Ruské federaci byla v roce 2019 zprovozněna plovoucí jaderná elektrárna Akademik Lomonosov se dvěma reaktory KLT-40C, každým o výkonu 35 MWe. V Číně je ve výstavbě SMR Linglong One s reaktorem ACP-100 o výkonu 126 MWe s očekávaným spuštěním v roce 2026. Oba projekty využívají reaktory třetí generace. Mimo to je od roku 2021 v Číně v provozu také reaktor HTR SMR, který řadí do čtvrté generace.

3 Tractebel/ENGIE (2023): SMR-Market analysis in the EU.

4 Potenciál možností a zkušeností českých výzkumných a průmyslových kapacit skýtá možnost vybudování výrobních a kapacit SMR pro potřeby ČR i dalších zemí střední Evropy.

5 <https://www.vlada.cz/assets/jednani-vlady/programove-prohlaseni/programove-prohlaseni-vlady-Petra-Fialy.pdf>

6 <https://www.vlada.cz/assets/media-centrum/dulezite-dokumenty/Koalicni-smlouva-SPOLU.pdf>

7 <https://www.iea.org/reports/czech-republic-2021>



Foto: Shutterstock

energetickém systému, zejména při dekarbonizaci průmyslu a sektoru dálkového vytápění.”

Stálý výbor pro výstavbu nových jaderných zdrojů v ČR (SVVNJZ) se na svém VI. zasedání dne 20. září 2022 usnesl, že SMR mají být uvažovány v kontextu SEK a zadal úkol vypracovat tento materiál, jehož hlavním cílem je uvést kroky pro rozhodnutí o přípravě podmínek pro výstavbu a provoz SMR v ČR. S ohledem na energetické potřeby se ČR již od 30. let 21. století zaměřuje pouze na lehkovodní projekty

s plánovanou komerční dostupností okolo roku 2030 od dodavatelů, jejichž státy přistoupily k Dohodě Světové obchodní organizace o vládních zakázkách (tj. především bez čínských a ruských projektů, které nejsou v tomto dokumentu uváděny). Technologie pokročilých reaktorů⁸ jsou s ohledem na vysokou míru inovace a nedostatek zkušeností ve vazbě na možnosti povolování uvažovány pro nasazení v komerčním provozu nejdříve po roce 2040, a proto je tento dokument zmiňuje pouze v kontextu konce palivového cyklu.

Materiál analyzuje současný stav připravenosti ČR a českého průmyslu pro využití technologie SMR a příležitosti s ním spojené. Uvádí doporučení na základě konzultací s orgány státní správy, průmyslem, finančním sektorem a sektorem vědy a výzkumu.

Je podkladem pro rozhodnutí SVVNJZ a vlády ČR o dalších krocích v oblasti SMR s ohledem na aktualizaci SEK a Politiky územního rozvoje ČR. Navrhovaným cílem je vytvoření podmínek pro umožnění výstavby SMR v ČR, včetně rozvoje průmyslu

a nastavení nediskriminačních podmínek pro všechny zájemce o technologii SMR v ČR.

1.2 Prameny a zpracovatelé dokumentu

Primární (původní) informační prameny byly užity prostřednictvím konzultace se zainteresovanými stranami v rámci pracovní skupiny Uplatnitelnost malých a středních reaktorů v České republice (PS SMR), která zahájila svou činnost v únoru 2022 a na VI. zasedání SVVNJZ dne 20. září 2022 byla formálně ustanovena v rámci struktury SVV-

NJZ (témata jednání a stanoviska PS SMR jsou uvedeny v příloze A). Dále individuální konzultace, účast na jednáních v rámci mezinárodních pracovních skupin (viz kapitola 2.4) a jednání Evropského jaderného fóra. Sekundární informační prameny byly užity ve formě podkladových studií (viz kapitola 2.1) a podkladů European SMR pre-Partnership. Zpracovatelem je Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO), které studii předložilo a projednalo v rámci Pracovní skupiny pro Uplatnitelnost malých a středních reaktorů v ČR (PS SMR) ustanovené na VI. jednání SVVNJZ ve složení: MMR, ČEZ/EDUII, SÚJB, MPO, MŽP, ÚV, ÚJV. Konzultace se zainteresovanými stranami

probíhala za vedení MPO od února 2022 v širším složení s vysokou účastí hostů (průmyslové svazy, energetické společnosti, kraje, dodavatelé v energetickém průmyslu, bankovní sektor, exportní a úvěrové instituce). MPO uzavřelo v průběhu let 2021 a 2022 dohody o mlčenlivosti s předními výrobci SMR za účelem sdílení důvěrných informací o projektech ve vývoji. Součástí sdílení informací prostřednictvím požadavku na poskytnutí informací (Request for Information – RfI) byly v průběhu jara a léta 2022 podniknuty mise k jednotlivým výrobcům s cílem získat aktuální přehled o reálném stavu projektů. Mise byly podniknuty společně s SÚJB a zástupci Skupiny ČEZ.

8 Rychlé reaktory, reaktory chlazené solí, plyny atp.

2 VÝCHODISKA PRO PŘÍPRAVU DOKUMENTU

Energetické bloky se SMR mají potenciál být především vhodnou náhradou uhelných bloků a velkých tepláren s cílem jejich dekarbonizace. V kontextu výkonných velkých jaderných zdrojů nebo naopak obnovitelných zdrojů s výkonem závislým na klimatu jsou SMR potenciálně chybějícím článkem mezi nimi, který je schopen poskytovat stabilní výkon a zároveň určitou míru flexibility podobně jako dnešní dožívající uhelné zdroje. Tato skutečnost znamená pro SMR určitou formu decentralizace v lokálním měřítku na úrovni průmyslu, měst a krajů, např. pro teplárenství ve spojení s SZT, dále mohou v budoucnu společně s obnovitelnými zdroji tvořit "páteř evropského bezuhlíkového energetického systému" a zároveň vyžadují nižší zálohy a rezervy než zdroje na úrovni 1 GWe a výše. Oproti velkým reaktorům mohou mít SMR vyšší měrnou investiční náročnost (mil. Kč/MWe) z důvodu nižšího efektu úspor z velikosti, zároveň však tato nevýhoda může být vykompenzována úsporou z počtu vyrobených kusů. S ohledem na nižší celkové kapitálové výdaje za SMR mohou být investice do ní pro investora dostupnější oproti velkým jaderným zdrojům. Nicméně potřebná investice bude s ohledem na svoji výši pravděpodobně i tak vyžadovat určitou součinnost ze strany státu.

2.1 Dostupné podkladové analýzy

- Jaderný reaktor malého výkonu pro výrobu tepla a elektřiny v ČR (program TIP, FR-TI4/280, dokončeno 2014)
- Uplatnitelnost malých a středních jaderných reaktorů v energetice ČR (program THETA, TK03010119, dokončeno 2022), dále jen "studie Uplatnitelnosti"
- Interaktivní mapa seismického ohrožení České republiky (pro-

gram THETA, TK03010160, bude dokončeno v polovině roku 2023),

- Vnitrostátní plán České republiky v oblasti energetiky a klimatu (MŽP/MPO, 2023)
- Analýza systémové integrace jaderných zdrojů (SMR a velkých bloků) a P2G do české elektroenergetiky a teplárenství (program THETA, TK04010084, bude dokončeno v roce 2024),
- Posouzení dekarbonizace dálkového vytápění v České republice (MPO, červen 2022),
- Hodnocení zdrojové přiměřenosti elektrizační soustavy ČR do roku 2040 (MAF CZ 2022),
- Market framework for financing small nuclear (Expert Finance Working Group on Small Nuclear Reactors, 2018)
- Small Modular Reactors: A new nuclear energy paradigm (MAAE, září 2022)
- Annual Energy Outlook 2023 (US Energy Information Administration, březen 2023)
- The NEA Small Modular Reactor Dashboard (NEA/OECD, březen 2023)
- SMR-Market analysis in the EU (Tractebel/ENGIE, květen 2023)
- Projected Costs of Generating Electricity 2020 (IEA, 2020)
- Dotazníkové šetření k českým designům SMR (MPO, únor 2023)

2.2 Vládní dokumenty týkající se přípravy výstavby SMR v ČR

Materiál navazuje na cíle stanovené v platné SEK, která definuje v cílové

strukturu výroby elektřiny jadernou energetiku jako jeden z pilířů energetického mixu ČR se zastoupením 46-58 % (k roku 2040). Materiál současně tento předpoklad rozšiřuje s ohledem na dosavadní vývoj v rámci evropské legislativy a závazky ČR s důrazem na dekarbonizaci hospodářství.

ČR v rámci tzv. Uhelné komise předpokládá odchod od uhlí v letech 2033 až 2038. Programové prohlášení vlády předpokládá spíše dřívější odklon. Tento předpoklad je impulsem k nalezení alternativ k vytápění a produkci elektřiny, přičemž SMR mají v tomto ohledu perspektivní uplatnění.

Význam materiálu spočívá v uvedení tématu technologie SMR do energetické a průmyslové perspektivy ČR a následné zakomponování do SEK, Národního akčního plánu rozvoje jaderné energetiky v ČR (NAP JE) a Koncepce nakládání s radioaktivním odpadem (RAO) a vyhořelým jaderným palivem (VJP). Tyto strategické dokumenty jsou předpokladem pro zahrnutí technologie do územních koncepcí a plánů.

2.3 Energetické potřeby ČR do roku 2050 a závěrečná doporučení pro výstavbu SMR

2.3.1 Výhled bilance elektrizační soustavy

Na základě MAF bude ČR postupně od roku 2025 stále více závislá na importu elektřiny ze zahraničí. Do roku 2050 hrozí celkový nedostatek elektřiny v rámci Evropy, a tudíž i omezené možnosti importu do ČR. ČEPS vyhodnotil celkem čtyři scénáře do roku 2040 (respondentní, konzervativní, progresivní a dekarbonizační), přičemž dekarbonizační scénář s cílem plnění závazků Zelené dohody pro

Evropu byl pro MPO vyhodnocen až do roku 2050. Tento scénář vede k významnému navýšení spotřeby elektřiny. Ze závěrů dekarbonizačního scénáře MAF vyplývá, že i při výstavbě celkem čtyř velkých jaderných bloků v lokalitách Dukovany a Temelín o jednotkovém výkonu 1,2 GWe, využití maximálního dovoleného importu elektřiny (tj. při 90% soběstačnosti) a nasazení plynových zdrojů bude elektrizační soustava v roce 2050 vykazovat vážnou zdrojovou nepřiměřenost vyžadující včasná opatření a investiční pobídky. Výkonový deficit v tomto scénáři dosahuje přibližně 2,8 GWe. Výši potřebného dovozování na úrovni až 3 GWe potvrzuje dle svých analýz i ČEZ, a. s. Ostatní scénáře předpokládají nižší růst spotřeby elektřiny, celkovou míru elektrifikace a pozvolnější útlum využívání uhlí a tím vykazují v roce 2040 i méně závažné dopady na zdrojovou přiměřenost. Modely použité pro aktualizaci vnitrostátního plánu České republiky v oblasti energetiky a klimatu ukázaly nižší předpoklady potřebného výkonu veškerých nových jaderných zdrojů ve výši ca. 4 GWe, které jsou však podmíněny splněním řady dalších parametrů a podmínek, mj. proto budou použité modely pro přípravu SEK dále upřesňovány a konfrontovány s dalšími studiemi (mj. ČEPS MAF 2023). Pokud nebude využito všech dostupných energetických technologií včetně SMR, potvrzují simulace reálné riziko, že ČR nebude schopna zajistit nejen cenově dostupné energie, ale pravděpodobně ani dostatek energie pro potřeby hospodářství (i za předpokladu masivního rozvoje obnovitelných zdrojů energie – OZE, akumulace a importu elektřiny).

2.3.2 Výhled bilance v teplárenství

Na základě studie Posouzení dekarbonizace dálkového vytápění v Čes-

ké republice⁹ je aktuálně prostřednictvím SZT obsluhováno cca 1,7 mil. českých domácností (cca 4 mil. obyvatel), přičemž dominantní palivem zůstává uhlí. Podle aktuální statistiky, která se týká držitelů povolení na výrobu tepelné energie, dosahuje výroba tepla z uhlí přibližně 55 %.

Odchod od uhlí představuje v teplárenství již ve 30. letech úbytek 52 PJ z celkových dnešních 88 PJ. Hlavní cíle ČR jsou mimo jiné zachovat účinné SZT, využívat vysokoučinnou kogeneraci a důraz na domácí zdroje (jádro, OZE, odpady ...) doplněné plynem. SMR jsou perspektivní čistou a účinnou kogenerační náhradou uhelných zdrojů napojených na systému SZT. Jiné alternativy vytápění představují emisní zdroje (biomasa, bioplyn), znamenají potřebu navýšení již tak vysoké poptávky po elektřině (tepelná čerpadla) nebo se jedná o dosud nevyužívané technologie využívající geotermální teplo.

2.3.3 Vodíkové hospodářství

Vodíková strategie ČR¹⁰ počítá v roce 2050 s potřebou cca 1,7 mil. tun nízkouhlíkového vodíku (nejvíce v dopravě 0,8 mil. tun, v hutnictví 0,4 mil. tun a v chemickém průmyslu 0,2 mil. tun), přičemž za perspektivní v podmínkách ČR spatřuje využití přechodně volné elektřiny z jaderné energie. Avšak ani předpokládaný přechodně volný elektrický výkon nemusí stačit. Pro účely výroby vodíku z jaderné energie je klíčové nastavení evropského rámce, který kromě zařazení výroby vodíku za pomoci nových jaderných elektráren do taxonomie udržitelných financí nyní nereflexuje bezemisní výrobu vodíku z jaderných zdrojů. Prvním krokem k nastavení podmínek je delegovaný akt ke směrnici o obnovitelných zdrojích (C(2023) 1086), který zahrnuje výpočtovou metodiku umožňující spe-

cifikaci vodíku z jaderných elektráren jako zeleného, při splnění náležitých podmínek. Aby byl nízkouhlíkový vodík nízkouhlíkovým, je pro něj stanovena prahová hodnota množství emisí, které při jeho výrobě vznikají. Legislativa počítá s možným zpřísněním této hodnoty po roce 2031. Dle současných návrhů některých členských států je možné, že bude hodnota emisní úspory zvýšena z 70 % na hodnotu taxonomickou, tedy 73,4 %, tedy 3 kg CO₂/1 kg vodíku. Evropská komise počítá s vytvořením systému celounijní certifikace tak, aby bylo možné jednotlivé druhy vodíku porovnávat. Certifikace by měla fungovat na základě metodického přístupu, který posoudí celkové emise skleníkových plynů zohledňující jejich životní cyklus. Evropská komise stanovila datum pro zveřejnění metodologie výpočtu úspor emisí nízkouhlíkového vodíku prostřednictvím aktu v přenesené pravomoci na konec roku 2024. V současné chvíli se na unijní úrovni mluví o tom, že by pravidla pro výrobu nízkouhlíkového vodíku měla být podobná jako ta pro obnovitelná paliva nebiologického původu.

Výroba vodíku s využitím elektřiny získané z tepla ze SMR je možná při poklesu zatížení v energetické soustavě i při plném výkonu reaktoru. Maximální využití výkonu reaktoru podpoří ekonomickou efektivitu bloku se SMR. Blok se SMR doplněný o elektrolyzéry může vyrobenou elektřinu dodávat do procesu získávání vodíku, čímž dojde k přesunu toků elektrické energie a zachování plného výkonu jaderného reaktoru. Nedochozí tak k nadbytečnému opotřebování technologie jaderného reaktoru v důsledku snižování a zvyšování výkonu. Posuzovaná technologie umožňuje z hlediska výroby vodíku využití nízkoteplotních elektrolyzérů pracujících na teplotách okolo 60 °C a s řízením reakcí primárně pomocí elektrické energie. Teplo pro nízkoteplotní elektrolyzéry není nutno

⁹ https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/strategicke-a-koncepcni-dokumenty/2022/6/Posouzeni-dekarbonizace-dalkoveho-vytapeni-v-Cesku_final.pdf
¹⁰ https://www.mpo.cz/assets/cz/prumysl/strategicke-projekty/2021/8/Vodikova-strategie_CZ_G_2021-26-07.pdf

¹¹ U reálných projektů bude užitečné provést ověřovací analýzu s výpočtem, která metoda bude ekonomicky efektivnější v kontextu s režimem provozu bloku se SMR.

dodávat, pouze elektřinu vyráběnou v SMR. Někteří výrobci deklarují možnost rozšíření elektrickým dohřevem vstupního média (např. pevné oxidy) na teplotu přes 800 °C.¹¹

Volbu technologie SMR je nutné doplnit i vhodným umístěním elektrolyzátoru. Vodík je extrémně hořlavý plyn, který bude mít vliv na jadernou bezpečnost. Při umístění musí být dodrženy požadavky platných právních předpisů včetně vymezení zón havarijního plánování a jiných prostorů zajišťujících ochranu před riziky za posouzení SÚJB. Pro úplnost jde kromě výroby vodíku i o jiné možnosti akumulace energie, jako jsou syntetická nízkouhlíková paliva, a to za stejných podmínek posouzení SÚJB, jako v případě vodíku.

2.4 Mezinárodní spolupráce v přípravě SMR

SMR v mezinárodním měřítku mohou být nástrojem k zajištění národních ekonomik některých států, které budou usilovat o jejich rozvoj v kontextu změn klimatu a globální energetické bezpečnosti. Z dosavadních deklarácí jednotlivých zemí a průmyslu je zřejmé, že již vzniká konkurenční prostředí. V regionu střední Evropy byl již deklarován zájem o výstavbu více než 80 jednotek SMR. Také výrobci zde začali uzavírat s průmyslem memoranda o spolupráci. Někteří regulátoři začali spolupracovat a podepsali memoranda o spolupráci s výhledem na společné posouzení designů konkrétních výrobců.

MAAE v roce 2022 založila Iniciativu pro harmonizaci a standardizaci v jaderné energetice (NHSI), které se účastní SÚJB. ČR je prostřednictvím SÚJB členem Fóra regulátorů SMR (SMR Regulators' Forum) při MAAE, do jehož pracovních skupin jsou zapojeny rovněž Státní ústav radiační

ochrany a MPO, které je současně členem Technické pracovní skupiny SMR. Jaderná agentura OECD (NEA) spolu s průmyslem pracuje na tematických oblastech „technologie“, „umožňující podmínky“ a „využití a trhy“ a vydává aktualizovaný přehled připravenosti jednotlivých designů (NEA SMR Dashboard) a v září 2023 začíná iniciativu Urychlení SMR pro čistou nulu (Accelerating SMRs for Net Zero), která má za cíl asistovat zainteresovaným zemím za dobrovolný příspěvek v urychlení příprav prostředí pro využití SMR a účastnit se jí může za dobrovolný příspěvek i průmysl a neziskový sektor. MPO sleduje 91 činností spjatých se SMR v různých pracovních a řídicích orgánech NEA a účastní se řídicího výboru NEA. Na evropské úrovni postupuje příprava tzv. European SMR pre-Partnershipu velice pomalu a lze očekávat závěry za cca tři roky. Navíc dochází k duplicitním strukturám, když mapuje národní regulace účastníků s možnými směry vývoje. Evropská komise ponechává přípravu na průmyslu (nucleareurope a Sustainable Nuclear Energy Technology Platform), prozatím nevyhodnotila pokrok od započatí diskuse v červnu 2021 a členské státy nebyly prozatím přizvány k jednání. Pracovní skupiny k povolování se účastní SÚJB. Český průmysl byl zapojen do představení pre-Partnershipu. V dubnu 2023 deklarovala Evropská komise spolu s průmyslem, že SMR jsou příležitostí k dalšímu zlepšení jaderné bezpečnosti (prostřednictvím inherentních bezpečnostních prvků SMR) a zvýšení stability sítě v kontextu rostoucího zastoupení obnovitelných zdrojů.¹² Malé modulární reaktory jsou také aktuálně zahrnuty v návrhu nařízení Net Zero Industry Act (COM(2023) 161) mezi tzv. technologie s celkovými nulovými emisemi. Nařízení by mělo ve výsledku pozitivně ovlivnit navýšení potřebných výrobních kapacit, rychlejší prosazení a rozšíření malých modulárních reaktorů pro-

střednictvím zjednodušení nutných administrativních procedur a povolenacích procesů a případně dalších nástrojů, které jsou v daném nařízení zahrnuty. V oblasti výzkumu probíhají efektivní činnosti v rámci ELSMOR (projekt Euratom 847553, do konce roku 2023) nebo TANDEM (projekt Euratom 101059479, do konce srpna 2025) a obecná koordinace v rámci SET Plánu (skupina IWG 10 se zástupcem MPO). EU započala politický dialog k SMR s USA v roce 2019, neprobíhá ale konkrétní spolupráce a nejsou nastaveny cíle.

Zásadní bude spolupráce na povolování, resp. pre-licenční výměna informací mezi regulátorem země původu a regulátorem země výstavby nebo regulátorem země, kde bude uděleno první povolení designu. Byla zahájena spolupráce SÚJB s francouzským ASN a finským STUK na testovacím případě pro možnou budoucí kooperaci při hodnocení designů před fází povolování a porovnání legislativ a přístupů u vyvíjeného designu Nuward. Probíhají jednání SÚJB o možnostech spolupráce i s dalšími zahraničními regulátory.

Pro akceleraci postupu spolupráce se nabízí možnost uzavření mezivládní dohody, která by založila strukturu pro vlády pro spolupráci na specifickém projektu se specifickými cíli, zašitila využití dodavatelského řetězce a výběr technologie. Pro samotné využití exportního financování není mezivládní dohoda zapotřebí. Exportní banky mají svá vlastní pravidla a tím je možnost ze strany vlády zasahovat do podmínek omezená.

Spolupráce zemí nebo koncernů na přeshraničním flotilovém přístupu, tj. realizace synergií při výstavbě a provozu vícero jednotek SMR v zemích v rámci regionu, není zatím tématem. Každá nestátní investice bude důsledně prověřována z hle-

diska zajišťování bezpečnostních zájmů ČR v návaznosti na zákon č. 34/2021 Sb., o prověřování zahraničních investic a o změně souvisejících zákonů (zákon o prověřování zahraničních investic).

2.5 Technologie SMR a jejich povolování v ČR

Technologie SMR představuje inovativní směr v jaderné energetice reagující na potřebu menších výkonů jaderného zdroje, neelektrické aplikace, snazší výstavbu a nižší cenu výroby jako celku. Nižší jsou uvedeny hlavní charakteristiky, specifika a očekávání. Přehled vybraných designů včetně parametrů je uveden v příloze B.

Výhody SMR jsou předpokládány v těchto oblastech:

- Modularita a standardizace umožňující sériovou tovární výrobu – možnost přípravy komponent a technologie mimo lokalitu v kontrolovaných podmínkách výrobního závodu, včetně testování a zajištění kvality s následným dovezením a sestavením hotových částí na lokalitu s pozitivním dopadem na délku a spolehlivost výstavby (mitigace výstavbových rizik).
- Investiční náročnost – i přes potenciálně vyšší jednotkové investiční náklady bude celková nominální investice do SMR významně nižší, než je tomu u velkých zdrojů. To umožní investice do projektu širšímu okruhu zájemců, včetně zapojení soukromého kapitálu.
- Rozměry – velikost modulů a ostatních součástí je typicky optimalizována pro transport, ačkoli někteří výrobci uvádějí značně rozměrné a těžké komponenty a velikost elektrárny je srovnatelná s dnešními teplárnami, tj. jsou perspektivou jejich nahrazení.

- Životní prostředí – nižší nároky na spotřebu vody a možnost suchého chlazení,
- Bezpečnost – jedním z cílů je snížit potřebu pohavarijních ochranných opatření tak, aby zóna havarijního plánování (Emergency planning zone – EPZ) byla nutná nejvýše na hranici areálu jaderného zařízení, a to v důsledku nižších rizik spojených s provozem. Nižší pravděpodobnost vzniku těžké havárie s tavením paliva a velkého úniku radioaktivních látek mimo ochrannou obálku reaktoru. Ve většině případů jsou obvyklé pasivní bezpečnostní systémy.
- Délka výstavby a dodržení harmonogramu – předpoklad výstavby je 3-5 let, s ohledem na standardizovanou výrobu a výstavbu je v případě opakovaných instalací (NOAK v dané zemi) nižší riziko změn, oprav a zpoždění projektu než v případě velkých bloků, jejichž výstavba trvá přinejmenším 6-7 let, nedojde-li ke zpoždění.
- Nízkoemisní výroba energie – jaderné zdroje mají emise na úrovni větrných elektráren.
- Stabilita dodávek elektřiny a možnosti flexibility – SMR umožňují určitou míru výkonové flexibility a mají potenciál pro stabilizaci sítě, obzvláště v kombinaci s výrobou vodíku.
- Efektivnější využití lidských zdrojů při výstavbě – SMR vyžadují nižší celkový počet odborných pracovníků na výstavbu. Díky tovární výrobě umožňují vyšší dlouhodobou produktivitu pracovních sil 24/7 oproti jednorázovým stavebním projektům.
- Efektivnější využití lidských zdrojů při provozu – SMR díky pasivním systémům a vyšší míře automatizace předpokládá mnohem

menší počet pracovníků potřebných k zajištění provozu.

- Neelektrické aplikace – SMR umožňují kombinovanou výrobu elektřiny a tepla, výrobu vodíku a v určité míře (vlivem výkonového rozsahu) i poskytování podpůrných služeb přenosové soustavě.

Předpoklady uplatnitelnosti SMR v ČR

- Soulad s bezpečnostními zájmy státu
- Podpora veřejnosti
- Podpora státu a krajů
- Vhodné přírodní podmínky a absence zdrojů nebezpečí, vzdálenosti od jiných zemí, demografické poměry
- Stabilní a transparentní investiční podmínky (právní a regulatorní rámec, ev. veřejná podpora v případě selhání trhu aj.)
- Úprava současné atomové legislativy, a včasné dokončení povolenacích řízení (zahraniční projekty) a schopnost dodavatelů jej úspěšně absolvovat v ČR, resp. se na něj připravit
- Včasný začátek výroby a dodání všech potřebných komponent s dlouhou dobou dodání neboli long-lead items, například reaktorová nádoba
- Zajištění financování, zejména u prvních projektů v ČR

Rizika technologie

- Připravenost technologie – riziko zpoždění prvních projektů, resp. změny ekonomických a technických parametrů výstavby a provozu oproti předpokladům.
- Legislativa & Regulace – nejistota povolovacích procesů nové

technologie regulačními orgány – především u koncepčně významně inovativních designů.

c. Zajištění dodávek jaderného paliva – nespolehlivost dodavatele, nedostupnost diverzifikace.

d. Radioaktivní odpad – riziko proporcionálně vyšší produkce odpadu na jednotku vyrobené energie ve srovnání s velkými reaktory, ev. radioaktivní odpady vznikající při nestandardních (havarijních) provozních událostech.

e. Hospodářské riziko – s ohledem na modularizaci výstavby existuje riziko nízkého zapojení českých firem, pokud ČR nevyužije příležitost k lokalizaci výroby.

f. Nadměrný zájem – s ohledem na zájem deklarovaný ve světě existuje riziko přetížení výrobních kapacit a posunutí výstavby v České republice po roce 2040.

g. Absence relevantních zkušeností – riziko nových, nevyzkoušených a neprověřených designových prvků, které kladou zvýšené nároky na výrobu komponent, výstavbu, a následný provoz, a to mj. z hlediska požadované odbornosti personálu provozovatele i jeho dodavatelů

h. Lidský faktor – nová technologie klade zvýšené nároky na lidské zdroje, a to kvalitativní (absence odbornosti a zkušenosti s novou technologií) i kvantitativní (potřebných odborníků nemusí být v příslušné době dostatek, také z důvodu paralelní poptávky po lidských zdrojích v celé EU i jinde

b. Přípravenost a schopnost dodavatele technologie naplnit podmínky stanovené investorem, zejm. v oblasti sdílení rizik, povolování, transferu technologie, financování aj.

c. Technologická připravenost, např. dle metodiky Technology readiness level navržené ve Studii Uplatnitelnosti¹³ (viz Příloha C), stav povolování technologie atp.

d. Možnost povolení v ČR – úzká vazba na zkušenosti ČR v oblasti jaderných technologií

e. Bezpečnostní charakteristiky – ověřené technologie, pasivní systémy

f. Přínos pro hospodářství ČR – zajištění dodávek energií pro průmysl, zapojení českých firem do dodavatelského řetězce dodavatele či výroba lokalizovaná v ČR

g. Ekonomika projektu a cena produkovaných energií – různé designy mohou dle konkrétního technického řešení dosahovat významně odlišných parametrů

h. Vhodnost pro lokalitu z pohledu infrastruktury (připojitelnost, přepravitelnost, dopad na životní prostředí)

i. Schopnost zhotovitele poskytnout investorem preferovaný dodavatelský model (např. deklarovaná realizace na klíč)

j. Požadavky na lidské zdroje a jejich zajištění

k. Tržní potenciál technologie – dostatečná poptávka umožňující vytvoření potřebné výrobní základny

SÚJB má omezené možnosti čerpat ze starších zkušeností, jelikož jsou

SMR stále ve vývoji. SÚJB na mezinárodní úrovni spolupracuje na všech dostupných platformách pro sdílení a výměnu informací (SMR Regulator's Forum při MAAE, NHTS, WENRA, pracovní skupina pro inovace NEA/OECD, spolupráce s Francií, Finskem, kontakty s Kanadou a dalšími státy na bilaterální nebo multilaterální úrovni) a snaží se získat a využít maximum aktuálně relevantních informací. PS SMR projednala problém, že v ČR není právně zakotven institut povolení nebo certifikace designu SMR. Není však vyloučeno užití podobného institutu posouzení shody a vzájemného uznávání, který se vztahuje na bezpečnostně významné systémy a komponenty, mezi které budou patřit i systémy v rámci SMR. Současná právní úprava problematiky jaderné energie je využitelná v případě lehkvodních SMR, které vycházejí ze známých technologií a mají obdobný životní cyklus jako velké reaktory, nicméně bude potřeba úprav především na úrovni vyhlášek v rámci atomového práva viz kapitola 9. S ohledem na tovární povahu produkce SMR by byl institut vzájemného uznávání přínosný, aby nebylo nutné opakovaně posuzovat a povolovat shodnou technologii. Další možností urychlení bez změny legislativy je v případě opakovaných hodnocení téhož designu zkrácení v rámci stávajících správních lhůt, které jsou definovány jako maximální, nikoliv jako pevné. Zůstává otázkou, kolik různých designů SMR je možné a smysluplné v ČR povolovat. Koordinace na úrovni PS SMR umožní zamezit neefektivitě v procesu výběru designu. Větší množství různých designů SMR může být limitováno odbornými i jinými kapacitami v rámci ČR.

2.6 Ekonomika SMR

Dle aktuálních dat z Annual Energy Outlook z března 2023 se měrná in-

vestice SMR (tedy vztažená na jednotku elektrického výkonu) na úrovni jednodenních nákladů ("overnight costs" - výše investice za předpokladu, že by elektrárna byla postavena přes noc, typicky tedy bez započítá-

ní nákladů na financování) pohybuje v intervalu přibližně 125 až 165 mil. Kč/MWe. Data poskytovaná přímo výrobcí, které má MPO k dispozici uvádí nejčastěji hodnoty okolo 120 mil. Kč/MWe. Vzhledem k neexistenci

první jednotky svého druhu (FOAK) však reálnou výši ceny ukáží až první projekty, což platí i pro efekt opakovaných staveb na snížení ceny (výsledky výstavby většího počtu bloků).

	MALÉ A STŘEDNÍ REAKTORY	VELKÉ REAKTORY
Výroba modulů [1/rok]	1-2	-
Délka výstavby [let]	3-4	6-7
Výkon [MWe]	až 700	700 a výše
Lokality	současné jaderné, brownfieldy	současné jaderné
EPZ [km]	Na úrovni areálu elektrárny	20 (EDU), 13 (ETE)
Velikost areálu [m2]	26 000 - 141 000	1 230 000 (ETE)

Tab. 1: Orientační porovnání typických parametrů jaderných zdrojů

Podle přehledu Mezinárodní agentury pro energii je jaderná energetika obecně konkurenceschopná s ostatními typy zdrojů elektřiny, hodnoceno indikátorem LCOE (Levelized Costs of Electricity – dlouhodobé měrné náklady na výrobu elektřiny). Předpokládáme, že SMR na úrovni LCOE mohou dosáhnout hodnot blízkých se výrobním cenám elektřiny z velkých reaktorů (negativní efekt možných vyšších jednotkových investičních nákladů z důvodu neexistence úspor z velikosti může být kompenzován úsporou související s pozitivními dopady vyššího počtu vyrobených bloků, kratší dobou výstavby či kogeneračním využitím). Studie Uplatnitelnosti uvádí hodnoty LCOE¹⁴ pro lehkvodní reaktory v rozmezí 1,4 až 2,1 tis. Kč/MWh (medián 1,9 tis. Kč/MWh), což odpovídá 60 až 90 EUR/MWh (medián 79 EUR/MWh). V závislosti na citlivostní analýze jednotlivých parametrů může dosahovat v mediánu za předpokladu WACC = 8% a kapacitního faktoru 85% zhruba 2,6 tis. Kč/MWh, což

odpovídá zhruba 110 EUR/MWh. Výsledky citlivostní analýzy na jednotlivé parametry dle studie Uplatnitelnosti jsou uvedeny v příloze D. Uvedené parametry a předpoklady jsou analytickým očekáváním, protože dosud nejsou realizovány projekty, které by je mohly potvrdit v praxi.

Nutno zdůraznit, že srovnání jaderných zdrojů s intermitentními zdroji elektřiny není na bázi LCOE objektivní, protože jsou charakterizovány různými náklady z pohledu systému jako celku (potřeba záloh, investice do sítí, podpůrné služby atp.) Z tohoto pohledu jsou SMR jako říditelné zdroje se stabilním výkonem méně náročné a potenciálně efektivnější než obnovitelné zdroje.¹⁵ Přínos malých, středních a velkých jaderných reaktorů bude zohledněn v aktualizaci SEK.

Cena vodíku produkovaného prostřednictvím SMR bude značně závislá na skutečné nákladové ceně elektřiny. Dle studie Uplatnitelnosti však

platí, že na takovou cenu vodíku má pozitivní vliv investice do elektrolyzérů s vyšší účinností.

Z pohledu celkových investičních nákladů na SMR jde při dozdrojování výše uvedeného výkonu ve výši 2,8 GW o cca 350 až 470 mld. Kč (jednodenní náklady v cenách roku 2022) na základě výše uvedených dat z Annual Energy Outlook 2023 (jde o dnešní předpoklady, skutečné hodnoty se mohou lišit). Při uvažování designů ve vysokém stupni vývoje jde s ohledem na výkon o zhruba 5-15 jednotek SMR připojovaných do sítě průběžně ve 30. a 40. letech.

S ohledem na selhání trhu a obecně nutné ingerence státu do výstavby nízkouhlíkových zdrojů (OZE, nové jaderné zdroje aj.), resp. mezinárodní doporučení v tomto smyslu pro zajištění financování a návratnosti, se doporučuje prověřit mechanismy veřejné podpory pro zajištění výstavby SMR v ČR, a to jak stávající instituty obsažené v zákoně č. 367/2021

Aspekty výběru konkrétního designu:

a. Preference investora a jeho připravenost nést rizika spojená s povolováním a výstavbou

13 Různé organizace používají odlišné definice, např. EU nebo MAAE

14 Při WACC na úrovni 5% a jednodenních nákladech 165 mil. Kč/MWe

15 Vhodnější srovnání může poskytnout metodika (i) VALCOE (Value-adjusted LCOE) Mezinárodní energetická agentura – jedná se o rozšíření ukazatele LCOE o členy vyjadřující vliv zdroje na soustavu nebo (ii) LACE (Levelized avoided costs of electricity – dlouhodobé měrné vyloučené náklady na výrobu elektřiny) – představuje hodnotu elektrárny pro síť a bývá uváděna společně s LCOE, metodiku využívá Energy Information Administration ve Spojených státech.

Sb., o opatřeních k přechodu České republiky k nízkouhlíkové energetice (dále jen nízkouhlíkový zákon), tak ostatní instituty a nástroje.

2.7 Realizovatelnost SMR

2.7.1 Převratitelnost

Podle informací výrobců SMR jsou designy vyvíjeny způsobem, který má vzhledem k budoucí tovární výrobě komponent umožnit přepravu na lokalitu ke kompletaci. Komponenty analyzovaných SMR jsou připravovány s ohledem na možnost transportu po zemi, železnici i vodě, ačkoli někteří výrobci uvádějí značné rozměrné a těžké komponenty. Obálkovou metodou se jedná o maximální rozměry zhruba 6x8x28 metrů pro největší komponenty a s maximální vahou v rozmezí 200-600 t podle konkrétního designu. Předpokladem tedy je bezpečná převratitelnost veškerých komponent na místa, kde připadá využití SMR v úvahu, zejm. současné lokality tepelných elektráren nebo tepláren díky již existující infrastruktuře, nicméně konkrétní projekt musí být v tomto duchu prověřen odpovídajícími analýzami včetně případných dodatečných nákladů na trvalá či přechodná opatření související s dopravou do lokalit.

2.7.2 Aspekty možného využití SMR z hlediska „3 S“

Koncept „3 S“, filozoficky, právně a politicky založený na doporučeních MAAE a mezinárodních úmluvách a právu Euratom, vyžaduje pro všechny činnosti či zařízení související s využíváním jaderné energie nebo ionizujícího záření zajištění Safety, Security a Safeguards, v českém kontextu daném atomovou legislativou jaderné bezpečnosti, radiační ochrany, zvládnutí radiační mimořádné události,

ti, zabezpečení a nešíření jaderných zbraní. Tyto principiální požadavky platí nejen pro energetická jaderná zařízení, ale také pro výzkumná jaderná zařízení a pracoviště se zdroji ionizujícího záření, takže je nesporné, že budou aplikovány také na malé a střední reaktory všech generací. Je pravděpodobné, že přístup k jejich naplnění bude odstupňován podle míry rizika, které je s těmito zařízeními nebo činnostmi spojeno, jak se ostatně děje již nyní, ale zcela jistě nebudou tyto principy a požadavky v případě SMR vyloučeny nebo minimalizovány na zanedbatelnou úroveň. SMR přinesou nepochybně řadu zjednodušení z hlediska 3 S, celkově však bude nadále přetrvávat potřeba safety, security a safeguards zajistit. Dále text věnuje pozornost oblastem security a safeguards, neboť oblast safety je v případě SMR středem zájmu a další komentář nevyžaduje.

Security (zabezpečení)

Security má za cíl ochranu jaderných materiálů a jaderných zařízení proti zneužití, krádeži či sabotáži, jejichž ultimátním cílem je vyvolání havárie nebo jejich zneužití k teroristickému nebo jinému protiprávnímu aktu. Účelem opatření v rámci security je typicky odrazení, detekce, zdržení a následné zneškodnění (detect, delay, defend/respond) takového útočníka a security využívá různé nástroje k dosažení tohoto účelu, obvykle různá výstražná zařízení, detekční systémy, ploty a jiné zábrany, kontrolu a evidenci vstupu, průmyslovou televizi, strážní služby apod. Tímto způsobem jsou fakticky zneužitelné jakékoliv jaderné materiály nebo radionuklidové zdroje (např. ke kontaminaci zdrojů potravy, výrobě výbušných zařízení nevyužívajících štěpnou reakci – „špinavá bomba“, narušení energetické bezpečnosti sabotáží apod.) a všechna jaderná zařízení, byť v nestejně míře. Opatření sloužící k zajištění bezpečnosti (safety) sledují jiný účel a iminentně nejsou využitelná současně k zajištění zabezpečení. Nezřídká

působí prvky bezpečnosti a prvky zabezpečení dokonce proti sobě.

Security je postavena na hodnocení rizik a následném nastavení odpovídající úrovně opatření a přiměřené volbě konkrétních nástrojů. Mezinárodní požadavky (i právně závazné, např. Úmluvou o fyzické ochraně jaderných materiálů a jaderných zařízení) dělí jaderné materiály a jaderná zařízení do kategorií a s nimi spojují konkrétní úrovně a intenzity zabezpečovacích opatření. Základním prvkem je rozdělení okolí materiálu a zařízení do soustředných zón, do nichž je kontrolován přístup a stanovena zosťřující se detekční a ochranná opatření. Hodnocení rizik, vycházející ze státem definované základní projektové hrozby, pak musí být využito k volbě odpovídajících konkrétních nástrojů. Přitom musí být zohledněny základní principy, jako např. omezení přístupu k informacím a jejich ochrana, ochrana před insidery zejména ověřováním a zajištěním důvěryhodnosti personálu, zajištění kyberbezpečnosti, systém řízení, kvality a kultury zabezpečení apod.

V případě SMR platí uvedená elementární východiska bez výjimky, protože i ony jsou jadernými zařízeními a mohou být uvedenými způsoby zneužity a musejí být proti takovým útokům chráněny. Totéž platí pro jaderné materiály s nimi souvisejícími, zejména pro palivo, af již čerstvé nebo vyhořelé. Některé bezpečnostní designové prvky, které zvyšují úroveň bezpečnosti oproti běžným jaderným zařízením, mohou hrát z hlediska security pozitivní roli, např. kompaktní a hermetické uzavření primárního okruhu v reaktorové nádobě, která současně tvoří kontejnment. Ovšem ani u takového řešení nelze vyloučit sabotáž zařízení, např. vystavením výbuchu, požáru nebo korozivnímu působení nebo zneužitím personálu k záměrnému poškození zařízení jeho běžnými provozními systémy. Platí tedy, že i SMR budou vyžadovat adekvátní hodnocení a následná opatření z oblasti security.

Ta v detailu pravděpodobně nebudou muset být identická s opatřeními u běžných jaderných zdrojů, v principu se ovšem od nich lišit nebudou a budou vyžadovat všechny výše zmíněné prvky, neboť SMR v zásadě nepřinášejí odchylky od rizik, kterým mají tato opatření bránit. S těmito skutečnostmi je třeba se vypořádat zčásti již ve stádiu designu SMR.

Safeguards (nešíření jaderných zbraní)

Safeguards, zjednodušeně řečeno, míří na prevenci zneužití jaderných materiálů a některých dalších položek, které se v jaderném průmyslu používají, např. k výrobě nebo provozu jaderných zařízení, pro účely vývoje nebo výroby jaderných zbraní. Jedná se o mezinárodně velmi přísně sledovanou oblast regulace jaderných a souvisejících aktivit, která je založena zejména na souboru mezinárodních smluv tvořených Smlouvou o nešíření jaderných zbraní a Zárukové dohody a Dodatkového protokolu k této dohodě, které slouží k jejímu provádění, a dále na mezinárodních doporučeních MAAE a jejich poradních orgánů. V oblasti práva Euratomu je oblast přísně regulována zejména nařízením Komise (Euratom) č. 302/2005 o uplatňování dozoru nad bezpečností v rámci Euratomu.

Podstatou safeguards je soustavná kontrola nad tím, kde se zneužitelné položky nacházejí, kdo k nim má přístup (resp. jeho zamezení), vedení jejich evidencí, kontrola jejich pohybu a prověřování a zajišťování, že nebudou předány nepovolaným osobám nebo státům, které by je mohly zneužít. Základem tohoto kontrolního systému je přesné vymezení takto sledovaných položek. Ty se dělí do několika kategorií (jaderné materiály, vybrané položky, položky dvojího použití) a jejich seznamy jsou kategoricky legálně stanoveny, přičemž není rozlišováno, k jakému typu jaderného zařízení se vážou. U těchto položek musí mít stát přesný přehled o jejich výskytu, pohybu a způsobu

nakládání a rozhoduje o tom, komu budou předávány. To klade značné nároky na osoby, které takové položky vyrábějí, dovážejí, distribuují a používají. V oblasti safeguards nejsou tedy regulačně dotčeni pouze designéři, konstruktéři a provozovatelé jaderných zařízení, ale také velká část dodavatelského řetězce, protože mezi sledované položky patří nejen systémy, konstrukce a komponenty jaderných zařízení, ale také obráběcí stroje, obalové soubory, některá měřicí zařízení, části takových položek, technologie, SW a HW použitelný k těmto účelům, atd.

Požadavky z hlediska safeguards dopadají na oblast SMR bez výjimky. Specifika jejich technologie, která jsou především bezpečnostní, totiž z podstaty věci nijak nevylučují či neomezuji zneužití takových zařízení nebo jejich jednotlivých systémů, konstrukcí a komponent k vývoji nebo výrobě jaderných zbraní. U některých zvažovaných designů je tomu dokonce právě naopak. Totéž se týká dodavatelského řetězce, který je v zásadě obdobný jako u tradičních jaderných zařízení. Správné zajištění nešíření jaderných zbraní vyžaduje, aby byly požadavky na něj zohledněny již ve stádiu designu, např. aby byla na jaderném zařízení umístitelná požadovaná monitorovací zařízení, pečete apod. To může klást na některé typy zvažovaných SMR naopak vyšší nároky, zejména u designů předpokládajících kompaktní a modulární řešení. Rovněž s těmito požadavky se musí budoucí nasazení SMR vypořádat.

Stát musí zajistit včasnou ohlašovací povinnost vycházející z požadavků výše uvedeného mezinárodního práva, ve které jsou zohledněny požadavky nařízení Komise (Euratom) č. 302/2005, vyplývající jak ze Zárukové dohody, tak z Dodatkového protokolu k této dohodě. Na základě Zárukové dohody je požadována především včasná povinnost poskytnout informaci o designu plánovaného a dále pak již konstruovaného SMR

pomocí příslušného formuláře, který je v předem určeném časovém horizontu zaslán MAAE a Evropské komisi. Dodatkový protokol pak požaduje postoupení informací týkajících se výzkumu a vývoje v oblasti SMR v České republice a také informace o plánovaných výstavbách SMR v České republice MAAE, a to vše v předem určeném časovém horizontu.

2.7.3 Odpovědnost za jadernou škodu

Budoucí nasazení SMR v ČR musí respektovat také požadavky spojené s odpovědností za jadernou škodu. ČR je v současné době smluvní stranou Vídeňské úmluvy o občansko-právní odpovědnosti za jaderné škody a na ni navazujících mezinárodních smluv. Ty kladou nároky z hlediska kompenzací škod, které je provozovatel jaderného zařízení povinen uhradit v případě vzniku havárie. Podobný režim se vztahuje také na přepravu jaderných materiálů. Provozovatel jaderného zařízení musí nahradit škody do stanovené výše a mít odpovídající pojištění odpovědnosti za škody. V českém prostředí je tento mezinárodní právní režim upraven zákonem č. 18/1997 Sb.

Z pohledu SMR současná úprava vídeňského režimu odpovědnosti za jadernou škodu nepřináší výjimky oproti standardním jaderným zařízením. Budoucí provozovatel SMR by měl splnit stejné legální požadavky a být připraven na odpovídající investice do povinného pojištění. Vyšší míra bezpečnost SMR nebo nižší výkonová hladina z tohoto hlediska nehrají roli. Nutno podotknout, že mezinárodně existují i jiné režimy odpovědnosti za jadernou škodu, které se odlišují vyšší odpovědnostních limitů, požadavky na povinné pojištění, postupem provádění kompenzací atd. (zejm. tzv. pařížský).

Z praktického hlediska může v budoucnu v ČR dojít k situaci, kdy budou

nasazovány designy ze zemí původu aplikujících jiné odpovědnostní režimy (typicky západoevropské a severoamerické státy). Pro dodavatele technologií nebo investory, popř. i provozovatele s cizím domicilem, může být vídeňský režim z různých důvodů nevyhovující, popř. mohou mít obavu ze vzájemné nekompatibility svých domácích režimů s režimem vídeňským, která by na ně mohla klást vyšší finanční nároky. Riziko může představovat i fakt, že některé státy EU odmítají tyto mezinárodní režimy zcela a v případě vzniku jaderných škod aplikují obecnou úpravu odpovědnosti za škodu, tzn. neomezenou a široce procesně pojatou. To může mít svůj význam při vzniku havárií s přeshraničními dopady, které vzhledem k pozici a velikosti ČR nelze absolutně vyloučit. Tyto aspekty by bylo možné překonat obecným mezinárodním konsensem, kterého však z politických důvodů nelze dosáhnout. Budoucí nasazení SMR musí tedy tyto okolnosti brát v potaz.

2.8 Nakládání s vyhořelým jaderným palivem a radioaktivním odpadem

Zodpovědnost za bezpečné nakládání s radioaktivním odpadem (RAO) a vyhořelým jaderným palivem (VJP) je v ČR rozdělena mezi držitele povolení k nakládání s RAO (shromažďování, třídění, zpracování, úprava a skladování radioaktivního odpadu), a stát, který ručí za bezpečné uložení RAO (Správa úložišť radioaktivních odpadů – SÚRAO). Provozovatel SMR musí při tvorbě strategií nakládání s RAO vycházet z platných právních předpisů, dbát zásad, cílů a doporučení uvedených v Koncepci nakládání s radioaktivními odpady a vyhořelým jaderným

palivem, o strategii nakládání, resp. předpokládaném množství a charakteru produkovaného RAO, informovat SÚRAO, která byla pro zajišťování činností spojených s ukládáním radioaktivního odpadu zřízena, provozuje v ČR úložiště radioaktivního odpadu a připravuje projekt hlubinného úložiště radioaktivního odpadu mj. pro vyhořelé jaderné palivo. Způsob zpracování a úpravy RAO a nakládání s VJP z nových jaderných zdrojů bude záviset na vybraném dodavateli jaderných reaktorů.

2.8.1 Nakládání s VJP

Z pohledu množství VJP a provozních odpadů bude potřeba predikce požadavků kapacity na uložení (případně skladování) z SMR průběžně upřesňovat a aktualizovat, jakmile bude známý dodavatel technologie (tlakovodní a varné reaktory). Pro ilustraci, množství předpokládaného VJP z SMR k uložení, tedy po fázi chlazení a jeho prohlášení za RAO, by při 60-letém provozu a při celkovém předpokládaném instalovaném výkonu 2,8 GW s roční výrobou elektřiny 21 TWh (koeficient využití 85 %) nemělo být pro ukládání v hlubinném úložišti problematické, ale zpřesňování odhadů inventáře je pro projektování hlubinného úložiště žádoucí (ilustrativně odvozeno z dat pro velké reaktory, jde o hmotnost cca 5 tis. tun a objem 250 m³ za celou dobu životnosti uvedeného výkonu). Odhadované množství VJP, které by mohlo být prohlášeno za RAO a uloženo do hlubinného úložiště, není svým množstvím vůbec zanedbatelné, naopak po procesu skladování (suchém chlazení) jde o významný příspěvek do inventáře, který se projeví v dimenzování hlubinného úložiště a může i vstupovat do hodnocení lokalit pro finální umístění tohoto úložiště. Z pohledu

čtyř vytipovaných lokalit hlubinného úložiště by však měl tento požadavek na kapacitu úložiště předběžně obstát¹⁶; přesto bude do budoucna zapotřebí specifikovat vlastnosti těchto odpadů (resp. radionuklidů obsažených), aby byly splněny limity a podmínky bezpečného provozu úložiště. V případě, že by provozovatel na základě ekonomických analýz a dostupnosti zásob uranu rozhodl o přepracování VJP (palivo MOX, palivo REPU, či příprava SMR reaktoru IV. generace s odlišným palivovým cyklem, než je u reaktorů typu PWR a BWR), bude zapotřebí definovat inventář RAO vzniklého po přepracování.

U SMR vycházející z 3. generace reaktorů je typicky podle informací výrobců po mokřém chlazení VJP předpokládáno jeho skladování ve skladu (suché chlazení) před předpokládaným uložení v hlubinném úložišti, resp. jeho přepracováním, stejně jako tomu je u velkých jaderných reaktorů. V současnosti jsou v ČR sklady VJP v areálu stávajících jaderných zdrojů ve vlastnictví ČEZ, resp. se budují nové. Vybudování skladu VJP v blízkosti každého SMR představuje neefektivní navýšení nákladů pro jeho vybudování a zabezpečení, povolovací řízení a rizika spjatá s veřejným míněním. Vedle možného využití stávajících skladů v areálech ETE a EDU (či rozšíření jejich stávající kapacity) se nabízí možnost vybudování centrálního skladu; takovou lokalitou může být záložní varianta ČEZ „CSVJP Skalka“ jižně od města Bystřice nad Pernštejnem v okrese Žďár nad Sázavou – viz Politika územního rozvoje ČR čl. 169a Sk2 a Schéma 10. Možnosti realizace, rozšíření a provoz skladu Skalka či přípravy nového centrálního skladu je nutno analyzovat. Také bude nezbytné analyzovat podmínky pro přepravu VJP z energetických reaktorů, které se zatím v ČR nerealizují.

2.8.2 Nakládání s RAO a zajištění kapacity úložiště

Z pohledu nakládání s RAO je daleko významnější překážkou pro realizaci SMR v ČR zajištění kapacity úložišť pro RAO pocházející z provozu a vyřazování těchto zařízení (velmi nízko-, nízko- a středněaktivní RAO). Z koncepce nakládání s RAO a VJP je zřejmé, že stávající kapacita pro přijetí odpadů z více než jednoho nového zdroje bude nedostačující v případě úložiště Dukovany. Z povahy varných reaktorů lze předpokládat u takových zařízení větší množství kapalného RAO a aktivovaného materiálu přepočteného na výkon reaktoru při vyřazování. Přetrvává tak nutnost přípravy a posouzení variant pro zajištění dodatečných kapacit (rozšířením stávajícího úložiště Dukovany ve správě SÚRAO či vybudováním nových, resp. vybudováním těchto prostorů v komplexu připravovaného hlubinného úložiště). Provozem jaderných reaktorů při vyřazování z provozu vzniká RAO, které není možné uložit do přípovrchových úložišť. Jde o část aktivovaného materiálu skladovaného po celou dobu provozu v areálu zařízení JE. Tyto odpady budou v rámci vyřazování jaderných zařízení upraveny tak, aby

mohly být přijaty do hlubinného úložiště společně s případným VJP po jeho prohlášení za RAO v souladu s právními předpisy. Pro jejich uložení byly navrženy betonové obalové soubory s vnějším a vnitřním ocelovým pláštěm (tzv. betonkontejnery). S těmi Koncepcí nakládání s RAO a VJP počítá jak při vyřazování stávajících jaderných zdrojů, tak i přípravou nových velkých zdrojů.

Zajištění kapacity pro jakékoli nové jaderné zařízení, SMR nevyjímaje, je mj. jedním z technických screeningových kritérií nařízení Evropské komise o Taxonomii EU pro oblast jaderné energetiky do systému nakládání s radioaktivním odpadem. Problematikou zajištění kapacity pro provozní RAO řeší úkol daný usnesením vlády č. 24/2023¹⁷, kdy přijetím této studie bude zapotřebí předpokládaný inventář rovněž rozšiřovat o příspěvek z SMR průběžně při aktualizaci Koncepce nakládání s RAO a VJP.

2.8.3 Financování ukládání RAO a náklady na vyřazování

Držitel povolení nakládání s RAO, resp. provozovatel bude pravidelně přispívat pravidelným poplatkem

na tzv. jaderný účet, jehož výše je určena Hlavou V atomového zákona a měla by být průběžně aktualizována v návaznosti na platnou SEK a Koncepci nakládání s RAO a VJP. Tím držitel povolení nese veškeré náklady spojené s nakládáním s RAO po jeho uložení, včetně monitorování úložiště po jeho uzavření. Tento poplatek se týká obecně energetických jaderných zdrojů, které slouží primárně k výrobě elektrické energie; pro případ, že by byl vystaven kogenerační SMR zdroj primárně pro plnění funkce zajištění dodávek tepla v topné sezóně, je zapotřebí nadefinovat novou kategorii poplatku odvedenou z vyrobeného tepla v ustanovení § 121 atomového zákona.

Od doby vydání povolení fyzikálního spouštění SMR reaktoru, bude provozovatel dále si vytvářet rezervy na vyřazování jaderného zařízení z provozu na vázaném účtu, a to do doby ukončení výroby elektrické energie. Způsob vytváření těchto rezerv a výnosy z nich se řídí atomovým zákonem a vyhláškou č. 250/2020, o způsobu stanovení rezervy na vyřazování z provozu jaderného zařízení a pracoviště III. kategorie a pracoviště IV. kategorie, ve znění pozdějších předpisů.

16 Rutovič a kol. (2020): Hodnocení potenciálních lokalit HÚ z hlediska klíčových kritérií technické proveditelnosti. – TZ 457/2020, SÚRAO, Praha.

17 Vondrovic a kol. (2022): Vyhodnocení vlivu Nařízení Komise o Taxonomii EU pro oblast jaderné energetiky do systému nakládání s radioaktivním odpadem v ČR ve vztahu k činnostem SÚRAO. – TZ 601/2022, SÚRAO, Praha

3 HOSPODÁŘSKÝ PŘÍNOS

Projekt jaderné elektrárny má dopad na hospodaření země ve dvou rovinách: (i) ekonomická aktivita v průběhu výstavby a (ii) ekonomická aktivita v průběhu jejího provozu včetně fáze vyřazování z provozu.

Dopad na hospodářství má dále exportní potenciál existujícího lokálního průmyslu do zahraničí. Předpokladem pro maximalizaci hospodářského přínosu výstavby a výroby SMR v ČR jsou (i) lokalizace výroby pro

tuzemské i zahraniční projekty, (ii) připravenost českých dodavatelů zapojit se do projektů a (iii) dostatek kompetentních lidských zdrojů. Následující tabulka ilustruje ekonomické dopady jaderného průmyslu ČR:

EKONOMICKÉ DOPADY JADERNÉHO PRŮMYSLU ČR V ROCE 2019 [mld. EUR]	HDP	PŘÍJMY DOMÁCNOSTÍ	PŘÍJMY VEŘEJNÝCH ROZPOČTŮ	POČET PRACOVNÍKŮ
Celkem	11,7	8,6	5,5	29 600
z toho				
přímé dopady	3,1	3,2	1,7	11 200
nepřímé dopady	8,6	5,4	3,8	18 400

Tab. 2: Ekonomické dopady jaderného průmyslu ČR v roce 2019¹⁸

Ekonomické dopady průmyslu spjatého se SMR, tj. samotná výstavba, možná továrenská lokalizace výroby v ČR a export do zahraničí vyžaduje další analýzy.

Pro ČR je technologie SMR příležitostí ve dvou rovinách:

a. Energetický přínos SMR – Vzhledem k výše uvedenému riziku nedostatku elektřiny budou SMR pravděpodobně jednou z mála možností, jak zvýšit soběstačnost ve výrobě elektřiny nad rámec rozvoje ostatních energetických zdrojů. Pouze pro kontext lze uvést hodnotu nedodané elektřiny (odráží ochotu zákazníků krátkodobě platit za nepřerušenu dodávku) dle MAF 2022, která je na úrovni 4 016 EUR/MWh. MAF dále simuluje tržní ceny elektřiny až do roku 2040, přičemž odhaduje hrubou marži výrobců elektřiny na úrovni 700 až 7 800 Kč/MWh, která indikuje potřebu dozdvojení a vysokou pravděpodobnost návratnosti investic do nových zdrojů.

b. Ekonomický přínos SMR – Pro ČR je i díky historickým zkušenostem v jaderném sektoru potenciál hrát významnou roli v regionálním či globálním kontextu SMR. Výroba SMR v ČR či zapojení českých firem do dodavatelských řetězců je příležitostí pro hospodářství ČR díky vysoké přidané hodnotě produkce v odvětví.

S ohledem na původ a umístění výroby technologie, lze o SMR v hospodářství ČR uvažovat v těchto rovinách:

3.1 SCÉNÁŘ 1: Koupě zahraničního SMR bez zapojení českého průmyslu

Jedná se o výběr zahraničního designu pro naplnění energetických potřeb ČR bez požadavku významného zapojení českého průmyslu do výroby technologií, který je pravděpodobně nejjednodušší varian-

tu, ačkoli představuje nevyužitou příležitost být vedoucí zemí ve vznikajícím odvětví SMR. Nejpokročilejší zahraniční projekty elektráren s lehkovodními reaktory dle úrovně technologické připravenosti, které lze potenciálně povolovat dle stávajícího atomového práva, jsou zpravidla o výkonu nad 300 MWe (tj. zhruba výkon současných uhelných elektráren a tepláren v ČR, které bude nutné nahradit v průběhu odstavení uhelných zdrojů v následujících 15 letech) s výjimkou projektu SMR-160 společnosti Holtec International o nižším výkonu na úrovni 160 MWe. Další z nejpokročilejších lehkovodních konceptů od firmy GE-Hitachi je varného typu, jehož licencování je však dle stávající legislativy potenciálně problematické. Z těchto projektů, tj. těch, které mají vysokou pravděpodobnost komercializace, předpokládá vybírat i Skupina ČEZ pro své první projekty SMR. Otázkou zůstává, do jaké míry budou tyto zahraniční designy dostupné při vysoké poptávce, která je indikována např. sousedním Polskem¹⁹ (informace o plánu na 79 reaktorů od GE

Hitachi, až 8 GW od Rolls-Royce SMR a další).

3.2 SCÉNÁŘ 2: Výroba části nebo celku SMR v ČR

Z bilaterálních jednání vyplývá, že výrobci SMR poptávají české firmy pro výrobu komponent svých SMR. Někteří z nich nabízejí i výstavbu továren pro výrobu modulů v ČR. Za předpokladu regionálního přístupu jde o příležitost pro český průmysl na dodávky do projektů v okolních zemích a vlivu na výběr designu SMR, pokud bude ČR zastávat vůdčí roli již od počátku. Výroba v ČR dále nabízí příležitost k vytvoření regionálního servisního a tréninkového centra a dalšímu rozvoji na poli vědy a výzkumu. V rámci tohoto scénáře je uvažována i možnost zapojení do vývoje zahraničního designu, pokud by takový zájem některý z výrobců pokročilých projektů projevil, z bilaterálních jednání nicméně takový scénář dosud nevyplýnul.

Typické komponenty, o které zahraniční výrobci projevují zájem jsou suroviny a materiály (plech z uhlíkové oceli), výroba tlakové nádoby včetně vestavby, zařízení pro manipulaci s materiálem (jeřáby/zdvihací zařízení, atp.) a palivem včetně kontroly palivových souborů, komponenty primárního okruhu (potrubí, ventily, čerpadla, výměníky),

komponenty sekundárního okruhu (turbíny, generátor, vývody elektrické energie), simulátory, měření a regulace, diagnostické systémy, chladicí systémy, zajištění chemických režimů, doplňovací systémy, zpracování radioaktivních odpadů a jejich ukládání.

I z důvodu vysokého zájmu okolních zemí, jako je Polsko, má ČR příležitost využít svoji konkurenční výhodu díky existujícímu jadernému průmyslu a být aktivní a vedoucí zemí v oblasti SMR zahrnující výrobu a poskytování služeb uvedené v následujících kapitolách.

ČR nemá aktuálně možnost výroby jaderného paliva, a to ani na úrovni kompletní palivových souborů v licenci některého zavedeného dodavatele s využitím obohacovacích kapacit v zahraničí. V případě lokalizace výroby v ČR by bylo vhodné uvažovat i o lokalizaci výroby jaderného paliva.

3.3 SCÉNÁŘ 3: Vývoj a nasazení českého designu

ČR má v jaderné energii bohatou vědecko-výzkumnou základnu, která je finančně podporována především Technologickou agenturou ČR (TAČR), prostřednictvím institucionální podpory a účelové podpory MŠMT určené na úhradu provozních

nákladů projektu velké výzkumné infrastruktury CICRR (dříve Experimentální jaderné reaktory LVR-15 a LR-0 a JHR-CZ).

Účelová podpora MŠMT určená na úhradu provozních nákladů projektu velké výzkumné infrastruktury CICRR, jejímž jedním z hlavních cílů je poskytnout komplexní platformu technologických a experimentálních zařízení, vybavení a schopností pro výzkum a vývoj v oblasti jaderných a energetických zařízení, mj. malých modulárních reaktorů, přesáhne v letech 2023–2026 částku 760 mil. Kč. Prostřednictvím TAČR byly podpořeny projekty související s jadernou energetikou v programech THETA (např. Uplatnitelnost SMR) či DELTA (určeném pro mezinárodní spolupráci) a dále v programu Národní centra kompetence (pro aktuální období Centrum pokročilých jaderných technologií II, kde je pro období 2023–2028 alokována podpora přesahující 500 mil. Kč).

Již dnes existují ve fázi vývoje české projekty SMR, které mají potenciál komerčního a průmyslového uplatnění. V kontextu českého atomového práva a technologické připravenosti existují dnes české projekty SMR uplatnitelné ve dvou časových horizontech:

a. 30. léta: v ČR jsou vyvíjeny v rané fázi 3 projekty elektráren s lehkovodními reaktory s deklarovanou dostupností ve 30. letech v případě realizace:

PROJEKT	VÝKON (MWE MWT)
ZČU/CIIRC Teplator	n.a. 200
SMR Witkowitz David	50 175
CVŘ CR-100	< 50 100

Tab. 3: České projekty SMR 3. generace

b. 40. léta: v ČR běží dále projekty pokročilých reaktorů Energy Well, HeFASTo, příp. demonstrátoru Allegro. Tyto projekty dnes zpravidla čerpají podporu v rámci programů TAČR. Jejich uplatnitelnost je nejméně o dekádu dále než u lehkovodních reaktorů, nicméně jsou dnes významné z pohledu budování znalostní základny a udržení know how světové úrovně pro budoucí využití reaktorů IV. generace v ČR i zahraničí.

s výjimkou projektu TEPLATOR, který demonstrační jednotku prezentuje již před rokem 2030. Z pohledu harmonogramu je i přes použití ověřených technologií u některých uvedených projektů stále nutné počítat s experimentálním ověřením relevantních částí reaktoru při jeho vývoji.

3.4.1 CR-100

CR-100 využívá tlakovodní typ reaktoru o tepelném výkonu 100 MWt. Tento projekt je zaměřen na kogeneraci tepla a elektřiny. Projekt je navrhován jako náhrada za fosilní zdroje využívané pro centrální zásobování teplem. V případě úspěšného vývoje projektu je plánována jeho výstavba ve 30. letech. Velikost elektrárny je možné zvýšit konfigurací dvou a více reaktorů. Pozitivní je užít již jinde používaného a osvědčeného komerčně dostupného paliva. Projekt očekává především účast českých společností na dodávce všech potřebných komponentů pro realizaci projektu a uplatnění SMR v ČR. Výjimkou je jaderné palivo, kde se očekává dodávka od některého z ověřených dodavatelů ETE a EDU.

Řešitelská organizace má bohaté zkušenosti s problematikou jaderných technologií. Řešitel disponuje alespoň minimálními nutnými vlastními lidskými zdroji, aby mohl naprojektovat toto jaderné zařízení. Projekt se dle poskytnutých informací jeví realisticky, jde o typický reaktor 3. generace s menším množstvím inovací. Technické parametry provozní i výstupní jsou v mezích, které nevybočují z dosavadních zkušeností s tlakovodními technologiemi, nebudou vyžadovat významné změny používaných materiálů a jsou dobrým předpokladem pro realističnost řešení. Na rozdíl od některých jiných SMR ve světě není v projektu CR-100 uvažován vysoký podíl pasivních bezpečnostních prvků, ale je deklarována určitá míra pasivní bezpečnosti díky nízkému

výkonu a možnosti pasivního odvodu zbytkového tepla.

Koncept se zdá být proveditelný a svým relativně konzervativním pojetím bezpečnostně odpovídající současné generaci JE s výhodou nízkého měrného výkonu. Určité prvky projektu budou vyžadovat další bezpečnostní analýzy a průkazy bezpečnosti, které budou klást nároky na zdroje a vnášet do dalšího vývoje nejistotu. Harmonogram je ambiciózní, s využitím správných vstupů a předpokládaných zdrojů však není neproveditelný, byť se určité zpoždění dá očekávat, zejména v jeho počátku. S ohledem na ranou fázi vývoje jsou ekonomické parametry projektu na úrovni předběžných odhadů.

3.4.2 DAVID

SMR DAVID je založen na tlakovodním reaktoru instalovaným výkonem 50 MWe, resp. 175 MWt. Výkon elektrárny je možné zvýšit konfigurací až osmi reaktorů. Tento design má využívat podobnou technologii, komponenty a aktivní zónu z palivových souborů využívaných v současných reaktorech VVER. Projekt uvažuje po vyhoření palivových souborů vkládat celou aktivní zónu do kontejneru na uskladnění vyhořelých palivových souborů. Projekt DAVID SMR je koncipován jako kogenerační nízkouhlíkový zdroj dálkového vytápění nebo pro výrobu vodíku.

Informace poskytnuté v souvislosti s tímto projektem jsou obecné. Skupina Witkowitz má zkušenosti především v nejaderné části technologie, tj. ve strojírenské výrobě, nicméně samotná společnost Witkowitz Atomica, a.s. uvádí o v minulosti realizovaných projektech a hospodaření minimum informací. V týmu řešitele jsou akademičtí pracovníci zkušení v oblasti jaderné technologie. Společnost uvádí spolupráci se slovenskou společností VUJE, a.s., která disponuje know-how v oblasti hod-

nocení jaderné bezpečnosti. Projekt obsahuje celou řadu inovativních myšlenek. Informace jsou zatím spíše obecné. Zejména s ohledem na bezpečnostní rizika a související bezpečnostní analýzy tak nelze předběžně posoudit vliv na jadernou bezpečnost a radiační ochranu. Harmonogram projektu se jeví ambiciózně. Řešitelé předpokládají mezinárodní uplatnění SMR David. Nyní však existuje pouze předběžný hrubý odhad nákladů souvisejících s projektem a ekonomikou SMR.

3.4.3 TEPLATOR

Jádrem projektu TEPLATOR je těžkovodní reaktor s tepelným výkonem 50 až 200 MWt, ve kterém je uvažováno využívání čerstvých nebo použitých palivových souborů pro výrobu tepla (výhradně). Informace v dokumentu jsou často velice stručné a není možné jejich hodnocení z hlediska reálnosti a možných výzev v oblasti jaderné bezpečnosti. Jde o design inspirovaný ověřenou technologií reaktorů CANDU, který předpokládá i možnost využití použitého paliva pro zlepšení ekonomiky produkovaného tepla. V případě zavážení čerstvého paliva se design ideově blíží osvědčenému CANDU konceptu. Předpokladem uplatnění designu je včasné zvládnutí v ČR některých dosud neřešených oblastí,

kteřé ale jsou v zemích se zkušeností s těžkovodními reaktory zvládnuté. V případě využití použitého paliva budou velkou výzvou manipulace s ním a ověření jeho stavu před zavazením do reaktoru. Výzvou dále může být získání provozní licence od výrobce paliva, vzhledem k tomu že do současné doby žádný světový výrobce paliva, takovou licenci pro ozářené palivo neudělil. Autoři uvádějí, že nyní je primárně uvažováno palivo čerstvé.

Řešitelé projektu mají zkušenosti a zázemí především v akademické sféře. Není jasné, zda a v jaké fázi jsou řešitelé v jednání s dodavatelem projektu. Projekt přináší řadu atypických prvků, které mohou představovat z hlediska bezpečnosti výzvu, a to i bez předpokládaného využití ozářeného paliva. Časový harmonogram projektu působí ambiciózně.

3.4.4 Závěr k situaci ve vývoji českých SMR třetí generace

Vyhodnocované projekty mají charakter malých modulárních reaktorů, které se jistě typově budou hodit pro náhradu zejména v oblasti teplárenství, avšak lze předpokládat, že i reaktory této kapacity budou v jiných zemích vyvinuty dříve. Protože tato oblast podléhá tržním podmínkám, je

riziko, že uživatelé využijí již na trhu dostupné řešení vyvinuté v zahraničí.

Předkladatelé neposkytnuli dostatečné množství dat, ze kterých by bylo možné detailně posoudit celkovou finanční náročnost vývoje českých designů. Vzhledem k jejich velmi ranému stupni vývoje a pozdější předpokládané dostupnosti prototypů existuje v současné době pochybnost, zda jsou investice do vývoje českého designu vhodnou volbou.

Na základě obdržených informací od jednotlivých projektů je nutno konstatovat, že je sporné, aby Česká republika financovala paralelní vývoj několika technologií malých modulárních reaktorů bez spolupráce se zahraničními subjekty. Pochybnosti vyvolává rané stádium vývoje českých projektů v porovnání s jinými zeměmi, a to s ohledem na možnost využití této technologie i v České republice.

Technologie SMR má mít své pevné místo v podpoře vědy, výzkumu a inovací v rámci současných nástrojů. České projekty mají být podpořeny v rámci dalších Programů na podporu aplikovaného výzkumu, experimentálního vývoje a inovací Národní centra kompetence (nyní Centrum pokročilých jaderných technologií II) a prioritních výzkumných cílů pro výzvy THETA II.

4 LOKALITY A STAV JEJICH PŘÍPRAVY PRO UMÍSTĚNÍ SMR

Podobně, jako jsou SMR svým výkonem blízké současným teplárnám a uhelným zdrojům, je logickým očekáváním, že budou řešením právě k jejich nahrazení. Předpokladem je tedy využívat především brownfieldy, které vzniknou dožitím stávajících uhelných zdrojů. SMR by tak sloužily především ke kogeneraci, tj. vytápění (při zachování SZT)

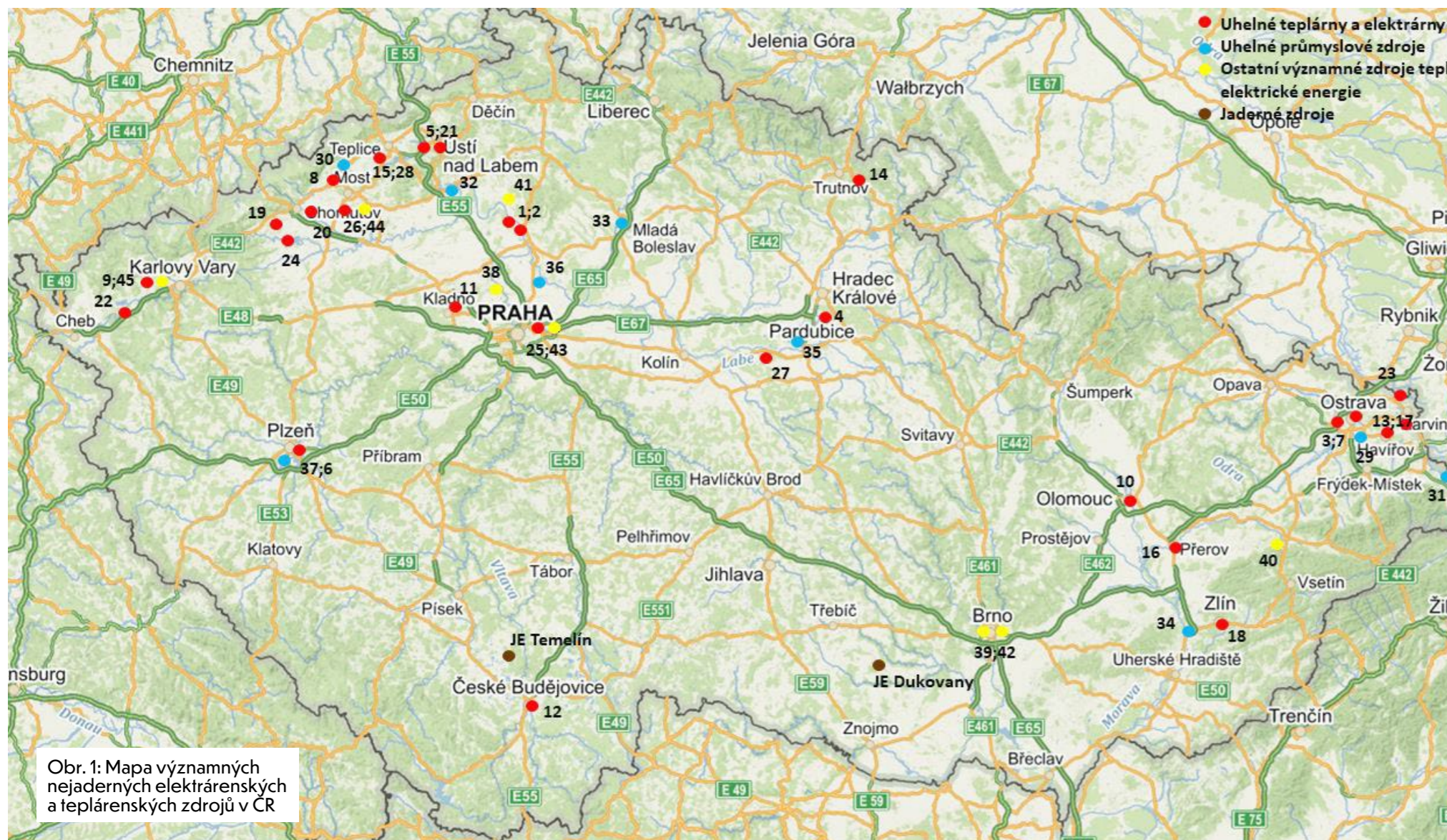
a dodávce elektřiny, splní-li tyto lokality podmínky pro umístění jaderného zařízení.

Přehled lokalit prověřovaných v rámci studie Uplatnitelnosti je znázorněn v Obr. 1 a podrobně uveden v příloze E. Studie se zaměřila na výběr lokalit ve třech rovinách: (i) lokality současných uhelných

elektráren a tepláren (v případě tepláren pouze lokality s rozvinutými systémy SZT), (ii) lokality současných jaderných zdrojů v Temelíně a Dukovanech a rezervní jadernou lokalitou Blahutovice (tzv. greenfield) a (iii) lokality bez významných centrálních teplárenských zdrojů, nicméně s potenciálem jejich vytvoření.



Foto: Shutterstock



Obr. 1: Mapa významných nejaderných elektrárenských a teplárenských zdrojů v ČR

Je důležité zdůraznit, že uvedený přehled zahrnuje pouze lokality stávajících uhelných zdrojů a nemusí být kompletním itinerářem pro potenciální umístění SMR v budoucnu. Jakákoli lokalita zvažovaná pro výstavbu SMR,

včetně nových (tzv. greenfieldů) je předmětem individuálního posouzení na základě požadavků Atomového zákona, než může být učiněno rozhodnutí o vhodnosti či nevhodnosti daného území. Uplatnění tech-

nologie SMR nebude dosahováno na úkor bezpečnosti a ochrany obyvatelstva. Pro potvrzení přijatelnosti konkrétní lokality nebo její vyloučení pro nevhodnost bude potřebné pro tuto lokalitu realizovat podrobné te-

chnické průzkumy a na jejich základě podrobně analyzovat seismo-tektonické a hydrologické podmínky a další vlastnosti těchto lokalit. Dále bude nutné pro specifický projekt v určité lokalitě posoudit proveditel-

PŘENOSOVÁ SOUSTAVA (ODSTAVOVANÉ ZDROJE)	DISTRIBUČNÍ SOUSTAVA 110 KV (ODSTAVOVANÉ ZDROJE)	NA ZELENE LOUCE
<ul style="list-style-type: none"> • Rozvodna R420 kV Hradec (Pruněrov, Tušimice, Počeradý) • Rozvodna R420 kV Vítkov (Tisová, Vřesová) • Rozvodna R420 kV Týnec. <p>Alternativa velkých bloků je:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temelín • Dukovany 	<ul style="list-style-type: none"> • Verněřov • Komořany • Koštov • Chotějovice • Poříčí • Opatovice • Třebovice • Dětmarovice 	<ul style="list-style-type: none"> • Kletné • Chrást • Přestice • Rohatec • Krasíkov

Tab. 4: Aktuálně připojitelný výkon SMR v místech distribuční a přenosové soustavy

nost připojení na elektrizační a teplárenskou soustavu, jestliže se bude významně lišit od výkonu stávajícího zdroje. To stejné platí pro vodohospodářskou analýzu.

V rámci studie Uplatnitelnosti byla vedle výše uvedeného hodnocena možnost připojení SMR do elektrizační soustavy za dnešní situace (tj. bez zohlednění možností budoucího vývoje) v následujících místech přenosové a distribuční soustavy:

Připojitelnost SMR dle společnosti ČEPS je možná kdekoli, je to otázka nákladů. ČEPS zároveň připouští v případě SMR neuplatnit kritérium N-1.

Smyslem výčtu lokalit je umožnit jejich zahrnutí do Politiky územního rozvoje ČR a územních koncepcí ve vazbě na připravovanou aktualizaci SEK. Posouzení a příprava nejaderných lokalit pro umístění jaderného zařízení je dlouhý proces, se kterým je pro úspěch výstavby SMR ve 30.

letech nutné začít co nejdříve viz povolovací proces v kapitole 9.

Předpokladem pro možnost a přípravu lokality k výstavbě jaderného zařízení je jejich zahrnutí do SEK, resp. politiky a zásad územního rozvoje či územních a regulačních plánů. Investor poté v souladu s výše uvedeným žádá o nový územní plán pro jaderné zařízení nebo změnu územního plánu v případě, že jde o průmyslovou lokalitu, ale není specifikován zdroj. V této fázi mají podstatnou roli kraje a obce, které mají odpovědnost za zásady územního rozvoje a územní plány a v rámci PS SMR deklarovaly aktivitu při spolupráci na přípravě lokalit a související infrastruktury.

Náklady na přípravu lokality se pohybují v řádu desítek milionů Kč v závislosti na konkrétním případě. MPO zmapovalo možnosti spolu/financování z veřejných zdrojů a fondů, avšak v současnosti neexistuje žádný vhodný nástroj, který by bylo možné využít, viz kapitola 7.

5 VEŘEJNÉ MÍNĚNÍ

Česká republika je zemí s dlouhodobě vysokou podporou jaderné energetiky ze strany veřejnosti, dosahující až 70 %. Na základě aktuálního průzkumu veřejného mínění Akademií věd ČR z roku 2022 odpovědělo na otázku, zda by se podíl jaderné energetiky na výrobě v ČR měl zvyšovat, kladně 56 % a negativně 9 % respondentů.

Na otázku přijatelnosti výstavby SMR v blízkosti bydliště respondenta je viditelný tzv. efekt NIMBY

(not in my backyard). V případě výstavby vzdálené více než 50 km od bydliště respondenti odpověděli kladně v 51 % a negativně ve 34 %. U výstavby blíže než 10 km od bydliště byl poměr negativních ke kladným odpovědím 55 % ku 28 %. Lidé zároveň častěji kladně odpovídají na dotaz výstavby v lokalitách nynějších jaderných elektráren (66 % kladných odpovědí) ve srovnání

s výstavbou mimo ně (46 % kladných odpovědí). Lidé převážně kladně hodnotili možnost podpory výzkumu, vývoje a vzdělávání v jaderné energii ze strany ČR. V případě SMR tomu bylo v 69 %.

Akceptovatelnost SMR veřejností může být vyšší s ohledem na specifické parametry oproti jiným zdrojům:

- Významně menší zóna havarijního plánování oproti velkým jaderným zdrojům,
- Deklarovaná vyšší bezpečnost zařízení a provozu ve srovnání s velkými reaktory,
- Velikost zařízení srovnatelná se stávajícími teplárnami a uhelnými elektrárnami,

- Dlouhodobě nižší škodlivost pro životní prostředí (např. nižší nároky na zdroje vody a možnost suchého chlazení) a zdraví obyvatelstva při nahrazení stávajících fosilních zdrojů.

Tato pozitiva je žádoucí srozumitelně komunikovat široké veřejnosti, a především v potenciálně dotčených lokalitách při tvorbě územních

konceptů a plánů. Obzvláště v lokalitách stávajících uhelných zdrojů jde o benefity v oblasti zaměstnanosti, přidané hodnoty odvětví, dekarbonizace a zajištění dodávek energií, především tepla.

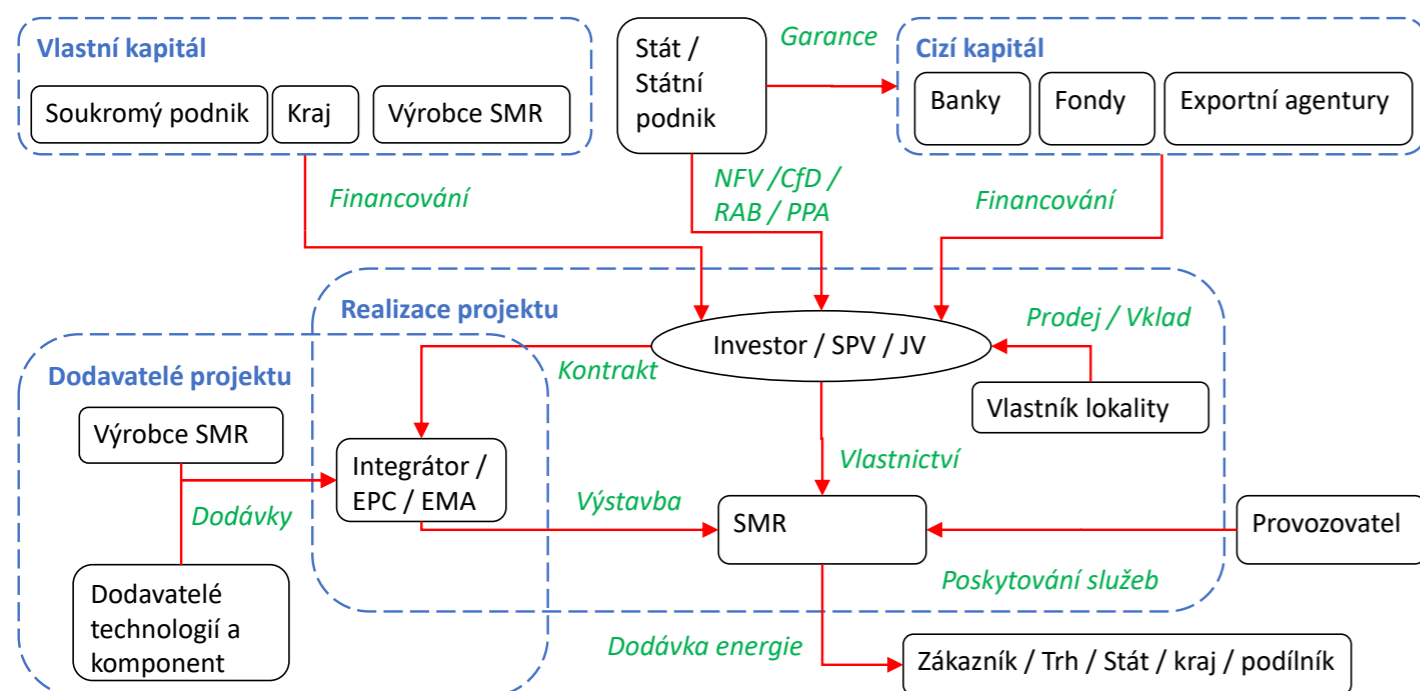
Problematika veřejného mínění má však i mezinárodní přesah z důvodu zapojení veřejnosti ze zemí sousedících s ČR do procesu posuzování dopadů na životní prostředí EIA.



Foto: Shutterstock

6 INVESTORSKÝ MODEL

Obecné schéma jednotlivých rolí a vztahů při výstavbě a provozu SMR



Obr. 2: Obecné schéma jednotlivých rolí a vztahů při výstavbě a provozu SMR

Investorský model pro výstavbu SMR může nabývat řadu podob. Obecné schéma znázorňující hlavní role a vztahy v rámci výstavby a provozu je na obr. 2. V závislosti na konkrétním scénáři jsou jednotliví aktéři různí a využití nástroje odlišné. Níže jsou definovány a popsány čtyři hlavní scénáře pro investorský model. I při výstavbě jaderných elektráren platí, že investoři očekávají s vyšší mírou rizika investice vyšší návratnost. S ohledem na dlouhý investiční horizont, vysoké výdaje a nejisté budoucí předpoklady ve smyslu tržních, politických, tech-

nologických atp. rizik je u jaderných projektů vyšší riziková prémie a tím i vyšší požadovaná návratnost projektu z pohledu investorů. Z toho důvodu je nutné efektivně alokovat rizika na zúčastněné strany tak, aby související náklady byly co nejmenší a projekt byl realizovatelný. K tomu typicky dochází u velkých jaderných elektráren inženýringem státu. SMR se v tomto ohledu odlišují především celkově nižšími investičními náklady, kratší dobou výstavby a tím i dostupností širšímu okruhu investorů, přesto jde v kontextu kapitoly 2.6 stále o investici v řádu

30-80 mld. Kč na jeden projekt. Míry rizika v případě SMR ve srovnání s tradičními jadernými projekty, mj. s ohledem na rozdílnou míru kapitálových nároků a očekávané délky přípravy/výstavby, analyzuje např. studie zpracovaná pro britské Ministerstvo podnikání, energetiky a strategie.²⁰ Tato skutečnost má vliv na podobu možných investorských modelů, ve kterých je potřeba vyhodnotit potřebu role státu. Následující modely popisují fázi projektu po finálním investičním rozhodnutí a neřeší předprojektové či přípravné práce.

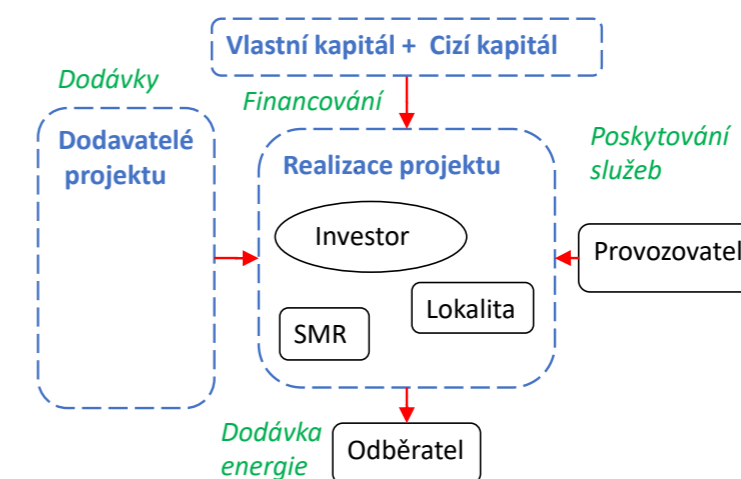
6.1 Varianta 1: Soukromá společnost či konsorcium

Tržní přístup předpokládá minimální, resp. žádnou angažovanost ze strany státu nad rámec konstatování o roli SMR v energetickém mixu v rámci SEK. Projekt by měl být realizován a financován ryze na tržní bázi za pomoci

komerčních úvěrů a vlastních zdrojů investora, případně prostřednictvím projektového financování. Tato varianta představuje nejvyšší náklady financování s ohledem na míru rizika a nejistoty spojenou s povahou nové technologie, politickými, regulačními a tržními riziky a dalekým investičním horizontem. V podmínkách ČR, ale i s ohledem na řadu tržních selhání

v rámci vnitřního trhu s elektřinou, nelze za stávající situace předpokládat široké spektrum investorů, pokud vůbec nějaké, kteří by byli schopni takto investičně náročný projekt realizovat v rámci vlastní rozvahy bez významně negativního dopadu na vlastní rating, resp. bez jakékoliv veřejné podpory. Z uvedených důvodů je tato varianta značně nepravděpodobná.

Varianta 1:



Obr. 3: Zjednodušené schéma investorského modelu V1

6.2 Varianta 2: Soukromá společnost či konsorcium s podporou státu

Model předpokládá iniciativu soukromého sektoru, především energeticky náročného průmyslu a energetik s určitou formou veřejné podpory k umožnění či zlepšení podmínek pro financování.

Nástroje veřejné podpory mohou být především (i) úvěrové garance ze strany státu²¹ (umožnění exportního financování), (ii) obchod-

ní modely zajišťující návratnost, tj. dlouhodobé kontrakty na odběr elektřiny (smlouva o výkupu elektřiny, rozdílový kontrakt atp.), případně alternativní obchodní modely (např. Regulated Asset Base atp.), (iii) finanční výpomoc ze strany státu²² a (iv) poskytnutí lokality, již disponuje stát pro výstavbu SMR.

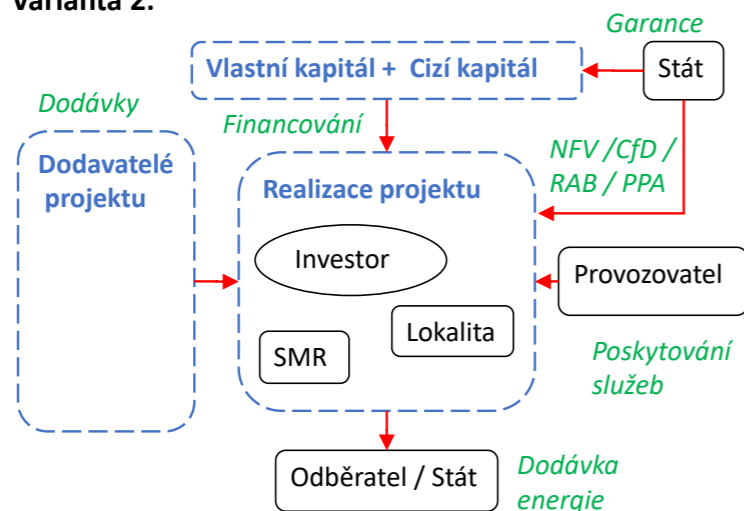
Vhodným modelem s ohledem na co nejnížší expozici státu mohou být především státní garance úvěrovým institucím pro dosažení nižších nákladů financování, případně poskytnutí dlouhodobého

kontraktu na odběr elektřiny – nejjednodušší aplikací je v současnosti nízkouhlíkový zákon, formou výkupu elektřiny státním obchodníkem, přičemž jde o veřejnou podporu podléhající notifikaci ze strany Evropské komise pro individuální projekty. Specifikum pro SMR může být s ohledem na nižší (přesto stále vysokou) investiční náročnost poskytnutí výkupu na určitou omezenou dobu, která umožní překonat nejrizikovější fáze projektu a po úspěšném zprovoznění zdroje pak refinancovat úvěr s možností omezení či ukončení státní podpory.

20 Expert Finance Working Group on Small Nuclear Reactors (2018): Market framework for financing small nuclear, str. 19.

21 V případě konsorcia garance za jednotlivé podílníky, vč. kompenzačních plateb při platební neschopnosti některého z nich.
22 Některé uvedené formy podpory v současnosti umožňuje nízkouhlíkový zákon

Varianta 2:



Obr. 4: Zjednodušené schéma investorského modelu V2

6.3 Varianta 3: Státem vlastněná společnost

Tato varianta je v souladu se strategickým významem jaderných zdrojů pro energetickou bezpečnost státu a souvisí s možností nabytí stávajících i budoucích jaderných aktivit v ČR do výhradního vlastnictví státu. Může se jednat o maximalistickou variantu naplnění Bezpečnostní strategie ČR s ohledem na bezpečnostní hrozby a zdroje nestability spojené s vnitřní i vnější bezpečností, fyzickým, personálním a administrativním zabezpečením. Za jejího výhradního využití s ohledem na možnou nedostatečnost účinné le-

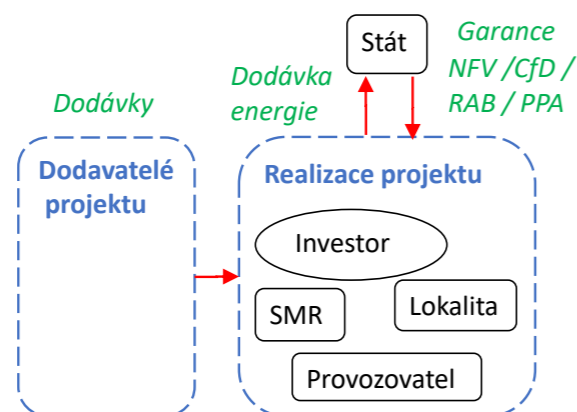
gislativy (prověřování zahraničních investic, implementace směrnice o odolnosti kritických subjektů aj.) by znamenala omezení soukromých investic do jaderných zdrojů.

Za předpokladu nabytí části společnosti ČEZ, a. s., zahrnující jaderná aktiva, případně jinou státem vlastněnou entitou, může být investorem do SMR přímo ČR. Specifikem podvarianty nabytí části ČEZ, a. s., do 100% vlastnictví státu je možnost využití stávajících uhelných lokalit, jestliže budou zahrnuty v potenciálně zestátněné části společnosti.

V této variantě se nabízí možnost využití nástrojů nízkouhlíkového zákona pro předem stanovený rozsah

výstavby SMR, tj. poskytnutí návratné finanční výpomoci s nejnižšími možnými náklady financování v rámci uvedených variant, úvěrové garance nebo výkup silové elektřiny prostřednictvím státního obchodníka s elektřinou za předem stanovenou realizační cenu. Alternativně lze posoudit i jiné obchodní modely (CfD, RAB, SaHo atp.), nicméně dle vyjádření PS SMR je žádoucí využít existující případně ověřené metody. Možnosti veřejné podpory předpokládají s ohledem na dopad do veřejných rozpočtů posouzení dopadů Ministerstvem financí pro potenciální rozsah výstavby. I v tomto případě jde o veřejnou podporu v kontextu evropského soutěžního práva a podléhá notifikaci.

Varianta 3:



Obr. 5: Zjednodušené schéma investorského modelu V3

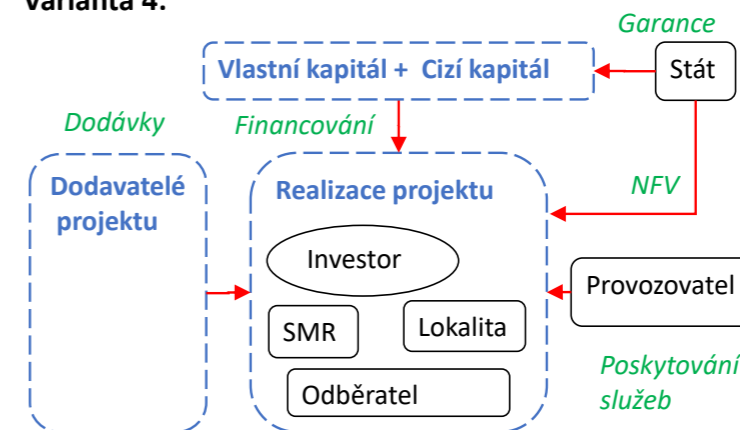
6.4 Varianta 4: Alternativní investorské modely a modely spolupráce

Varianta reprezentuje modely skupiny investorů, kteří spolupracují za účelem financování a realizace projektu primárně neziskového charakteru pro naplnění vlastních energie-

tických potřeb. Zúčastněné strany financují projekt kombinací vlastního, případně i cizího kapitálu, přičemž po zprovoznění elektrárny mají právo na odběr elektřiny za nákladovou cenu v množství odpovídajícím jejich podílu v projektu. Příkladem takového modelu je finská Mankala, sdružující energeticky náročné podniky, specificky pak francouzské Exeltium, sdružující průmyslové investory

a banky, nebo polský model SaHo, kombinující realizaci projektu na straně státu a následném prodeji podílů zájemcům o odběr elektřiny před zprovozněním elektrárny. Uvedené modely by mohly být pro investory v ČR atraktivní. I zde role státu potenciálně ztrátněná a zpřístupní projekty pro více investorů, obzvláště v případě poskytnutí garancí.

Varianta 4:



Obr. 6: Zjednodušené schéma investorského modelu V4

7 FINANČNÍ MODEL

Z důvodu vysoké komplexnosti jaderných projektů existují různé modely financování, které kombinují různé přístupy z pohledu rozdělení rizik pro zainteresované strany, s významným dopadem na cenu kapitálu, tedy i návratnost projektu a následně i cenu produkovaných energií.²³

Pro financování projektu je tak klíčová podoba obchodního modelu, resp. způsob zajištění návratnosti (předpoklady o budoucích nákladech a výnosech projektu, tj. výši investice, nákladech na provoz a palivo, prodej elektřiny, tepla nebo produkce vodíku, případně poskytování podpůrných služeb). V tomto kontextu je pozitivním předpokladem pro náklady financování označení jaderné energie za udržitelnou činnost v rámci taxonomie udržitelných financí.²⁴

S ohledem na strategický význam jaderných zdrojů v zajištění energetické bezpečnosti státu jsou obvyklou praxí při výstavbě různé formy veřejné podpory z důvodu tržních selhání, která v poslední dekádě spolu-zapříčinila nedostatečné investice do nových výrobních kapacit. V zahraničí například zajištění kontraktu na dodávky elektřiny prostřednictvím dlouhodobých či rozdílových kontraktů nebo v ČR pomocí nízkouhlíkového zákona, viz dále.

V případě SMR jde typicky o celkovou investici v řádu desítek miliard Kč na SMR v závislosti na designu na úrovni jednodenních nákladů. Entita pro výstavbu SMR by měla disponovat ratingem nejméně BBB⁺²⁵, spíše však výše, aby přilákala soukromý kapitál, přičemž platí, že vyšší rating umožní dosáhnout nižších nákladů financování.

První fáze projektu před finálním investičním rozhodnutím (vč. financování přípravy lokalit, viz neexistence vhodných nástrojů dle kapitoly 4) je v tuto chvíli možná pouze ze zdrojů investora. Nejedná se o natolik investičně náročnou činnost jako další fáze projektu. V dalších fázích je žádoucí poskytnout určitou formu podpory ze strany státu, viz kapitola 6 Investorský model, tak, aby byla umožněna výstavba SMR širšímu spektru zájemců. Na základě jednání PS SMR představují projekty výstavby SMR v českém prostředí natolik investičně náročnou aktivitu, že není možné realizovat projekty bez určité formy státní podpory.

ČR, resp. EU se může inspirovat, resp. využít zkušeností USA s protinflačním balíčkem.²⁶ Ten má za cíl atraktivně investice do (nejen) SMR ze strany stávajících provozovatelů uhelných elektráren. Podle amerického Institutu pro jadernou energii (NEI) mohou malé reaktory těžit z balíčku prostřednictvím daňového kreditu na výrobu čisté elektřiny, technologicky agnostického výrobního kreditu, který lze uplatnit na bezemisní výrobu elektřiny, která bude v provozu po roce 2025. Kredit na výrobu čisté energie je minimálně 25 USD/MWh po dobu prvních deseti let provozu elektrárny, očištěno o inflaci. Podle NEI bude kredit postupně ukončen až emise uhlíku pocházející z výroby elektřiny klesnou o 75 % pod úroveň roku 2022. K dispozici je 10% bonus, pokud je elektrárna postavena na brownfieldu, nebo v regionu poznamenaném těžbou a spalováním uhlí, což zajišťuje sociální a energetickou spravedlnost.

7.1 Zajištění návratnosti

Obchodní modely pro SMR musí zohlednit čtyři hlavní parametry – investiční náklady, provozní náklady (provoz, údržba, palivo, režijní náklady na uložení RAO), výnosy (především prodej elektřiny, tepla a perspektivně vodíku s podpůrnými službami) a finanční náklady spojené s financováním. Nejvýznamnější komponentou ceny elektřiny (vyjádřenou LCOE) jsou investiční náklady. Na druhé straně musí být zajištěny dlouhodobé výnosy ze všech uvedených komodit k dosažení požadované návratnosti a konkurenceschopnosti s jinými zdroji energie. Pro zajištění energetických potřeb státu pak mohou být pro investory atraktivní různé modely zajištění návratnosti skrze mechanismy garantující dosažení potřebných výnosů. Nejdiskutovanější modely jsou:

- **Dlouhodobý výkupní kontrakt – Power Purchase Agreement (PPA):** dlouhodobá smlouva na dodávku elektřiny bez nutnosti reference na trh s elektřinou. Odběratel na sebe přebírá tržní riziko, nicméně má jistou dodávku elektřiny v předem sjednaném množství za předem sjednanou jednotkovou cenu bez tržní volatility. Tento druh kontraktu může být důležitým faktorem pro úvěrovatelnost projektu.
- **Rozdílový kontrakt – Contract for Difference (CfD):** specifický případ PPA, kdy odebírající strana, typicky státní entita s licenci na obchod s elektřinou, přebírá tržní riziko a oproti sjednané ceně elektřiny realizuje zisk nebo ztrátu v závislosti na

tržní ceně elektřiny. Lze rozlišit jedno- či dvojcestný rozdílový kontrakt. V aktuálním návrhu Evropské komise figuruje opatření zavést a motivovat k využívání tohoto druhu kontraktu za účelem stabilizace cen elektřiny a vytvoření dlouhodobých investičních signálů. Využitelnost tohoto nástroje bude záviset na finální podobě návrhu, který bude přijat. Unikátní formou CfD jsou některé nástroje nízkouhlíkového zákona, především povinný výkup a dvojcestný rozdílový kontrakt, který je v důsledku zohledněn v přenosových a distribučních tarifech odběratelů.

- **Regulovaná báze aktiv – Regulated Asset Base (RAB):** model, který je užíván v infrastrukturních projektech (v ČR typicky pro síťové operátory). Jeho hlavní nevýhodou je nedostatek zkušeností při aplikaci na jaderné projekty (prvním takovým by měl být projekt elektrárny Sizewell C ve Velké Británii). Tento model podléhá politickému riziku a nevýhodou je zároveň pravidelná revize předpokladů modelu s dopadem na návratnost (v ČR u síťových operátorů zpravidla 5 let). Z pohledu zajištění elektřiny je dále zásadním nedostatkem povaha stanovení výnosů, která teoreticky umožňuje generovat zisk i v situaci, kdy elektrárna nedodává elektřinu do sítě a nemotivuje dodavatele v průběhu výstavby k efektivitě. Důvodem pro využití tohoto modelu byla pobídka pro soukromé investice do veřejných projektů díky stanovené míře výnosnosti.

Výše uvedená opatření jsou formou veřejné podpory, která by podléhala povinnosti notifikace Evropské komisi ze strany ČR v souladu se Smlouvou o fungování EU (čl. 108 odst. 3) a nařízení Rady (EU) č. 2015/1589. Žadoucí je zahájení včasné komunikace s Evropskou komisí o nastavení veřejné podpory, přičemž po úvodních konzultacích (prenotifikace) se přistupuje k oficiální notifikaci. Notifikaci podává gestor podpůrného opatření (MPO)

prostřednictvím ÚOHS. Po oficiálním podání notifikace následuje tzv. notifikační řízení, jehož délka se odvíjí od kvality a úplnosti notifikačního podkladu a významnosti případu. Lze předpokládat posouzení případu v rámci formálního vyšetřovacího řízení, v němž mají možnost se k předmětnému opatření podpory vyjádřit i třetí strany. Očekáváme, že celková délka řízení od podání notifikace do vydání finálního rozhodnutí Evropské komise může trvat v optimistickém scénáři cca dva roky. Notifikační rozhodnutí Komise týkající se veřejné podpory projektů nových jaderných zdrojů byly v minulosti napadeny ze stran jiného členského státu, což lze předpokládat v budoucnosti i pro případ veřejné podpory pro SMR.

7.2 Zdroje financování

Finanční struktura projektu a alokace rizik na zúčastněné strany má přímý dopad na náklady financování, které jsou kritickým parametrem s dopadem na návratnost projektu. S ohledem na nové technologické odvětví s nedostatkem zkušeností bude u prvních projektů i vyšší vnímané riziko ze strany poskytovatele financování. Vhodná finanční struktura by tak měla odrážet především zajištění návratnosti pro investora s ingerencí ze strany státu do dokončení a zprovoznění projektu s potenciálem vyvážení státní role (ať úvěrové garance či dlouhodobého kontraktu) při re-financování realizovaného projektu generujícího výnosy.

Evropské fondy a národní fondy

PS SMR prověřila veškeré současné možnosti veřejných zdrojů pro financování projektů SMR či jejich přípravných fází.

- **Modernizační fond** – v současné podobě existují překážky, které neumožňují kvalifikaci českých jaderných projektů. Především horizont dokončení projektu do roku

2033 současně s dobou trvání projektu 5 let od zahájení. Přípravné fáze nelze financovat z důvodu požadavku na snížení emisí CO₂ v uvedeném čase.

- **Fond spravedlivé transformace** – není možné využít
- **Národní plán obnovy a REPowerEU** – překážkou využití je opět časový horizont, a to do roku 2026, vč. požadavku na snížení uhlíkových emisí. Povaha nástroje neumožňuje využití pro přípravu lokalit.
- **Nástroj technické podpory Evropské komise** – MPO připravilo žádost o využití nástroje pro účely přípravy a průzkumu lokalit, nicméně žádost nebyla přijata, protože nebyla vyhodnocena jako odpovídající strukturální reforma.

Mezivládní smlouvy a financování

Možnost zahraničních investic či mezivládních úvěrů v rámci mezivládní dohody předpokládá zájem obou stran na realizaci společných cílů a projektů. Rizikem, ale i přínosem mezivládní dohody a vyplývajícími možnostmi financování, mohou být například omezené možnosti výběru technologie, což může vést k nedostatku zdravé konkurence a následného zdražování napříč dodavatelským řetězcem. Rizikem jsou také neočekávané geopolitické události v průběhu kontraktu. Výhodou naopak může být vyjednání lokalizace výroby v ČR. Na základě předběžných jednání není tato možnost pro projekty SMR aktuální.

Úvěrové záruky

Při úvěrové záruce je finanční podpora poskytována vládou ve formě garance splacení části dluhu věřiteli. Z pohledu garanta není vyžadována alokace finančních prostředků, pokud nedojde k naplnění rizik. Záruky mohou vést k nižším úrokovým sazbám, protože zaručený úvěr s sebou nese nižší riziko.

23 Citlivost ceny elektřiny reprezentované parametrem LCOE na vážené náklady kapitálu – WACC a kapacitní faktor zdroje je znázorněna na grafu Mezinárodní agentury pro energii v příloze F

24 Nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU) 2022/1214 ze dne 9. března 2022, kterým se mění nařízení v přenesené pravomoci (EU) 2021/2139, pokud jde o hospodářské činnosti v některých odvětvích energetiky, a nařízení v přenesené pravomoci (EU) 2021/2178, pokud jde o specifické zveřejňování informací v souvislosti s těmito hospodářskými činnostmi (Text s významem pro EHP)

25 DBEIS Market Framework for financing small nuclear

26 Inflation Reduction Act - <https://www.whitehouse.gov/cleanenergy/inflation-reduction-act-guidebook/>

Financování ze strany dodavatele

Možnost zapojení dodavatele do financování projektu SMR může být formou (i) úvěru sjednaného dodavatelem s vlastní bankou (případně bankami) či exportní agenturou, kdy dodavatel po dostavbě elektrárny ji sám provozuje (model Build, Own, Operate – BOO) a po skončení životnosti vyřazuje z provozu (např. projekt Akkuyu v Turecku ve spolupráci s Ruskem, které zafinancuje 99 %).

Další podobou je úvěr poskytnutý dodavatelem s tím, že po dostavbě je elektrárna provozována hostitelskou zemí, resp. společností (např. půjčka Rosatomu Maďarsku na výstavbu Paks II).

Poslední možností je vstup dodavatele či dodavatelů do projektu vlastním kapitálem, čímž získají podíl v elektrárně a elektrárnu provozují. Z hlediska rizika je vstup vlastním kapitálem dodavatele nejrizikovější možností, proto je vhodné jej kombinovat například s dlouhodobou smlouvou o nákupu elektřiny – PPA (např. projekt Hinkley Point C ve Velké Británii).

U investičně rozsáhlých projektů však dochází i k nepřímé podpoře projektu ze strany dodavatele – sjednáním offsetových programů, které mají ekonomický přínos ve státu investora podporovaného zařízení.

Financování ze strany dodavatele může být potenciálně drahou variantou ve srovnání s ostatními, a navíc může omezit možnosti lokalizace.

Z dosavadních poznatků a jednání nevyplývá zájem dodavatelů o účast na financování projektu výstavby SMR v ČR, nicméně zůstává potenciálně otevřenou možností.

Investorské financování

Tento model financování předpokládá, že skupina investorů shromáždí dostatek finančních prostředků

nezbytných k realizaci projektu, přičemž tento kapitál může pocházet z cizích zdrojů (půjčky bank či exportních agentur, emise dluhopisů atd.) nebo z vlastních zdrojů, například od akcionářů. Podíl na zrealizování investičního záměru i podíl na rizicích je sdílen mezi akcionáři, věřiteli a dodavateli, i proto se tento model často označuje jako model spolupráce. Konkrétní formou je např. model Mankala. S ohledem na objem každé jednotlivé transakce a jejich počet, se dá předpokládat, že by investorské financování představovalo spíše doplňkovou formu celkového financování – patrně ne více než v objemu

očekávané ekvity. V konečném důsledku se bez dalšího zajištění bude investorské financování chovat jako financování od komerčních bank.

Exportní financování

Na exportní financování se vztahují pravidla OECD. Typicky může exportní agentura poskytnout až 85 % hodnoty kontraktu, ale za podmínky určitého podílu dodávek ze země poskytovatele. Překážkou může být maximální doba splácení 18 let. Je otázkou konkrétního projektu, zda bude období na umoření úvěru postačovat, nebo zda bude nutné využít

refinancování. Exportní financování nabízí pro své výrobce Velká Británie nebo USA, viz Příloha G, v případě Francie či Jižní Koreje nebyly informace poskytnuty.

Evropská investiční banka

Poslední projekt výstavby jaderných zdrojů byl podpořen (s granty Euratomu) v roce 1987. Novější projekty cílily „pouze“ na zvýšení bezpečnosti ve Finsku a Slovensku. Cíle EIB jsou v souladu s politikou Evropské komise, v interních dokumentech EIB je cíl klimatické neutrality, hlavním nástrojem obnovitelné zdroje, ale

jaderná energie zůstává jako jeden ze zdrojů, tzn. jaderné projekty nejsou vyloučené, ale závisí na politické shodě všech zástupců států v EIB – nyní shoda není. Financování lze zvážit, pokud bude pozitivní postoj Komise podle článků 41-43 Smlouvy Euratom. Současně s tím je nutné, aby byl projekt ekonomicky, finančně a technicky proveditelný. Pro jaderné investice je potřeba politické podpory a existujícího prototypu, EIB by byla schopna poskytnout až 50 % CapEx. Pro podporu EIB je klíčové umístění projektu v EU, ne země původu. Screeningová kritéria EIB pro velké projekty jsou: legislativní, regulatorní

a institucionální rámec, technologie, konstrukce a provozní schopnosti, management vyhořelého jaderného paliva a radioaktivních odpadů, ekonomická analýza a dopad na životní prostředí.

Návratná finanční výpomoc

Případnou formu státního financování představuje institut návratné finanční výpomoci s náklady na úrovni obsluhování státního dluhu navýšené o jeden procentní bod v rámci nízkouhlíkového zákona. S ohledem na cíl využití tohoto nástroje pro výstavbu až čtyř tradičních jaderných zdrojů je možnost a rozsah tohoto financování pro SMR (včetně varianty plného financování prostřednictvím Návratné finanční výpomoci) předmětem dalších analýz.

Národní rozvojový fond

Jde o českou regulovanou finanční instituci, která sdružuje zdroje od investorů a využívá k investicím s určitou očekávanou návratností. Je komplementární ke komerčním bankám a cílí na rizikovější projekty. V rámci financování poskytuje podřízený úvěr, tzv. pseudoekvitu. NRF téma SMR považuje za typ projektu, kde může být efektivní součástí finanční struktury.

Komerční banky

Úvěry ze strany českých komerčních bank jsou limitovány s ohledem na celkovou výši investice do SMR. Úvěry mohou být součástí finanční struktury, nicméně dle stanovisek v rámci PS SMR jde o zlomek potřebných prostředků i v případě syndikátu více bank.

Penzijní a jiné fondy

Z konzultací vyplývá, že některé fondy, které mají jaderné projekty v portfoliu, by potenciálně měly zájem o investice do SMR v ČR, ačkoli předpokládáme jejich roli spíše v pozdějších fázích projektu a při refinancování realizovaného projektu.



Foto: Shutterstock

8 DODAVATELSKÝ MODEL A OBCHODNÍ ZAJIŠTĚNÍ

Dodavatelský model

Od projektů SMR je očekáváno zjednodušení dodavatelského modelu ve srovnání s velkými jadernými elektrárnami, zároveň však mohou SMR představovat nižší míru zapojení českých subjektů na výstavbě v případě volby zahraničních designů. Díky tovární výrobě by měly být minimalizovány práce na lokalitě a SMR

by mělo být realizováno, doslova sestaveno po přepravě z výroby na místo relativně rychle. Aby byla zpřístupněna technologie širšímu okruhu zájemců, bude konkurenční výhodou dodavatele, pokud bude schopen dodávky projektu na klíč, nebo bude-li ČR disponovat společností schopnou integrovat projekt jako celek. Výrobci SMR deklarují schopnost nabídnout smlouvu pro zakázku na klíč,

kteřá zahrne záruky plnění dodávky a záruky provozu elektrárny. Očekávají ale integrátora a investora projektu, který bude disponovat odpovídající úrovní technické způsobilosti. Dodavatelský model souvisí i s dalšími faktory, například se způsobem zpracování projektové dokumentace, zpracování rozpočtu a mechanismu autorizace plateb dodavatelům v průběhu realizace stavby.

ječných prací v rozsahu simulačních / tréninkových systémů / zařízení

2. Celková EPC role integrátora

Český průmysl je schopen zformovat konsorcium společností, které je schopno se ujmout role integrátora celku, bude-li existovat taková poptávka ze strany partnera, a je připraven o této variantě spolupráce intenzivně jednat v případě zájmu.

Z jednání PS SMR vyplývá, že kompletní projekt jaderné elektrárny byl integrován naposledy v 80. letech 20. století v případě elektrárny Dukovany. Poslední zkušenosti disponují čeští dodavatelé z JE Mochovce, kde se jednalo o roli integrátora na primární části, nikoli kompletní vý-

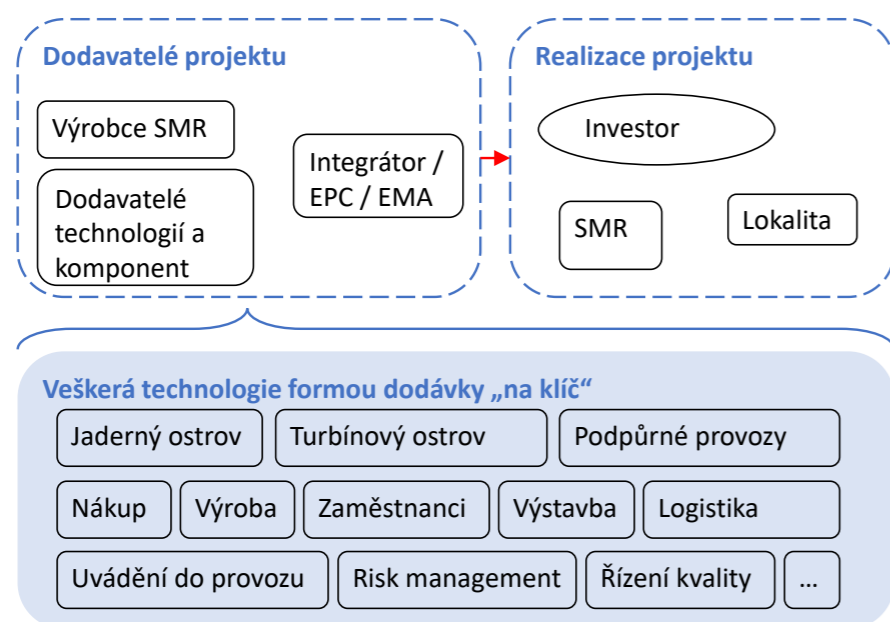
stavby. Proto je třeba brát v potaz riziko, že některé české firmy mohou mít s naplněním závazku problém, a to především kvůli nedostatku pracovních sil nebo nedostatečné zkušenosti, vyplývající z přerušení kontinuity od posledního integrovaného projektu.

Někteří zahraniční výrobci již sami navázali kontakt s českými firmami a podepsali dohody o porozumění. V rámci PS SMR zástupci českých firem konstatovali, že jsou nyní ve vztahu k možné výrobě reaktivní a nevidí dodavatelské řetězce jako slabé místo pro nasazení technologie SMR, jak z pohledu personálních kapacit, tak z pohledu adaptace na různé normy a regulační prostředí v ČR. Celý dodavatelský řetězec je schopen vyrábět komponenty pro SMR bezpro středně dle poptávky.

Obchodní zajištění

Obchodní zajištění dodávky SMR by bylo závislé na investorském a dodavatelem modelu a naplnění definice zadavatele nebo veřejného zadavatele podle § 4, odst. 2 zákona č. 134/2016 Sb., zákona o zadávání veřejných zakázek. Soulad s právem EU v oblasti veřejných zakázek je i jedním z předpokladů případného poskytnutí veřejné podpory.

Při přípravě projektu je třeba vyhodnotit optimální postup, mj. ekonomickou úvahu zadavatele, ale i bezpečnostní zájmy státu a rizika možných postupů výběru dodavatele. Lze vycházet z precedentů pro velké bloky, i když SMR mohou zahrnovat i specifické investorské modely či podmínky.



Obr. 7: Schéma formy dodávky SMR „na klíč“

V ČR nyní existují možnosti částečné integrace, pro potřeby celkové integrace jsou nutná jednání a přípravy:

1. Identifikované schopnosti integrační role v rámci českého průmyslu

- Jaderný ostrov – integrace technologických dodávek jaderného ostrova (NI) včetně souvisejícího kompletního inženýringu a projekčních prací

- Turbínový ostrov – integrace technologických dodávek turbínového ostrova (TI) včetně souvisejícího kompletního inženýringu a projekčních prací
- Balance of plant / pomocné provozy – integrace technologických dodávek, napájecích a chladicích systémů včetně souvisejícího kompletního inženýringu a projekčních prací
- Systém řízení a kontroly – integrace HW a SW dodávek a souvisejícího

- kompletního inženýringu a projekčních prací
- Elektrotechnika – integrace technologických dodávek a souvisejícího kompletního inženýringu a projekčních prací v rozsahu celé elektro části
- Stavební práce – integrace stavební části a souvisejícího kompletního inženýringu a projekčních prací
- Simulace – integrace dodávek a kompletního inženýringu a pro-



Foto: Shutterstock

9 LEGISLATIVA A POVOLOVACÍ ŘÍZENÍ

9.1 Přehled základní legislativy

V horizontu očekávané realizace projektu SMR budou související povolovací řízení regulována především následujícími zásadními zákony:

- zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon, v platném znění, který upravuje podmínky mírového využívání jaderné energie, specifikuje postup a podmínky pro získání povolení SÚJB k umístění jaderného zařízení, jeho výstavbě, uvádění do provozu, provozu, vyřazování z provozu a provádění jeho změn. V současné době se připravuje jeho novela, která by měla nabýt účinnosti na začátku roku 2025;
- zákon č. 283/2021 Sb., stavební zákon, ve znění pozdějších předpisů, který upravuje povolení záměru z pohledu stavebního řádu (Nový stavební zákon, NSZ);
- zákon č. 148/2023 Sb., o jednotném environmentálním stanovisku, který upravuje postup a působnost správních orgánů při vydávání jednotného environmentálního stanoviska (JES) za účelem zajištění veřejného zájmu na ochraně životního prostředí jako celku a příspěví k udržitelnému rozvoji při rozhodování v řízení o povolení záměru podle stavebního zákona nebo navazujícím řízení podle zákona o posuzování vlivů na životní prostředí;
- zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí, v platném znění;
- zákon č. 416/2009 Sb., o urychlení výstavby dopravní, vodní a energetické infrastruktury a infrastruktury elektronických komunikací (liniový zákon), v platném znění;
- zákon č. 458/2000 Sb., energetický zákon, v platném znění – řešení problematiky vyvlastnění;
- návrh zákona o vyvlastnění, podle

schváleného věcného záměru zákona předpokládá sloučení problematiky vyvlastnění pod jeden právní předpis s tím, že procesní ustanovení budou z liniového zákona zcela vypuštěna.

Atomový zákon

Koncepty SMR předpokládají zcela nový přístup k výstavbě jaderných zařízení, výrobě jejich komponent a zařízení, na konci životnosti k vyřazování z provozu. Jedná se především o kompaktnost SMR, integraci systémů a komponent v rámci výrobních celků kompletovaných ve výrobním závodě, unifikaci komponent a výrobu ve větších sériích. Z pohledu atomového zákona a jeho prováděcích vyhlášek, které vznikaly v kontextu dnes užívaných jaderných technologií je u SMR zásadní míra použití inovativních technologií u konkrétních designů. Z hlediska nižšího výkonu a vysoké jaderné bezpečnosti designů je vhodné aplikovat odstupňovaný přístup. Pro snížení náročnosti posouzení každého platného požadavku legislativy ze strany SÚJB by bylo vhodné, aby provozovatel jaderného zařízení s využitím odstupňovaného přístupu zohlednil vlastnosti konkrétního designu SMR. Úprava by ukládala provozovateli jaderného zařízení povinnost při uplatnění odstupňovaného přístupu doložit, že nedochází ke snížení bezpečnosti zařízení. Závěry z analýzy současného vývoje a atomového zákona naznačují potřebu změn na zákonné úrovni.

Stavební zákon a zákon posuzování vlivů na životní prostředí

Kompetence prvoinstančního stavebního úřadu u vyhrazených staveb (tj. staveb definovaných v Příloze č.3 NSZ) bude vykonávat Dopravní a energetický stavební úřad (DESÚ). Mezi vyhrazené stavby spadají i „stavby jaderného zařízení a stavby související, nacházející se uvnitř i vně areálu jaderného zařízení“. Nadřízeným správním orgánem DESÚ je v pří-

padě staveb technické infrastruktury pro energetiku MPO.

Při projektové činnosti, při povolování, provádění a užívání staveb jaderného zařízení a staveb v areálu jaderného zařízení, které jsou jaderným zařízením, se technické požadavky na stavbu stanovené tímto NSZ nebo jinými právními předpisy použijí přiměřeně tak, aby nedošlo k ohrožení bezpečnosti, ochrany zdraví a života osob nebo zvířat a životního prostředí. Zájmy ochrany životního prostředí jsou zabezpečeny prostřednictvím jednotného environmentálního stanoviska (JES), které se vydává namísto správních úkonů stanovených jinými právními předpisy v oblasti ochrany životního prostředí. Pro stavby jaderných zařízení JES vydává Ministerstvo životního prostředí, které je ústředním správním úřadem pro oblast vydávání JES jako podklad pro povolení záměru podle NSZ. U jaderného zařízení a staveb souvisejících, nacházejících se uvnitř i vně areálu jaderného zařízení, lze vydat tzv. rámcové povolení (analogie územního rozhodnutí dle původního stavebního zákona č. 183/2006 Sb.). JES ani správní úkony, namísto nichž se JES vydává, se s výjimkou správních úkonů podle zákona o posuzování vlivů na životní prostředí před vydáním rámcového povolení podle NSZ zákona nevydávají. Jedná-li se o záměr, pro který je vydáváno rámcové povolení podle NSZ, projedná příslušný orgán s žadatelem uvažovaný záměr vždy tak, aby byly před vydáním rámcového povolení předběžně identifikovány zájmy v oblasti ochrany životního prostředí dotčené uvažovaným záměrem. U záměrů v režimu EIA bude JES vydáván také, a to buď v rámci procesu EIA (v takovém případě bude JES současně stanoviskem EIA), nebo až po vydání stanoviska EIA (volba je zde na žadateli). V případě SMR lze předpokládat samostatný proces EIA mezistátního charakteru, a to s ohledem na potenciální lokality, což bude mít poměrně významný časový dopad do povolovacích řízení.



Foto: Shutterstock

SMR je kvůli umožnění výstavby nutné zahrnout do koncepčních dokumentů České republiky, především do SEK, do Politiky územního rozvoje ČR a územního rozvojového plánu. Pokud územně plánovací dokumentace výrobu elektrické energie nebo tepla prostřednictvím SMR nevyklučuje a pokud stávající plochy výroby v územně plánovací dokumentaci umožňují výrobu elektrické energie nebo tepla a přechodem na výrobu elektrické energie nebo tepla prostřednictvím SMR se negativním způsobem nezmění (i) vymezení stávající plochy výroby v územně plánovací dokumentaci, (ii) ochranná, bezpečnostní a havarijní pásma stávající výroby, (iii) zatížení území hlukem, dopravou a jinými emisemi, není třeba pro výrobu elektrické energie nebo tepla prostřednictvím SMR upravovat územně plánovací dokumentace. SEK bude zásadní pro návazné procesy a dokumenty (jakými jsou Zásady územního rozvoje a Krajské energetické koncepce), jelikož zohledňuje nejen využití reaktoru, ale i rozsah a lokality pro plánovanou výstavbu.

9.2 Potřebná opatření v legislativní oblasti k eliminaci rizik povolovacího řízení

Atomový zákon

V ČR je využívání jaderné energie řízeno atomovým zákonem a příslušnými prováděcími předpisy. V současné době účinné právní předpisy platí pro všechna jaderně energetická zařízení bez rozdílu velikosti a výkonu, tedy i pro malé a střední reaktory.

V letech 2023-2024 bude probíhat novelizace atomového zákona a jeho vyhlášek, ve vztahu k povolování nových jaderných zdrojů včetně SMR. Některé vyhlášky výslovně vycházejí z jaderných technologií užívaných v ČR a zavedené praxe. Koncepčně

jsou pojaty velmi úzce a jejich použití na jiné technologie nebo neupravené postupy je prakticky vyloučeno. Tento přístup představuje problém pro SMR, ale i pro chystané nové jaderné zdroje, které budou využívat tradiční tlakovodní technologii. Zčásti se tento problém objevuje u vyhlášky č. 329/2017 Sb., o požadavcích na projekt jaderného zařízení, významně u vyhlášky č. 409/2016 Sb., o činnostech zvláště důležitých z hlediska jaderné bezpečnosti a radiační ochrany, zvláštní odborné způsobilosti a přípravě osoby zajišťující radiační ochranu žadatele o povolení.

K vyřešení tohoto problému bude nutný celkový přezkum právní úpravy se znalostí nové technologie a její případné přepracování.

Všechny předpisy v ČR jsou vytvořeny na základě zkušeností s lehkovodními reaktory, především pak tlakovodními. Z hlediska lehkovodních, zejména tlakovodních SMR je toto výhodou.

Aktuálně probíhá spolupráce SÚJB se zahraničními dozory v oblasti SMR především s USA, Kanadou, Velkou Británií, Francií a Finskem. Atomový zákon stanovuje požadavky na povolování činností s jadernými zařízeními obecně a nevylučuje, aby SÚJB postupoval v konkrétních případech rychleji a efektivněji díky tomu, že využije informace a podklady z dřívější úřední činnosti nebo i z jiných zdrojů, např. od jiných orgánů, včetně zahraničních. Naopak, obstarávání podkladů z vlastních zdrojů a starší činnosti a co nejmenší zatěžování dotčených osob patří k základním principům, které stanovuje pro všechny orgány již správní řád.

Problematické prvky prováděcích předpisů, identifikované analýzou v rámci studie Uplatitelnosti, lze rozdělit do několika základních okruhů, které bude nutno řešit:

1. Nevhodná koncepce právní úpravy vycházející ze současného stavu

technologií v ČR – K vyřešení tohoto problému bude nutný celkový přezkum právní úpravy se znalostí nové technologie a její přepracování.

2. Právní úprava pracuje kazuisticky s konkrétními instituty a pojmy, které budou v případě SMR neadekvátní nebo nedostatečné – Problém lze vyřešit modifikací nebo doplněním potřebných institutů a pojmů.

3. Právní předpisy stanovují požadavky konkrétním způsobem, který nemusí novým technologiím vyhovovat – Nedostatek je nutné řešit obecněji, aby nenastal při příchodu jakékoli nové technologie stejný problém s řešením změn zákonů. Technologické specifické rysy musí být řešeny na podzákonné úrovni, aby byl proces příslušné reakce pružnější, a to i pro zavádění nových poznatků na již používané technologie.

4. Právní předpisy se v řadě případů výslovně omezují na „energetické“ (popř. přímo elektřinu generující) aplikace jaderných zařízení – Řešením je zobecnění nebo nalezení jiného kvalitativního kritéria.

Další opatření

Z pohledu české energetiky je potřeba dále řešit aktuální problémy vyplývající z dopadů konfliktu na Ukrajině na strukturální změny energetických zdrojů a potřeby omezit závislost na dovozu energetických surovin a potřeby dlouhodobé koncepční změny svázané s dekarbonizací a postupným utlumením využívání uhlí v elektroenergetice. Povolovací procesy budou i přes výše uvedené úpravy dále časově náročné a neumožňují pružně realizovat potřebné záměry nových energetických zdrojů podporujících dekarbonizaci. Proto je potřebné přijmout nové právní předpisy s cílem vytvořit adekvátní podmínky pro umístování, povolování a provozování staveb OZE a dalších nízkouhlíkových výroben energie a rovněž dalších záměrů.

Zákonná úprava by měla mj. vymezit záměry podporující energetickou samostatnost, na něž budou upravená pravidla dopadat. Mezi ně budou spadat i výroby energie s jaderným reaktorem (nové jaderné zdroje energie včetně malých modulárních reaktorů a změny a rozšíření stávajících jaderných zdrojů). Dále pak i a stavby energetických vedení, jejich rozšiřování a posilování tak, aby byl zajištěna bezpečnost energetické soustavy v souvislosti s připojením a zajištěna kvalita dodávek energií koncovým zákazníkům.

Zejména se jedná o nástroje pro urychlení povolovacích řízení. Lze uvést následující příklady možných opatření – realizaci uvedených záměrů považovat za veřejný zájem, přednostní projednání uvažovaných záměrů v povolovacích řízeních včetně postupů vedoucích k vydání podkladových aktů, zavedení jednoinstančního řízení pro určité typy záměrů, posouzení existujících správních lhůt v rámci územního plánování nebo povolovacích řízení a možnosti jejich zkrácení. Těchto cílů nebude dosahováno na úkor bezpečnosti a ochrany obyvatelstva.

Hlavním rozdílem mezi výstavbou SMR a tradičních jaderných elektráren je v případě SMR předpoklad kontinuální tovární produkce standardizovaných jednotek oproti jednorázovým projektům s potřebou zhruba šesti tisíc pracovníků na dané lokalitě ve špičce. Na základě dostupných informací od výrobců SMR je typické zapojení lidských zdrojů při výstavbě jednotky okolo jednoho tisíce zaměstnanců ve špičce a přibližně 100-300 stálých zaměstnanců při provozu zdroje v závislosti na designu. S ohledem na odlišný model realizace projektů je úzkým místem především souběh výstavby u velkých zdrojů. Řešením by mělo být v závislosti na dostupnosti lidských zdrojů především optimální načasování projektů, aby nedocházelo k souběhům při špičkách v potřebě pracovníků. Výhodou naopak může být stabilní vytížení dotčených profesí za horizontem výstavby velkých jaderných zdrojů v případě tovární výroby.

MPO ve spolupráci s MŠMT v roce 2022 zahájilo činnost Pracovní skupiny pro zajištění lidských zdrojů pro rozvoj jaderné energetiky (PS HR). PS HR byla 20. září 2022 oficiálně

ustanovena na jednání SVVNJZ. Dle předběžné analýzy bude potřeba dodatečných devět tisíc profesionálů různých profesí pro zajištění výstavby nových jaderných zdrojů. Výstavba tradičních jaderných elektráren bude vyžadovat především absolventy strojírenských oborů, dále pak elektroenergetických a stavebních na všech stupních vzdělávání, tj. VŠ, SŠ i učebních oborů.

Cíli PS HR je navrhnout opatření k zajištění dostatečného počtu pracovníků pro budoucí jaderný program prostřednictvím kvantifikace potřebných absolventů, analýzy současných vzdělávacích kapacit na straně studentů i pedagogů a zajištění motivačních nástrojů k dosažení žádoucího stavu. Navržená opatření budou předložena vládě ke schválení. Příprava pracovníků je klíčová nejen pro výstavbu a provoz zdrojů, ale také pro dotčené úřady, jako DESÚ a SÚJB.

Navrhovaná opatření PS HR jsou následující:

Opatření č. 1: Orientovat se na posilování společného odborného zá-

kladu v oborových skupinách, které mají přímý vliv na výstavbu a provoz energetických zdrojů, zejména oblast elektrotechniky, energetiky, ICT a stavebnictví.

Opatření č. 2: Prohlubovat spolupráci škol s reprezentací profesních a zaměstnavatelských svazů a zvýšit podíl zajištění praktického vyučování žáků na pracovištích zaměstnavatelů. Podpora dlouhodobé stabilizace personálního zajištění pro energetické zdroje, zejména jaderné.

Opatření č. 3: Vzdělávat pracovníky škol, včetně zapojení odborníků z praxe do teoretické a praktické výuky.

Opatření č. 4: Podpořit funkční systém kariérového poradenství.

Opatření č. 5: Vést komunikační a marketingovou kampaň ve vazbě na rozhodnutí vlády ohledně výstavby dalších nových jaderných zdrojů.

Tato opatření se dále člení na dílčí klíčové aktivity s přiřazenými odpovědnostmi a termíny.



Foto: Shutterstock

11 POSOUZENÍ SCÉNÁŘŮ A VARIANT

Níže porovnané scénáře a varianty mají za cíl diskutovat vhodné řešení pro zajištění výstavby SMR v ČR s maximalizací užítku pro český průmysl a energetiku.

Scénáře v kontextu hospodářského přínosu (kap. 3)

- **Scénář 1 (S1):** Koupě zahraničního SMR bez zapojení českého průmyslu
- **Scénář 2 (S2):** Výroba části nebo celku SMR v ČR
- **Scénář 3 (S3):** Vývoj a nasazení českého designu

Posláním MPO je rovněž podpora českého průmyslu. Vzhledem k výraznému zájmu zahraničních i českých výrobců SMR o zapojení českých firem do dodavatelských řetězců pro sériovou produkci svých SMR nebo rovnou lokalizaci výroby v ČR jsou preferencí Scénáře 2 a 3. Scénář 1 lze považovat za únikový, resp. nulový scénář a v případě neúspěchu jiných scénářů realizovat dodatečně. Aktuálně existuje příležitost využít zájmu zahraničních výrobců o zapojení českého průmyslu pro dodávky komponent nejen pro SMR pro ČR ale i region, potenciálně na globální úrovni. Doporučujeme zahájit jednání o podmínkách lokalizace výroby zahraničních výrobců v ČR a paralelně vyhodnotit potenciál českých projektů SMR včetně možností pod-

pory. Výhodou zahraničních projektů je relativní pokročilost vývoje a předběžný zájem o jejich designy v regionu i ve světě. České designy slibují vyšší zapojení průmyslu ČR do svých projektů, nicméně jsou stále ve fázi koncepčního návrhu a vedle rizika nedokončení vývoje existuje tržní riziko komercializace designů v ČR i v zahraničí. Konkurenční výhodou českých designů je deklarované určení pro teplárenství a nižší výkon oproti zahraničním designům, tím pádem širší využitelnost. Ve Scénáři 3 existuje při poskytnutí státní podpory riziko zmaření prostředků v souvislosti s vývojem. Případnou podporou scénáře 3 však i při neúspěchu implementace národního designu dojde ke zvýšení kompetence národních výzkumných institucí a průmyslu.

SCÉNÁŘ	S1	S2	S3
Stav vývoje dostupných projektů	pokročilý	pokročilý	počátek
Zapojení průmyslu ČR	nízké	střední/vysoké	střední/vysoké
Pozitivní dopad na zaměstnanost	nízký	střední/vysoké	střední/vysoké
Pozitivní dopad na HDP	nízký	vysoký	vysoký
Dopad na podporu VaVal v ČR	ne	ne	ano
Náročnost realizace v ČR	nízká	střední	vysoká
Existující poptávka	ano	ano	n/a

Tab. 5: Hodnoticí matice jednotlivých scénářů v relevantních aspektech

Závěr: Vzhledem k zájmu pokročilých zahraničních projektů o výrobu komponent v ČR je žádoucí analyzovat možnosti Scénáře 2 a zahájit jednání s danými společnostmi, resp. zeměmi původu.

Varianty investorského modelu (kap. 6)

- **Varianta 1 (V1):** Soukromá společnost či konsorcium
- **Varianta 2 (V2):** Soukromá

společnost či konsorcium s podporou státu

- **Varianta 3 (V3):** Státem vlastněná společnost
- **Varianta 4 (V4):** Alternativní investorské modely a modely spolupráce

Vhodný investorský model poskytne rovné podmínky všem zájemcům o SMR v ČR a s ohledem na zajištění energetické bezpečnosti i vhodné

nástroje pro zmírnění tržních selhání, která jsou charakteristická u jaderných zdrojů. Doporučujeme proto vyhodnotit možnosti státní podpory pro výstavbu SMR tak, aby byly zmírněny efekty nákladů financování, bylo umožněno realizovat projekty všem kompetentním zájemcům a stát měl současně možnost ovlivnit těmito nástroji energetickou politiku směrem k zajištění energetické bezpečnosti. Tento přístup je i v souladu s mezinárodními doporučeními. Uvedené nejlépe vystihuje Varianta 2.

VARIANTA	V1	V2	V3	V4
Zapojení státu (garance, financování, ...)	žádné	střední	vysoké	žádné
Náklady financování projektu	vysoké	střední	nízké/střední	střední/vysoké
Možnosti vlivu státu na projekt	žádný	střední	vysoký	žádný
Otevřenost pro investory	vysoká	vysoká	nízká	střední
Pravděpodobnost realizace SMR	nízká	vysoká	vysoká	nízká

Tab. 6: Hodnoticí matice jednotlivých variant v relevantních aspektech

Závěr: SMR jsou příležitostí zajistit energetickou bezpečnost ČR. Varianta 2 je cestou, jak usnadnit výstavbu projektů SMR soukromým sektorem ve spolupráci se státem v souladu s jeho cíli.

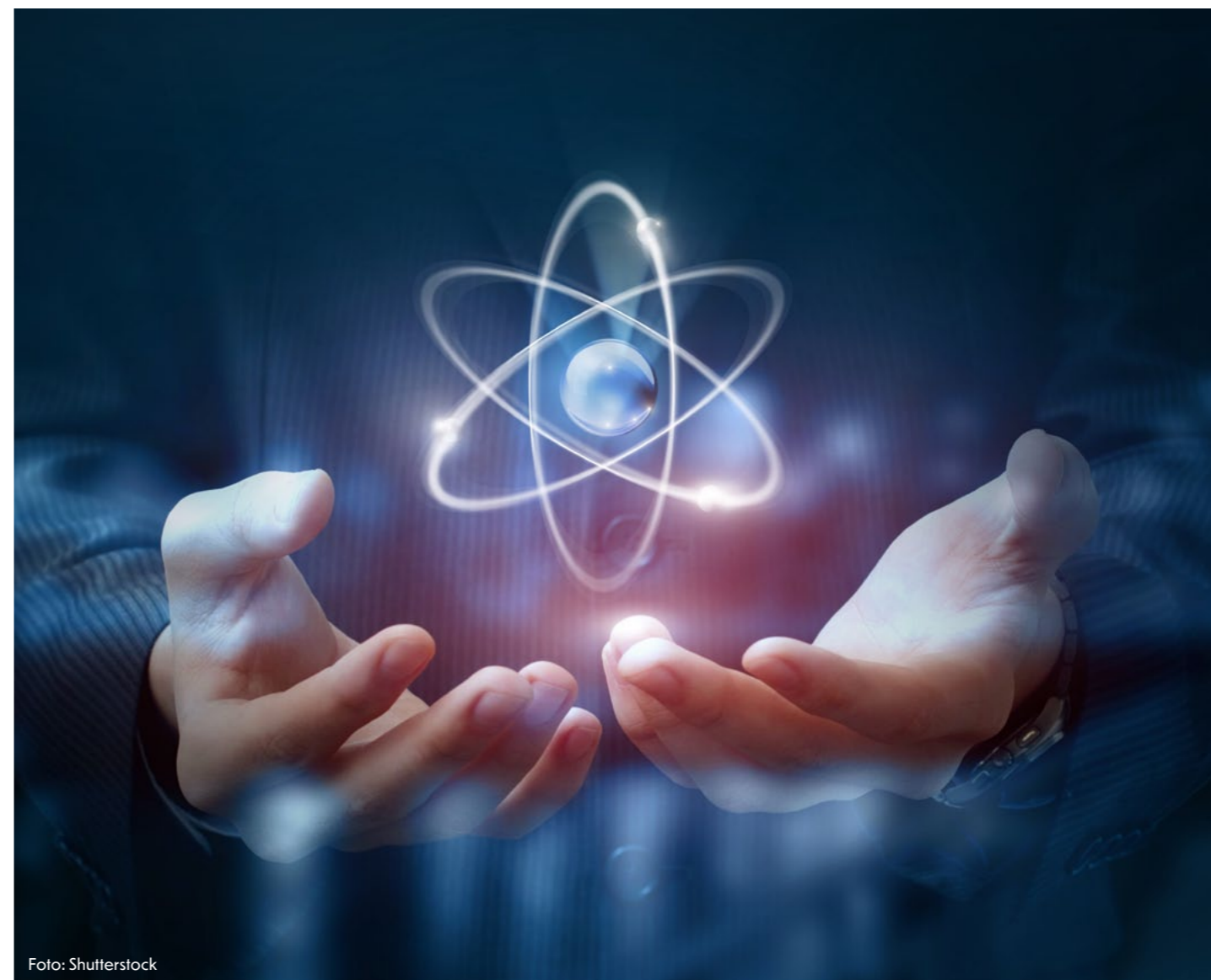


Foto: Shutterstock

12 ZÁVĚREČNÁ DOPORUČENÍ

- a. Využít potenciál SMR při kogeneraci elektřiny a tepla s dodávkou do systémů centrálního zásobování teplem a s výrobou vodíku.
- b. Zahrnout SMR do Státní energetické koncepce ČR, Vodíkové strategie ČR, Vnitrostátního plánu České republiky v oblasti energetiky a klimatu, Politiky ochrany klimatu a dalších relevantních strategií. Zohlednit SMR v rámci aktualizace Koncepce nakládání s radioaktivními odpady a vyhořelým jaderným palivem v ČR. Zohlednit SMR v koncepci transformace teplotnosti z pohledu ztrát jednotlivých technologií a efektivnost přímé výroby tepla ze SMR, určit rozsah zapojení SMR do soustav centrálního zásobování teplem.
- c. Při nasazení SMR a jejich zahrnutí do Státní energetické koncepce ČR, Vodíkové strategie ČR, Vnitrostátního plánu České republiky v oblasti energetiky a klimatu, Politiky ochrany klimatu a dalších relevantních strategií vždy zohledňovat prioritu zajištění bezpečnosti, zabezpečení a požadavků na nešíření jaderných zbraní, jak vyžadují mezinárodní a unijní závazky ČR.
- d. Pro případ, že by byl vystavěn kogenerační SMR zdroj primárně pro plnění funkce zajištění dodávek tepla v topné sezóně, je zapotřebí nadefinovat novou kategorii poplatku odvedenou z vyrobeného tepla v ustanovení § 121 atomového zákona.
- e. Transparentně a s předstihem komunikovat vůči veřejnosti záměry výstavby nových jaderných zdrojů, včetně jejich výhod, s důrazem na zajištění energetických potřeb, přínos v oblasti zaměstnanosti a hospodářství.
- f. Nastavit rovné a motivační investiční podmínky pro zájemce o investici do SMR s ohledem na potřebu vystavět první SMR ve 30. letech a umožnit tak realizaci jaderných projektů, resp. příspěvek k pokrytí očekávaného výkonového deficitu, který je potvrzován studiem ČEPS a bude potvrzen v rámci aktualizaci SEK.
- g. Pro komerční nasazení využít nejpokročilejších projektů SMR současnosti na bázi lehkvodních reaktorů s ohledem na co nejbližší možnou výstavbu, způsobilost technologie získat povolení v ČR a minimalizaci realizačních rizik.
- h. S ohledem na zájem státu včas dozdrojovat potřebnou kapacitu je v případě přímého zapojení státu do výstavby (např. zestátněním ČEZ nebo vytvořením společného podniku viz Varianta 2 a Varianta 3 v kapitole 6) strategicky vhodné zúžit zájem na nejpokročilejší designy, a to ze zemí, které nepředstavují pro ČR bezpečnostní riziko, a zároveň vyhodnocovat rychlost vývoje i ostatních projektů. Vzhledem k aktuálně deklarovanému zájmu o tyto designy v zahraničí mohou některé z nich být pro ČR v čase potřeby dozdrojování nedostupné.
- i. S ohledem na komplexnost, dlouhodobost, novost technologií a postupů, zvolit alespoň pro první projekty investorskou variantu č 2. Financování bude evidentně muset pocházet z mnoha zdrojů. Základní předpoklad bude: Kdo ponese riziko implementace ve smyslu čas, parametry, rozpočet; kdo ponese riziko ceny (marže) výstupního produktu, jistoty prodeje jeho objemu; kdo ponese riziko nákladů životního cyklu.
- j. Analyzovat všechny potenciální modely veřejné podpory ze strany státu, vč. vyhodnocení pravděpodobnosti úspěšné notifikace všech návrhů u Evropské komise a vybrat nejvhodnější z nich, či jejich kombinace. (i) Vyhodnotit možnosti zdrojů financování (mezinárodní, evropské a národní fondy, Evropská investiční banka, mezivládní půjčky, exportní financování, návratnou finanční výpomoc, kapitálovou účast dodavatele, státní garance atd.), (ii) vyhodnotit zajištění výnosů ze SMR (PPA, CfD, RAB atd.) a (iii) posoudit další parametry klíčové pro výběr modelu. Posoudit možnosti státního vlastnictví SMR, včetně přínosů a nevýhod a nediskriminačního využití vybraných nástrojů soukromými společnostmi pro umožnění výstavby SMR.
- k. Usilovat o možnost využití prostředků z nástrojů EU nebo Evropské investiční banky pro přípravné fáze a výstavbu SMR.
- l. Projednat možnost poskytnutí garance exportním a úvěrovým institucím pro případné financování výstavby SMR soukromými společnostmi.
- m. Analyzovat možnost investičních pobídek pro expanzi stávajících i nových dodavatelů v jaderném průmyslu a motivovat tak k zahraničním investicím v ČR.
- n. Iniciovat legislativní a regulatorní změny umožňující efektivní povolovací rámec pro SMR. Především aktualizovat atomové právo ve vazbě na zkušenosti ze zahraničí a spolupráci se zahraničními regulátory ze zemí původu SMR (např. přípuštěním efektivnějších postupů v rámci povolování), zefektivnit ostatní povolovací procesy, zejména podle stavebního zákona.
- o. Zajistit potřebné zdroje státní správy pro pokrytí agendy spojené s SMR, zejména prostředky pro SÚJB pro efektivní spolupráci s partnerskými regulátory a včasnou novelizaci atomového práva.
- p. Urychlit proces výběru a přípravy lokalit tak, aby byly připraveny pro výstavbu SMR v první polovině 30. let.
- q. V souladu se stavebním zákonem poskytnout tento Plán úřadům územního plánování, tj. dotčeným obcím s rozšířenou působností a krajským úřadům, s žádostí o jeho zohlednění v jejich územně analytických podkladech.
- r. Vést jednání s MMR o změně technologie na konkrétních současných lokalitách energetických zdrojů s ohledem na parametry technologie a jejich nároky na území (např. ochranná a bezpečnostní pásma), pro případnou nutnou aktualizaci Politiky územního rozvoje ČR.
- s. Koordinovat přípravu a realizaci projektů velkých jaderných zdrojů a SMR pro zajištění dostatečných kapacit a souladu postupů.
- t. Vypracovat analýzu hospodářského přínosu zapojení do dodavatelských řetězců zahraničních SMR.
- u. Aktivně uchopit příležitost pro rozvoj průmyslu, zaměstnanosti a národního hospodářství, tj. prověřit nabídky výroby komponent pro SMR v ČR či zapojení českých firem do dodavatelských řetězců zahraničních výrobců. Příležitost zaujmout vůdčí roli ve výrobě SMR v EU může být omezená v rozsahu i čase.
- v. Připravit analýzu spolupráce zainteresovaných zemí a koncernů na přeshraničním flotilovém přístupu.
- w. Koordinovat postup v rámci EU s členskými státy deklarujícími plány pro výstavbu projektů SMR. Podporovat zefektivnění povolovacích procesů pro SMR na úrovni EU.
- x. Vyhodnocovat možné modely obchodního zajištění výběru dodavatele a zejména dle preferencí investorů a potenciálních investorů tyto podpořit stran státu.
- y. Analyzovat možnosti, procesy a příležitosti uzavření mezinárodní dohody a zájem vlád zemí původu výrobců. V případě potvrzení zájmu investora eventuálně i připravit zvláštní pravidla mezinárodní smlouvy, která může být uzavřena mezi Českou republikou a jiným než členským státem pro zahrnutí dodávek, služeb a stavebních prací určených ke společné realizaci nebo využití projektu smluvními stranami.
- z. V souvislosti s dodavatelem jaderného paliva sledovat bezpečnostní zájem ČR zajištění diverzifikovaných, spolehlivých a dostupných dodávek.
- aa. Zajistit kapacity SÚRAO pro nové jaderné zdroje (včetně SMR), či prověřit varianty vybudování nového zařízení v nové lokalitě, nebo ukládáním v komplexu připravovaného hlubinného úložiště pro VAO a VJP ve vazbě na předpokládaný rozsah výstavby SMR.
- bb. Zajistit v projektu hlubinného úložiště odpovídající kapacitu pro uložení vyhořelého paliva.
- cc. Aktualizovat odhady produkováných provozních radioaktivních odpadů a inventáře VJP.
- dd. Vypracovat odhady předpokládaného inventáře a ekonomiky RAO a VJP a ukládací kapacity úložiště radioaktivního odpadu z SMR reaktorů a zpracovat do aktualizace Koncepce nakládání s RAO a VJP v souladu s usnesením vlády č. 24 ze dne 11. ledna 2023.
- ee. Aktualizovat odvody pravidelných poplatků na jaderný účet po roce 2030 v souvislosti s rozvojem SMR v ČR v rámci novelizací atomového zákona.
- ff. Pohlížet na VJP jako na možný zdroj štěpného materiálu pro palivo reaktorů čtvrté generace a tuto skutečnost zohlednit v plánech na jeho ukládání do hlubinného úložiště.
- gg. Zahrnout technologie SMR do podpory vědy, výzkumu a inovací v rámci současných nástrojů: tj. pokračovat v podpoře v rámci Programu na podporu aplikovaného výzkumu, experimentálního vývoje a inovací Národní centra kompetence (nyní Centrum pokročilých jaderných technologií II) a stanovit prioritní výzkumné cíle pro výzvy THÉTA II; nadále podporovat činnosti související s vývojem českého designu SMR na úrovni vědecko-výzkumných grantů; a nadále sledovat dle poptávky možnost další podpory komercializace českých designů SMR, které mohou být alternativou v případě nedostupnosti zahraničních technologií.
- hh. Podporovat vzdělávací a rekvalifikační programy pro budoucí výstavbu a provoz SMR v koordinaci s kraji, především těmi, které budou postiženy odchodem od těžby a spalování uhlí. Prověřit možnost stipendií či pobídek pro zahraniční studenty a pracovníky s ohledem na demografii a strukturu vzdělávání v ČR.

13 ÚKOLY A ODPOVĚDNOSTI

- i. Využít Plán jako vstup do Státní energetické koncepce;
 - ii. zpracovat analýzu způsobů financování a podpory pro výstavbu a analýzu modelů vlastnictví a provozování projektů malých a středních reaktorů a předložit vládě informaci s doporučením dalšího postupu;
 - iii. aktivně projednávat a podporovat zapojení českých firem do dodavatelských řetězců zahraničních designů malých a středních modulárních reaktorů;
 - iv. předložit vládě informaci k možnostem využití uzavřených mezinárodních smluv pro spolupráci
- v oblasti malých a středních modulárních reaktorů a v případě potřeby zahájit přípravu rozšíření stávajících smluv, případně zahájit činnosti směřující k uzavření nových smluv, za účelem akcelerace rozvoje vybraných technologií malých a středních modulárních reaktorů;
- v. navrhnout zefektivnění povolenacích a licenčních procesů pro technologie malých a středních modulárních reaktorů v připravovaných úpravách legislativy týkající se přípravy nových jaderných zdrojů;
 - vi. prověřit možnost stanovit v Politice územního rozvoje ČR úkol

pro ministerstva a ústřední správní úřady a pro územní plánování posoudit potřebu vymezení lokalit uvedených v Plánu pro technologii malých a středních modulárních reaktorů v územně plánovací dokumentaci krajů a obcí;

- vii. identifikovat preferované lokality pro umístění malých a středních reaktorů v ČR a jednat s investory o přípravě souvisejících a vyvolaných investic a navazující infrastruktury v lokalitách plánované výstavby malých a středních modulárních reaktorů;
- viii. doporučit hejtmánům a primátorovi hlavního města Prahy spolupracovat na plnění úkolů Plánu.



Foto: Shutterstock

14 SEZNAM ZKRATEK

BOT	investiční model „postav, provozuj a předej“ (build, own, transfer)	MAAE	Mezinárodní agentura pro atomovou energii	RAO	radioaktivní odpad
CapEX	Kapitálové nebo investiční náklady (Capital Expenditure)	MAF	Hodnocení zdrojové přiměřenosti ES ČR do roku 2040 (MAF CZ 2022)	RfI	poptávka informací (request for Information)
CfD	rozdílový kontrakt (Contract for Difference)	MF	Ministerstvo financí	SEK	Státní energetická koncepce
ČEPS	operátor přenosové soustavy ČR	MMR	Ministerstvo pro místní rozvoj	SMR	small and medium reactors / small modular reactors
ČR	Česká republika	MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu	SPV	společnost zvláštního určení
DESÚ	Dopravní a energetický stavební úřad	MŽP	Ministerstvo životního prostředí	SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
EDU	Elektrárna Dukovany	NAP JE	Národní akční plán rozvoje jaderné energetiky v České republice	SÚRAO	Správa úložišť radioaktivních odpadů
EIA	posuzování vlivů na životní prostředí (Environmental Impact Assessment)	NFV	návratná finanční výpomoc	SVVNJZ	Stálý výbor pro výstavbu nových jaderných zdrojů v ČR
EIB	Evropská investiční banka	NHSI	Iniciativa pro harmonizaci a standardizaci v jaderné energetice	SWOT	metoda analýzy silných a slabých stránek, příležitostí a hrozeb
EMA	dodavatelský model inženýring, výroba a sestavení (engineering, manufacturing, assembly)	NI	jaderný ostrov	SZT	systém zásobování teplem
EPC	dodavatelský model inženýring, nákup a výstavba (engineering, procurement, construction)	NIMBY	koncept odporu veřejnosti k umístění zařízení v blízkosti jejich obydlí (not in my backyard)	TAČR	Technologická agentura ČR
EPZ	zóna havarijního plánování	NOAK	n-tá jednotka svého druhu	TI	turbínový ostrov
ERÚ	Energetický regulační úřad	NRF	Národní rozvojový fond	ÚJV	Ústav jaderného výzkumu
ETE	Elektrárna Temelín	NSZ	nový stavební zákon	ÚOHS	Úřad pro ochranu hospodářské soutěže
EU	Evropská unie	OECD NEA	Agentura pro atomovou energii při organizaci pro hospodářskou a obchodní spolupráci	ÚRAO	úložiště radioaktivního odpadu
FOAK	první jednotka svého druhu	OZE	obnovitelné zdroje energie	ÚV	Úřad vlády ČR
HDP	hrubý domácí produkt	PPA	dlouhodobý výkupní kontrakt (Power Purchase Agreement)	VAO	vysoce aktivní odpad
JE	jaderná elektrárna	PS SMR	Pracovní skupina pro uplatnitelnost malých a středních reaktorů v České republice	VaVal	věda, výzkum a inovace
JES	jednotné environmentální stanovisko	PS HR	Pracovní skupina pro zajištění lidských zdrojů pro rozvoj jaderné energetiky	VJP	vyhořelé jaderné palivo
JV	společný podnik (joint venture)	RAB	regulovaná báze aktiv	WACC	vážené průměrné náklady kapitálu
LCOE	dlouhodobé měrné náklady na výrobu elektřiny (Levelized Cost of Energy)			WENRA	Asociace jaderných regulátorů v západní Evropě
				ZZVZ	zákon o zadávání veřejných zakázek

15.1 Příloha A: Přehled jednání a závěrů pracovní skupiny

Přehled jednání PS SMR

1. 28. února 2022: Probíhající aktivity v EU, ČR a na MPO, projekt Uplatnitelnost malých a středních jaderných reaktorů v ČR,

2. 28. března 2022: Zdrojová přiměřenost elektrizační soustavy ČR, koncept odstupňovaného přístupu v atomové legislativě,

3. 10. května 2022: Představení potřeb členů Teplárenského sdružení ČR, Svazu chemického průmyslu ČR, Ocelářské unie, a.s.,

4. 20. června 2022: Představení záměru Moravskoslezského kraje, Ústeckého kraje, Jihočeského kraje a možností podpory MŽP/SFŽP, MPO,

5. 23. září 2022: Představení strategie Sev.en, EPH, SUAS, Innogy, PRE,

6. 17. října 2022: Prezentace českých designů ZČÚ/CIIRC Teplator, Witkowitz SMR David, CVŘ CR-100, Sekce pro vědu, výzkum a inovace při Úřadu vlády ČR,

7. 30. listopadu 2022: Možnosti financování, Evropská investiční banka, UK Export Finance, ČSOB, Česká spořitelna, Národní rozvojový fond,

8. 20. prosince 2022: Dodavatelský řetězec, jednání MPO s dodavateli SMR, perspektivy Škoda JS a SAFICHEM PROJEKTY GROUP pro dodávky SMR, aktivity CzechTrade a projekty ekonomické diplomacie (PROPED), možnosti koordinace a prezentace připravenosti dodavatelského řetězce.

9. 9. ledna 2023: Možnosti financování, EXIM banka

Hlavní závěry z jednání PS SMR

a. Podmínkou pro investice do

SMR je stabilní a transparentní podnikatelské a legislativní prostředí

b. Průmysl očekává zjednodušení povolenacích procesů a nastavení nediskriminačních podmínek pro výstavbu SMR

c. ČR by měla aktivně podpořit a zahájit "předlicenční" výměnu informací o designu s regulátory zemí původu výrobců SMR a nečekat na vznik mezinárodního regulačního prostředí k SMR

d. Bezpečnostní požadavky k zajištění jaderné bezpečnosti nebudou u SMR odlišné oproti velkým blokům, lze pouze zjednodušit procesy s ohledem na potenciální bezpečnostní přednosti SMR a zaměřit se na odstupňovaný přístup.

e. Průmysl očekává, že stát zajistí povolování a doporučuje, aby stát sám zajistil předběžný průzkum lokalit k vzhledem plnění požadavků vyhlášky č. 378/2016 Sb. a tím přilákal investory

f. Pro vymezení lokalit a výstavbu SMR je pro investory zásadní zájem o technologii SMR ze strany státu deklarovaný v SEK a podpora krajů

g. Kraje jsou připraveny spolupracovat v přípravě lokalit a infrastruktury se státem a investory

h. PS očekává od státu stanoviska ohledně garancí, zajištění rizik a nastavení možností financování projektů SMR

i. Je potřeba nastavit financování na základě co nejefektivnější alokace rizik mezi zúčastněné strany

j. Komerční subjekty nejsou schopny efektivně nést některá rizika projektů SMR

k. Ekonomika SMR by měla být s ohledem na sezónnost dodávek tepla postavena primárně na dodávkách elektřiny

l. V ČR se nabízí především 2 investorské modely: (i) Investorem bude stát, resp. státem vlastněná společnost nebo (ii) energetická či průmyslová společnost

m. Potenciální zájemci o investice do SMR z řad průmyslu a energetiky čekají na dostupnou, komerční technologii SMR a jsou nyní v roli pozorovatele,

n. Lehkovodní SMR je pro uplatnění v ČR z pohledu legislativy prioritní

o. Technologii SMR by bylo vhodné certifikovat pro usnadnění povolenacích procesů

p. Český dodavatelský řetězec je schopen vyrábět komponenty pro SMR bezprostředně dle poptávky a české společnosti jsou schopny plnit roli integrátora či dílčích integrátorů projektů SMR

q. Stát by měl zajistit veřejnou osvětu v oblasti SMR

r. Potřeba zajistit lidské zdroje pro výstavbu a provoz SMR, vč. podpory studijních programů

s. Finanční instituce očekávají návrh konkrétního projektu pro stanovení parametrů a možností financování

15.2 Příloha B: Přehled lehkovodních technologií SMR s parametry dle studie Uplatnitelnosti

Parametry lehkovodních SMR dle studie Uplatnitelnosti

VÝVOJ TECHNOLOGIE, ZEMĚ PŮVODU	NUSCALE POWER CORPORATION, USA	HOLTEC INTERNATIONAL, USA	GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY, USA AND HITACHI-GE NUCLEAR ENERGY, JAPONSKO	EDF, FRANCIE + CEA, NAVAL GROUP, FRAMATOME, TECHNICAL A TRACTEBEL-ENGIE	ROLLS-ROYCE SMR LTD., UK	KAERI, KOREJSKÁ REPUBLIKA, K. A. CARE, SAUDSKÁ ARÁBIE
Typ reaktoru	integrováný tlakovodní reaktor	tlakovodní reaktor	lehkovodní varný reaktor	integrováný tlakovodní reaktor	Třísmýčkový tlakovodní reaktor	integrováný tlakovodní reaktor
Chladivo/moderátor	lehká voda / lehká voda	lehká voda / lehká voda	lehká voda / lehká voda	lehká voda / lehká voda	lehká voda / lehká voda	lehká voda / lehká voda
Tepelný/elektrický výkon	250 MWt / 77 MWe (1 modul)	525 MWt / 160 MWe	870 MWt / 270 - 290 MWe	2x540 MWt / 2x170 MWe	1357 MWt / 470 MWe	4 x 365 MWt / 4 x 107 MWe
Primární cirkulace	přirozený oběh	přirozený oběh	přirozený oběh	nucený oběh	nucený oběh	nucený oběh
Provozní tlak (primární/sekundární) [MPa]	13,8/4,3	15,5/3,4	7,2/přímý cyklus	15/4,5	15,5/7,8	15/5,8
Teploata chladiva na vstupu/výstupu aktivní zóny [°C]	249/316	243/321	270/288	280/307	295/325	296/322
Hrubá elektrická účinnost [%]	30,8	30,5	32,2	31,5	34,6	29,3
Vlastní spotřeba elektřiny [%]	4,87	4,87 (odborný odhad)	4,7 (odborný odhad)	4,87 (odborný odhad)	5 (odborný odhad)	4,87 (odborný odhad)
Typ paliva/rozložení	UO2, čtvercové rozložení 17x17	UO2, pelety, čtvercové rozložení	UO2, pole 10x10	UO2, čtvercové rozložení 17x17	UO2, čtvercové rozložení 17 x 17	UO2, pelety, čtvercové rozložení 17x17
Počet palivových souborů v aktivní zóně	37	57	240	76	121	57
Obohacení paliva [%]	< 4,95	4 (průměr)	3,81 (průměrné) / 4,95 (maximální)	< 5	< 4,95 (průměr)	< 5
Vyhoření paliva [GWd/t]	>= 45	45	49,6	-	50 - 60	< 54
Cyklus výměny paliva [měsíců]	18	24	12 - 24	24 (polovina aktivní zóny)	18 měsíců	
Životnost [let]	60	80	60	60	60	60
Palivový cyklus	standardní třífázové schéma výměny paliva	při každé výměně paliva se mění cca 1/3 paliva	otevřený palivový cyklus se standardním palivem pro BWR	otevřený palivový cyklus se standardním palivem pro LWR	otevřený cyklus	otevřený palivový cyklus se standardním palivem pro LWR
Význačné vlastnosti	neomezené dochlazování reaktoru při výpadku napájení a bez nutnosti přidávat vodu	pasivní bezpečnostní chladicí systémy a aktivní nezabezpečovací systémy; kritické komponenty pod stupněm kvality. Integrovaný systém pro skladování a přepravu vyhořelého paliva na sucho	přirozená cirkulace v BWR, integrované izolační ventily, izolační kondenzátor	integrováný NSSS s bazémem propojeným s kontejnmentem, bez boru v normálním provozu a ve všech podmínkách projektování (DBC), poloza- puštěný jaderný ostrov	modulární přístup usnadňující rychlou a nákladově efektivní výstavbu	Využití pro odsolování vody a dodávku procesního tepla, integrováný primární systém

15.3 Příloha C: Kritéria úrovně technologické připravenosti projektů SMR

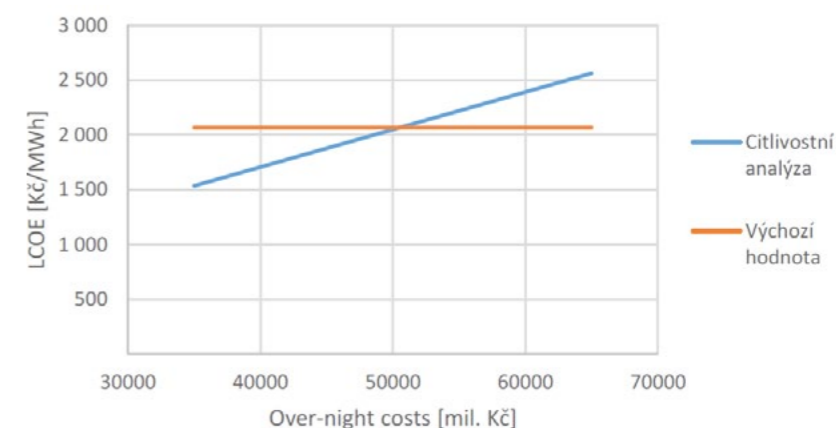
TRL 9	Projekt je realizován a reaktorový systém je v provozu	TRL 9: Skutečný/reálný systém SMR je provozován/ funguje v celém rozsahu očekávaných podmínek.	Projekt je realizován je ve své finální podobě a je provozován v plném rozsahu v očekávaných provozních podmínkách.
TRL 7 - 8	Reaktorový systém je uváděn do provozu/ spouštěn	TRL 8: Skutečný systém je dokončen a kvalifikován prostřednictvím testů a demonstrací	Bylo prokázáno, že tato technologie projektu SMR je ověřena provozem ve své konečné podobě a za očekávaných podmínek. Téměř ve všech případech představuje tento TRL konec skutečného vývoje projektu. Mezi příklady patří vývojové testování a vyhodnocení systémů projektu SMR. Podpůrné informace zahrnují provozní postupy, které jsou prakticky/téměř úplné. Kontrola provozní připravenosti (Operational Readiness Review - ORR) byla úspěšně dokončena před zahájením horkého testování.
		TRL 7: Plnorozměrová (full-scale) nebo prototypová klíčová zařízení/systémy/ technologie projektu jsou úspěšně vyzkoušeny v relevantním/ odpovídajícím prostředí.	To představuje zásadní pokrok od TRL 6. TRL7 vyžaduje předvedení skutečného prototypu systému v příslušném prostředí. Mezi příklady patří testování prototypu v plném rozsahu při uvádění do provozu za studena/spouštění. Podpůrné informace zahrnují výsledky testování v plném rozsahu a analýzu rozdílů mezi testovacím prostředím a analýzu toho, co experimentální výsledky znamenají pro případný operační systém/prostředí. Konečný design je prakticky kompletní.
TRL 4 - 6	Demonstrátor technologie použité v projektu reaktoru 13,8/4,3	TRL 6: Inženýrské / pilotní měřítko, validace podobného (prototypového) klíčového zařízení/ systému/technologie projektu v příslušném prostředí	Inženýrské modely ve zmenšeném měřítku nebo prototypy jsou testovány v příslušném prostředí. To představuje zásadní krok v prokázání připravenosti technologie projektu SMR. Mezi příklady patří testování prototypového systému v inženýrském měřítku. Podpůrné informace zahrnují výsledky testování v inženýrském měřítku a analýzu rozdílů mezi inženýrským měřítkem, prototypovým systémem/prostředím a analýzu toho, co experimentální výsledky znamenají pro případný operační systém/prostředí. TRL 6 zahajuje skutečný technický vývoj technologie jako operačního systému. Hlavním rozdílem mezi TRL 5 a 6 je přechod z laboratorního měřítka do inženýrského měřítka a stanovení měřítkových faktorů, které umožní návrh operačního systému. Prototyp by měl být schopen vykonávat všechny funkce, které bude operační systém vyžadovat. Provozní prostředí pro testování by mělo přesně odpovídat skutečnému operačnímu prostředí.
		TRL 5: Laboratorní měřítko, validace podobného systému v relevantním prostředí	Základní technologické komponenty projektu SMR jsou integrovány tak, že konfigurace systému téměř ve všech ohledech odpovídá konečné verzi projektu (basic design). Mezi příklady patří testování vysoce věrného systému v laboratorním měřítku v simulovaném prostředí s řadou simulantů a skutečného odpadu. Podpůrné informace zahrnují výsledky testování v laboratorním měřítku, analýzu rozdílů mezi laboratorní a případným operačním systémem/prostředím a analýzu toho, co znamenají experimentální výsledky pro případný operační systém/prostředí. Hlavním rozdílem mezi TRL 4 a 5 je zvýšení věrnosti systému a prostředí skutečné aplikaci. Testovaný systém je téměř prototyp.
		TRL 4: Validace komponent a / nebo systému v laboratorním prostředí	Základní technologické komponenty jsou integrovány, aby bylo zajištěno, že jednotlivé komponenty budou správně spolupracovat v daném systému. Mezi příklady patří integrace hardwaru ad hoc v laboratoři. Podpůrné informace zahrnují výsledky integrovaných experimentů a odhady, jak se experimentální komponenty a výsledky experimentálních testů liší od očekávaných cílů výkonu systému. TRL 4-6 představují most od vědeckého výzkumu k inženýrství. TRL 4 je prvním krokem k určení, zda jednotlivé komponenty budou fungovat společně jako systém. Laboratorní systém bude pravděpodobně kombinací ručního vybavení a několika speciálních součástí, které mohou vyžadovat speciální zacházení, kalibraci nebo zajištění, aby fungovaly.
TRL 2 - 3	Výzkum a vývoj pro ověření předkoncepčního a koncepčního projektu reaktoru	TRL 3: Vytvořený koncepční projekt SMR.	Zahájen je aktivní výzkum a vývoj projektu SMR v návaznosti na předkoncepční projekt. To zahrnuje analytické studie a studie v laboratorním měřítku pro fyzickou validaci analytických předpovědí jednotlivých prvků technologie. Mezi příklady patří komponenty, které ještě nejsou integrovány, nebo jsou reprezentativně testovány v experimentálních zařízeních. Podpůrné informace zahrnují výsledky laboratorních testů prováděných k měření sledovaných parametrů a srovnání s analytickými předpovědi pro kritické subsystémy. Na TRL 3 se práce přesunula z papírové fáze do experimentální práce, která ověřuje, že koncept projektu funguje podle očekávání na experimentálních zařízeních. Komponenty technologie využívané v projektu SMR ale nejsou ještě integrovány do celkového systému. K doplnění fyzikálních experimentů lze použít modelování a simulaci.
		TRL 2: Vytvořený předkoncepční projekt	Jakmile jsou ověřeny základní principy, lze vyvinout předkoncepční projekt SMR. Aplikace technologií jsou spekulativní a na podporu těchto předpokladů nemusí být v této fázi experimentální ověření nebo podrobná analýza. Příklady se stále omezují na analytické studie. Podpůrné informace zahrnují publikace nebo jiné reference, které nastiňují zvažovanou aplikaci a poskytují analýzu podporující koncept. Krok od TRL 1 do TRL 2 posune myšlenky od čistého k aplikovanému výzkumu. Většinu práce tvoří analytické nebo papírové studie s důrazem na lepší porozumění vědě. Experimentální práce je navržena tak, aby potvrdila základní vědecké pozorování provedená během práce TRL 1.
TRL 1	Základní výzkum technologie uvažované pro projekt reaktoru	TRL 1: Identifikované a publikované základní principy	Toto je nejvyšší úroveň připravenosti technologie využívané v projektu SMR. Základní výzkum se začíná promítat do aplikovaného výzkumu a vývoje. Příkladem mohou být teoretické studie základních vlastností technologie nebo experimentální práce, která se skládá hlavně z pozorování fyzikálních jevů. Podpůrné informace zahrnují publikovaný výzkum nebo jiné reference, které identifikují principy, které jsou základem technologií, které se využívají v předkoncepčním návrhu projektu.

15.4 Příloha D: Citlivostní analýza vstupních parametrů na LCOE SMR dle studie Uplatnitelnosti

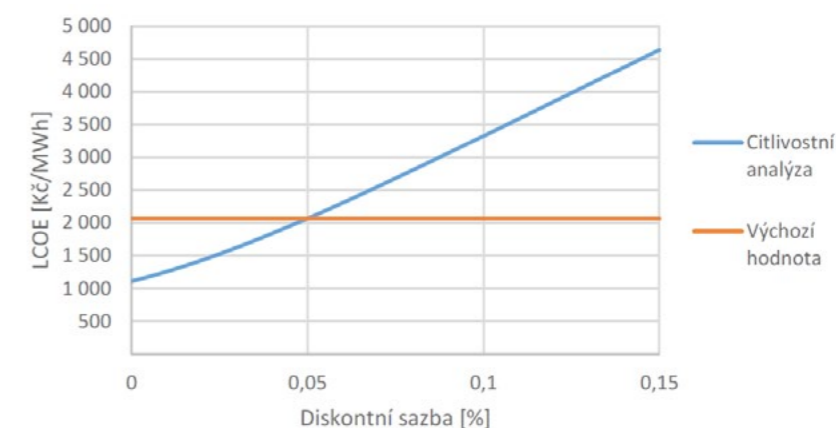
Společné předpoklady:

- Lehkovodní reaktor
- Výchozí roční využití při dodávce elektřiny 7 500 h/rok
- WACC na úrovni 5 %
- Životnost zdroje 60 let
- Instalovaný elektrický výkon 300 MWe
- Měrné investiční jednodenní náklady 165 mil. Kč/MWe

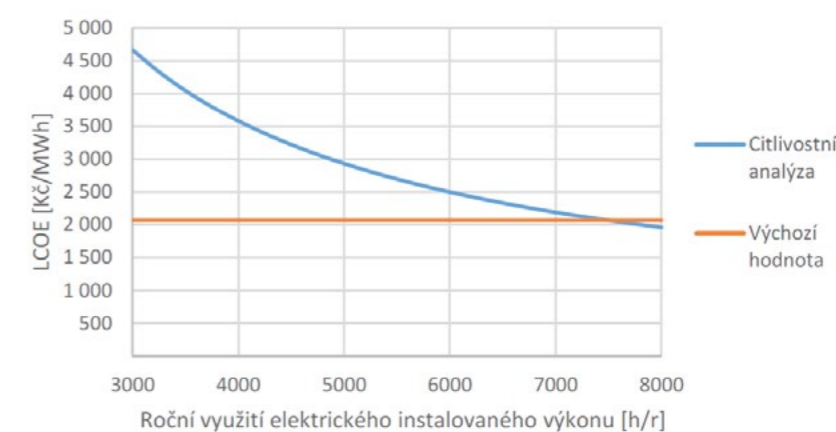
Citlivostní analýza LCOE na investiční náklady (overnight costs):



Citlivostní analýza LCOE SMR na diskontní sazbu:



Citlivostní analýza LCOE SMR na využití elektrického instalovaného výkonu:



15.5 Příloha E: Přehled lokalit dle studie Uplatnitelnosti

Zdroje/lokality významných nejaderných zdrojů vhodné k umístění SMR dle vylučujících kritérií: 1 - minimální dodávka tepla 1 000 TJ a elek-

tržiny 1,5 TWh (vč. zdrojů s takovým potenciálem dodávek); 2 - zdroje s více než 50% primárního paliva v podobě uhlí. Uvedené lokality

disponují napojením na teplotenské soustavy a elektrizační soustavu (400 kV nebo 110 kV).

POŘ. Č.	NÁZEV ZDROJE [DLE ERÚ]	INSTALOVANÝ T-VÝKON [MWT]	CELKOVÝ E-VÝKON [MW]	ROČNÍ VÝROBA ELEKTRINY BRUTTO [GWH]	ROČNÍ VÝROBA TEPLA BRUTTO [TJ]	ROČNÍ DODÁVKA TEPLA [TJ]	ZÁSOBOVANÉ SCZT	ÚDAJE ZA ROK	KRAJ	TYP ZDROJE
1	Elektrárna Mělník I	1098	240	0	16 230	8 954	Praha, Mělník a okolí Neratovice	2016	STK	T
2	Elektrárna Mělník II	613	220	0	11 754	1 547	Praha, Mělník a okolí Neratovice	2016	STK	T
3	Elektrárna Třebovice	765	174	773	9 570	3 713	Ostrava	2017	MSK	T
4	Elektrárna Opatovice	1068	363	960	12 113	3 259	Hradec Králové Pardubice, Chrudim	2015	PK	T
5	Teplárna Trmice	469	89	139	0	2 911	Ústí nad Labem	2016	ÚK	T
6	Plzeňská teplotárská, a. s. - Teplárna	499	151	0	8 747	2 650	Plzeň	2015	PLK	T
7	Teplárna Přívoz	176	14	82	2 358	1 894	Ostrava	2017	MSK	T
8	Teplárna Komořany	1076	239	707	0	1 724	Most Litvínov	2016	ÚK	T
9	ZE Vřesová	1100	240	1700	23 096	1 619	Karlovy Vary Chodov, Nejdek	2014	KK	T
10	Teplárna Olomouc	213	50	0	3 394	1 592	Olomouc	2014	OK	T
11	Elektrárna Kladno	966	473	0	19 410	1 484	Kladno	2016	STK	T
12	Teplárna České Budějovice	412	52	105	2 796	1 477	České Budějovice	2014	JČK	T
13	Teplárna Karviná	248	55	162	2 476	1 412	Karviná Havířov	2017	MSK	T
14	Elektrárna Poříčí	485	165	420	6 384	1 292	Trutnov a okolí	2014	HK	T
15	Elektrárna Ledvice III	277	110	1 593	0	1 254	Teplíce, Bilina Ledvice, Krupka, Dubí	2016	ÚK	T
16	Teplárna Přerov	347	48	0	3 555	1 161	Přerov	2014	OK	T
17	Teplárna ČSA	171	24	48	1 258	1 034	Karviná Havířov	2017	MSK	T
18	Teplárna Zlín	268	69	120	0	1 000	Zlín	2020	ZK	T
19	Elektrárna Prunéřov II	1 581	750	4 050	0	939	Chomutov, Jirkov Klášterec nad Ohří	2016	ÚK	U+
20	Teplárna na Moráni	177	26	73	1 285	868	Chomutov	2016	ÚK	U+
21	ENERGY Ústí nad Labem, a. s.	248	16	0	1 272	841	Ústí nad Labem	2016	ÚK	U+
22	Elektrárna Tisová I+II	520	289	1 000	10 90	763	Sokolov	2014	KK	U+
23	Elektrárna Dětmárovice	2 074	800	1 763	14 583	557	Bohumín, Orlová	2017	MSK	U+
24	Elektrárna Tušimice	1 774	800	5 632	0	530	Kadaň	2016	ÚK	U+
25	Teplárna Malešice	492	122	0	0	0	Praha	2020	Praha	U+
26	Elektrárna Počeradý I	2 435	1 000	6 099	0	63	-	2016	ÚK	U
27	Elektrárna Chvaletice	2 024	820	2 159	0	140	-	2020	PK	U
28	Elektrárna Ledvice IV	1 286	660	0	0	0	-	2016	ÚK	U
29	Tameh Czech s.r.o - Teplárna	1 359	254	1 014	5 989	3 413	Ostrava	2017	MSK	P

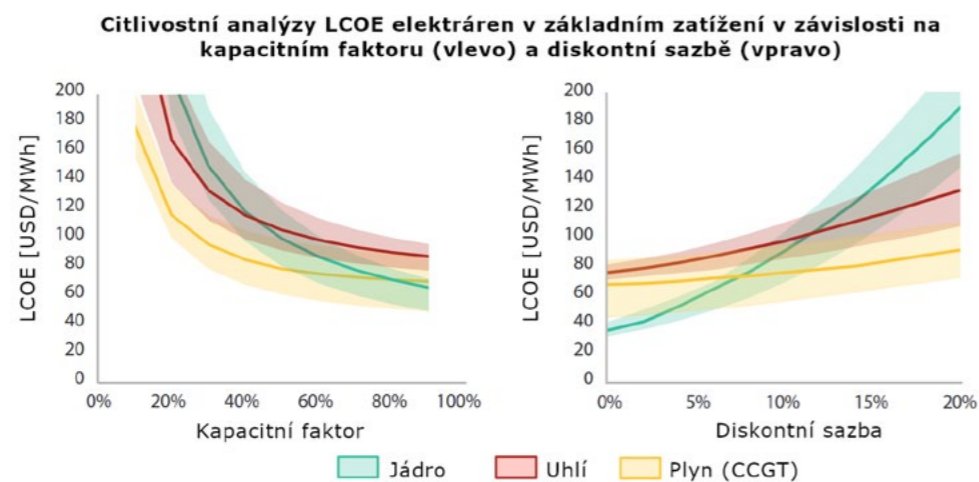
POŘ. Č.	NÁZEV ZDROJE [DLE ERÚ]	INSTALOVANÝ T-VÝKON [MWT]	CELKOVÝ E-VÝKON [MW]	ROČNÍ VÝROBA ELEKTRINY BRUTTO [GWH]	ROČNÍ VÝROBA TEPLA BRUTTO [TJ]	ROČNÍ DODÁVKA TEPLA [TJ]	ZÁSOBOVANÉ SCZT	ÚDAJE ZA ROK	KRAJ	TYP ZDROJE
30	ORLEN Unipetrol RPA s.r.o. - T 700	768	112	1116	12 318	5 579	Záluží u Litvínova	2016	ÚK	P
31	Energetika Třinec, a. s.	612	102	675	11 186	1 750	Třinec	2017	MSK	P
32	Lovochemie - Teplárna	268	44	118	2 557	1 694	Lovosice	2016	ÚK	P
33	Teplárna ŠKO-ENERGO	414	88	0	5 419	1 602	Mladá Boleslav	2016	STK	P
34	Teplárna Otrokovice	247	50	0	0	1 416	Otrokovice	2020	ZK	P
35	Teplárna Zelená louka 1+2	381	76	0	1 633	1 135	Pardubice	2018	PK	P
36	SPOLANA, a. s. - Teplárna	280	77	0	1 760	0	Neratovice	2016	STK	P
37	Plzeňská teplotárská, a. s. - Energetika	364	113	0	0	813	Plzeň	2017	PLK	P
38	Závodní teplotárska - Kralupy n. Vltavou	361	67	0	5 267	4 510	Rafinerie - Kralupy nad Vltavou	2016	STK	O
39	Teplárny Brno	1 072	181	260	4 207	3 559	Brno	2015	JMK	O
40	Deza, a. s. - Teplárna	206	18	139	0	2 042	Val. Meziříčí	2018	ZK	O
41	Mondi Štětí a. s.	540	112	569	10 719	1 113	Štětí	2017	ÚK	O
42	Spalovna - sekce Výroba tepla	92	23	60	2 174	1 018	Brno	2020	JMK	O
43	Spalovna - závod 1400000	116	17	35	0	849	Praha	2017	Praha	O
44	Elektrárna Počeradý II	1 220	845	1 813	0	0	-	2016	ÚK	O
45	PPE Vřesová	821	400	2 008	0	0	-	2014	KK	O

Nad rámec uvedených lokalit je dále potenciál umístění SMR ve stávajících lokalitách jaderných elektráren **Temelín** a **Dukovany**. Možnost přípravy jaderné lokality

Blahutovice pro SMR, která je aktuálně v územním plánu vymezená pro energetické účely.

T Teplárna
U Uhelné elektrárny
U+ Uhelné zdroje s potenciálem k navýšení dodávek tepla
P Uhelné průmyslové zdroje
O Ostatní významné nejaderné a neuhelné zdroje tepla nebo elektrické energie v ČR

15.6 Příloha F: Citlivost LCOE jednotlivých zdrojů na kapacitním faktoru a diskontu



Pozn.: Hodnoty při 7% diskontní sazbě. Křivky označují střední hodnoty, plochy 50% centrálního regionu.

Zdroj: Mezinárodní agentura pro energii – projektované náklady výroby elektřiny 2020²⁸

15.7 Příloha G: Možnosti exportního financování UKEF a EXIM

- UKEF (Velká Británie) - V rámci pravidel OECD neboli do 85 % hodnoty projektu a maximální dobu splácení 18 let. Dle požadavků musí být alespoň 20 % dodávek z UK. Do této hodnoty se počítají zboží, služby, nehmotný majetek a subkontrakty. Pro projekty v ČR disponuje rozpočtem 5 mld. liber. V případě zájmu umožňuje podporu i pro jednotlivé kraje, pokud bude zajištěna záruka od státu. Pro financování podporují přes 60 měn vč. české koruny. Pro parametry financování zohledňují rating instituce. Vše bude záležet na celkovém způsobu

financování a počtu projektů. UKEF je připraven poskytnout individuální konzultace jak podnikům, tak krajům.

- EXIM (USA) - EXIM je aktivní ve financování jaderného sektoru, jak v Evropě, tak ve světě. Financují nové elektrárny, ale podporují i renovaci současných elektráren. EXIM zohledňuje v rámci projektů jaderného sektoru tři oblasti. Úvěrové aspekty, právní a regulační rámec země a externího jaderného poradce, pro specifické technické, právní, ekonomické, či další odborné znalosti. EXIM hodnotí předešlé zkušenosti země, dívají se na kvalifikovaný dodavatelský řetězec a jaderný regulační orgán

dané země. Mají environmentální a sociální postupy a směrnice, dle kterých se řídí. V jaderném sektoru respektují bezpečnostní standardy MAAE. Podmínky financování jaderného sektoru jsou např. u nových staveb doba splácení do 18 let, podíl US dodávek až 85 % hodnoty kontraktu, lokální podíl na úrovni 30 % atp. v souladu s pravidly OECD. Momentálně není určena maximální výše finančních prostředků, kterými by podpořili projekt SMR. Rozhodnutí o výši těchto prostředků závisí na konkrétním projektu – uvažované technologii, uděleném povolení, počtu uvažovaných jednotek atd. EXIM je připraven poskytnout podnikům individuální konzultace.

²⁸ <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ae17da3d-e8a5-4163-a3ec-2e6fb0b5677d/Projected-Costs-of-Generating-Electricity-2020.pdf>



MINISTERSTVO
PRŮMYSLU A OBCHODU