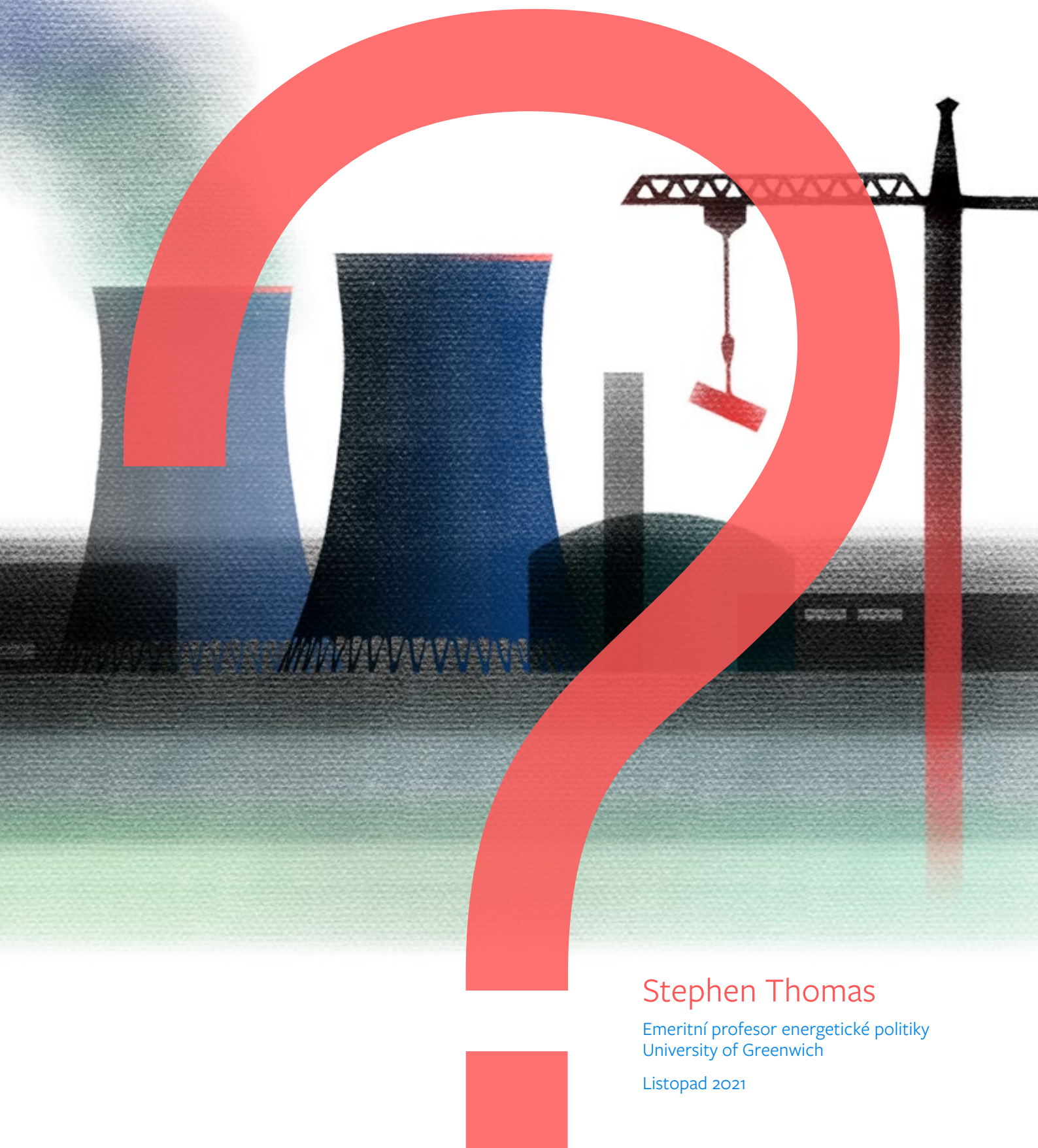


Kdo chce stavět Dukovany?

Jakých výsledků dosahují
zájemci o dukovanský tendr?



Stephen Thomas

Emeritní profesor energetické politiky
University of Greenwich

Listopad 2021

Obsah

1. Úvod	3
2. Konstrukční uspořádání	3
2.1. Způsob výstavby	3
2.2. Pasivní bezpečnost	3
2.3. Velikost	3
2.4. Ochrana proti nekontrolovanému roztavení aktivní zóny	4
2.5. Ochrana před dopadem letadla	4
3. Náklady	4
4. Westinghouse Advanced Passive 1000 (AP1000)	5
4.1. Westinghouse	5
4.2. AP1000 a schválení regulátorů	5
4.3. Prodej modelu AP1000	5
4.4. Zkušenosti s výstavbou	6
4.5. Celkové hodnocení	7
5. Evropský tlakovodní reaktor (EPR) výrobce Framatome	8
5.1. Framatome	8
5.2. EPR a schválení regulátorů	8
5.3. Prodej modelu EPR	9
5.4. Zkušenosti s výstavbou	9
5.4.1. Olkiluoto 3	9
5.4.2. Flamanville 3	10
5.4.3. Taishan 1	10
5.4.4. Hinkley Point C	11
5.5. EPR-2	11
5.6. EPR1200	12
6. Pokročilý jaderný reaktor (APR) výrobce KEPCO	12
6.1. Zakázky pro Koreu	13
6.2. Zakázky pro SAE	13
6.3. APR1000	14
7. Závěry	14
7.1. Cena a proveditelnost	14
7.2. Provozní chování	14
7.3. Možnost získání licence	14
7.4. Bezúhonnost a důvěryhodnost firem	15
Použitá literatura	15

1. Úvod

Česká vláda oznámila svůj záměr objednat dva jaderné reaktory pro lokalitu Dukovany mezi lety 2024–2029 s cílovým datem dokončení prvního bloku do roku 2036. Stanovila řadu kritérií, jež musí nabídnuté projekty splňovat. Například:

- Mělo by jít o typy reaktorů aktuálně komerčně dostupné na trhu.
- Měly by vyhovovat všem aktuálním evropským požadavkům na nové reaktory.
- Maximální výkon jednoho bloku má být omezen na 1000–1200 MW, aby je bylo možné integrovat do české přenosové soustavy a aby vyhověly dalším omezením v lokalitě, například z hlediska chladicí vody.¹
- Mělo by jít o tlakovodní reaktory.

Na světových trzích se nabízí šest konstrukčních typů reaktoru. Hitachi-GE ABWR je varný reaktor s výkonem 1450 MW, takže kritériím nevyhovuje. Ruské a čínské typy, tedy Rosatom AES–2006 a CGN Hualong One, byly vyloučeny z politických důvodů.

Francouzský Framatome EPR (1650 MW) a korejský KEPCO APR1400 (1400 MW) sice nesplňují požadavek na maximální výkon, ale oba dodavatelé vyjádřili ochotu vyvinout zmenšenou verzi svého konceptu, tedy EPR1200, respektive APR1000. Jediným modelem, který splňuje všechna čtyři kritéria bez úprav je Westinghouse AP1000 (1150 MW).

V této zprávě zhodnotíme jednotlivé modely z hlediska míry vyhovění evropským bezpečnostním normám, investičních nákladů, zkušeností s výstavbou a provozem.

2. Konstrukční uspořádání

Podrobné přezkoumání konstrukce jednotlivých reaktorů jde nad rámec této zprávy, ale ta by přesto měla shrnout relevantní faktory, které se promítají do nákladů.

2.1. Způsob výstavby

Reaktory EPR a APR jsou navrženy k výstavbě tradičním způsobem, kdy většina prací probíhá na místě stavby. Model AP1000 je naproti tomu konstruován tak, že se z větší části sestaví z prefabrikovaných modulů dovezených na staveniště. To je zdůvodněno představou, že většina zpoždění při výstavbě, kterou reaktory trpí téměř bez výjimky, je způsobena obtížnou koordinací velkého počtu pracovníků z různých firem na staveništi. U tovární výroby se též předpokládá snazší řízení jakosti.

2.2. Pasivní bezpečnost

Od havárie elektrárny Three Mile Island v roce 1979 se posiluje tendence nahrazovat technologické bezpečnostní systémy takzvanou pasivní bezpečností, aby kzajištění bezpečnosti v případě havárie nebylo zapotřebí provozu technologického systému. Bezpečnost elektrárny by měly udržovat přírodní procesy, například přirozené konvekční chlazení namísto chladicího systému. Neuposuzujeme, zda je lepší pasivní nebo technologická bezpečnost, ale tato volba má jednoznačně významný dopad na konstrukci reaktorů. Dopad těchto rozdílů na náklady není jasný. Ze tří modelů, které zde připadají v úvahu, se na pasivní bezpečnost spoléhá pouze AP1000.

2.3. Velikost

Historie jaderné energetiky se vyznačuje stále většími reaktory ve snaze o dosažení úspor z rozsahu, jež mají zmírnit vysoké náklady na výstavbu elektráren. Model EPR je největším dosud postaveným či plánovaným

1 <https://www.cez.cz/en/energy-generation/nuclear-power-plants/new-nuclear-power-sources/dukovany-ii>

reaktorem, zatímco APR1400 je největší z aktuálně provozovaných reaktorů s výjimkou dvou reaktorů EPR dostavěných v Číně. Model AP1000 je mnohem menší a jeho původní podobu AP600 zdůvodňovala firma Westinghouse popřením teorie úspor z rozsahu, jež byla základem pro vývoj stále větších reaktorů. Model AP600 se paradoxně ukázal být nerentabilním, takže byl stažen z nabídky a zvětšen na 1100 MW pod označením AP1000. V Číně zjistili, že i AP1000 je nerentabilní, a zvětšují ho dále na model CAP1400. Úspory z rozsahu jednoznačně existují – jedna tlaková nádoba reaktoru o výkonu 1000 MW je při zachování všech ostatních parametrů mnohem levnější než deset reaktorových nádob po 100 MW. Existuje však i jistá ne hospodárnost z rozsahu, méně zřetelná a obtížněji vyčíslitelná, například v podobě větší složitosti. Modely EPR a APR1400 jsou navrženy v maximální možné velikosti k dosažení úspor z rozsahu, takže od jejich zmenšení by se dalo očekávat navýšení nákladů na jednotku výkonu.

2.4. Ochrana proti nekontrolovanému roztavení aktivní zóny

Jedním z důsledků havárie v Černobylu byla shoda na potřebě zakomponovat takové konstrukční prvky, jež zabrání nekontrolovanému úniku roztavené aktivní zóny do prostředí. Sdružení západoevropských regulačních orgánů pro jadernou energii (WENRA) má následující požadavek: „havárie s roztavením aktivní zóny, jež by mohly vést k předčasnému či velkému úniku, je nutno prakticky vyloučit.“² K naplnění tohoto požadavku dosud slouží dvě metody. První z nich je vybudování speciální jímky, jež zadrží taveninu, jestliže se propálí skrz reaktorovou nádobu. Druhou z nich je systém udržení taveniny uvnitř nádoby (IVMR). Spočívá v osazení vodních nádrží vysoko do kontejnmentu, kdy se v případě vážné havárie otevře ventil, takže voda zaplaví šachtu reaktoru. Tavenina vyplní dno reaktorové tlakové nádoby a teplo z rozpadu se přenáší reaktorovou tlakovou nádobou do vody v šachtě reaktoru. Obě tyto metody se považují za stejně funkční a jsou součástí požadavků na nové reaktory. Dodatečné náklady na tato opatření sice dosud žádný dodavatel reaktorů nevyčíslil, ale nevyhnutelně budou značné.

2.5. Ochrana před dopadem letadla

Teroristický útok z 11. září 2001 vedl k požadavku, aby byl plášť nových reaktorů dostatečně vyztužený a odolal dopadu velkého civilního dopravního letounu. Stejně jako u výše uvedených opatření nebyly dosud dodatečné náklady vyčísleny, ale jsou značné a stejně jako opatření k záchytu roztavené aktivní zóny zvyšují složitost konstrukce a obtížnost výstavby.

3. Náklady

Vykazované náklady na výstavbu jaderných elektráren se téměř vždy uvádějí jako overnight costs (hypotetické náklady na výstavbu během jedné noci), tedy bez započtení finančních nákladů v období výstavby.³ Velikost těchto finančních nákladů sice závisí na úrokových sazbách a na délce období výstavby, jsou však značné. Firma EDF odhaduje, že jsou stejného řádu jako náklady na výstavbu, takže celkové náklady, které budou spotřebitelé muset splácet, bývají zhruba dvojnásobkem nákladů vyjádřených jako overnight costs. Samozřejmě pokud se období výstavby protáhne, například trvá-li výstavba 10 let namísto pěti let, finanční náklady budou pravděpodobně minimálně dvojnásobné, ale spíše ještě větší.

Předpověď nákladů na výstavbu jaderné elektrárny nikdy nebyla snadná a skutečné náklady jsou téměř zákonitě výrazně vyšší než předpovězené. Zvláště nepřesné se vždy ukázaly předpovědi nákladů od energetických firem, prodejců, vlád a mezinárodních organizací (například NEA). Náklady v nich byly vždy

2 https://www.wenra.eu/sites/default/files/publications/WENRA_RHWG_Report_on_applicability_of_safety_objectives_to_SMR.PDF

3 Výjimkou byl projekt elektrárny Olkiluoto, kde smluvní cena 3 miliardy eur zahrnovala financování v průběhu výstavby. Vzhledem k vykázané úrokové sazbě ve výši pouhých 1,7 % na základě poskytnutých státních úvěrových záruk a k době výstavby pouze 4 roky se však předpokládalo, že finanční náklady navýší náklady stavby přes noc (okolo 3 miliard eur) jen nepatrně o cca 120 milionů eur.

podceněny a lze je ignorovat jako v podstatě bezcenné. Skutečné nabídky prodejců ve výběrových řízeních mohou být o něco realističtější, ale ze zkušeností v Evropě a v USA za poslední dvě desetiletí, jež jsou doloženy níže, jednoznačně plyne, že skutečné náklady mohou být 2–4 vyšší než v nabídce.

Vzhledem k tomuto sklonu k překračování nákladů by intuitivně byla atraktivní smlouva na pevně stanovenou cenu („na klíč“). Na základě zkušeností s firmami Westinghouse a Areva, kde ztráty ze smluv na pevně stanovenou cenu zásadní měrou přispěly k jejich bankrotu, je však nepravděpodobné, že by na tento druh smluv některý dodavatel přistoupil.

Dalším důvodem nesnadné předvídatelnosti nákladů na výstavbu je nedostatek objednávek na reaktory na volném trhu v posledním desetiletí. Určité cenové vodítko mohou poskytnout veřejné soutěže, ale poslední taková soutěž byla vyhlášena před více než deseti lety.

4. Westinghouse Advanced Passive 1000 (AP1000)

4.1. Westinghouse

Podnik zabývající se prodejem jaderných reaktorů pod značkou Westinghouse je sice obecně chápán jako americká společnost, avšak již od roku 1999 ho nevlastní nikdo z USA. V letech 1999–2006 jej vlastnil britský státní provozovatel palivového cyklu BNFL a poté japonský prodejce reaktorů, firma Toshiba, až do roku 2017, kdy firma Westinghouse požádala o ochranu před věřiteli v USA podle článku 11. V roce 2018 ji za 4,6 miliardy dolarů koupila a z ochrany podle článku 11 vyjmula kanadská investiční kapitálová firma Brookfield Business Partners (BBP).⁴ Od té doby má slušný zisk ze servisu a údržby reaktorů a v dubnu 2021 firma BBP oznámila svůj úmysl prodat celou firmu nebo její část na základě zvýšení její rentability, kdy hodnota firmy vzrostla na 10 miliard dolarů.⁵ BBP se zdráhá upřesnit, jak si představuje svou budoucí roli při prodeji reaktorů AP1000. Vzhledem k tomu, že právě prodej reaktorů AP1000 byl prvořadou příčinou jejího finančního kolapsu (viz níže), není zdaleka jednoznačné, že by BBP chtěla s propagací prodeje AP1000 pokračovat, a jestliže firmu prodá, budoucnost reaktorů AP1000 bude záviset na rozhodnutí jejího nového vlastníka.

4.2. AP1000 a schvalování jadernými dozory

Model AP1000 je v podstatě zvětšená verze reaktoru Westinghouse AP600, který v USA obdržel certifikát konstrukčního uspořádání (Design Certificate) v roce 1999. Původní řešení bylo shledáno nerentabilním a za účelem zlepšení jeho hospodárnosti bylo zvětšeno, čímž vznikl model AP1000, předložený úřadům v USA ke schválení v roce 2002. Certifikát obdržel v roce 2006, ale firma Westinghouse krátce nato předložila řadu konstrukčních změn, čímž celý proces znovu otevřela a druhé osvědčení, jež novelizovalo předchozí, bylo vydáno až v roce 2011.⁶ V roce 2007 bylo v Británii na reaktor AP1000 zahájeno všeobecné konstrukční posuzování (GDA) a britský Jaderný regulační úřad (ONR) vydal souhlas v roce 2017.⁷ V Číně jsou v provozu čtyři reaktory AP1000, takže je zřejmé, že čínské bezpečnostní normy splňuje.

Reaktor je opatřen ochranou před dopadem letadla a systémem udržení roztavené aktivní zóny uvnitř nádoby. Je tedy prakticky jisté, že model AP1000 splní i bezpečnostní požadavky českých úřadů.

4.3. Prodej modelu AP1000

Čína v prosinci 2006 objednala čtyři reaktory AP1000 na základě osvědčení vydaného roku 2006 v USA, tedy nikoli upravené konstrukce, kterou USA schválily v roce 2011. V té době se předpokládalo, že technologii AP1000 do Číny doveze nový čínský prodejce reaktorů, společnost State Nuclear Power Technology

4 <https://www.willkie.com/news/2018/08/brookfield-completes-acquisition-of-westinghouse>

5 <https://www.reuters.com/business/energy/exclusive-brookfield-explores-sale-stake-nuclear-firm-westinghouse-sources-2021-04-23/>

6 <https://www.nrc.gov/reactors/new-reactors/design-cert/ap1000.html>

7 <https://www.onr.org.uk/new-reactors/ap1000/index.htm>

Company, z níž se v roce 2013 stala divize společnosti State Power Investment Corporation (SPI), zodpovědná za většinu objednávek reaktorů pro Čínu. V USA byla v roce 2013 zahájena výstavba čtyř reaktorů AP1000. V Británii vznikl projekt výstavby tří AP1000 v lokalitě Moorside, ten však padl v roce 2017, kdy Westinghouse požádala o ochranu před věřiteli. Žádné další závazné objednávky na AP1000 nejsou. Čína již další AP1000 neobjednala a SPI vyvinula vlastní zvětšenou verzi CAP1400. V roce 2019 Čína zahájila výstavbu dvou reaktorů této konstrukce (v Shidao Bay).⁸ Stále chodí zprávy, že Čína bude objednávat nové AP1000, ale dosud neprobíhá žádná stavební činnost a pokud k objednávce dojde, pravděpodobně s označením CAP1000, dodá je čínský prodejce. Žádné další závazné objednávky ani významné vyhlídky na prodej AP1000 nejsou.

4.4. Zkušenosti s výstavbou

Všechny čtyři reaktory AP1000 (dva v JE Sanmen a dva v JE Haiyang) byly dokončeny v letech 2018/19, tedy 4–5 let po plánovaném termínu. Z otevřených zdrojů lze získat jen málo informací o komplikacích při výstavbě. Jeden konkrétní problém však byl s čerpadlem pro chlazení reaktoru, u kterého byla od dodání na stavbu v roce 2011 nutná řada úprava úspěšně prošlo zkouškami teprve na konci roku 2015. Kvůli dalším problémům s čerpadlem v roce 2019 však bylo nutné blok Sanmen 2 na několik měsíců odstavit. Neexistuje žádný oficiální odhad výše překročení nákladů v JE Sanmen a Haiyang. Prvotní odhad nákladů na dvojici reaktorů pro JE Sanmen činil 32,1 miliardy jüanů (4,9 mld. dolarů).⁹ Do data dokončení se náklady údajně zvýšily na 52 miliard jüanů (6,1 mld. dolarů).¹⁰ Pro JE Haiyang jsou hlášena podobná čísla¹¹, ale žádné samostatné údaje o nákladech na JE Haiyang nebyly zveřejněny. Není jasné, do jaké míry jsou tato čísla spolehlivá.

Krátce po zahájení výstavby vyšly najevo potíže s americkými projekty AP1000 v elektrárnách Summer a Vogtle a v roce 2015 odběratelé zažalovali firmu Toshiba/Westinghouse a její dodavatele za překročení nákladů a nedodržení harmonogramu. Firma Toshiba/Westinghouse se v říjnu 2015 pokusila žaloby vyřešit tím, že koupila nejvýznamnějšího dodavatele, firmu Stone & Webster (včetně jaderné divize firem Shaw a Chicago Bridge & Iron) za nezveřejněnou částku a podepsala nové smlouvy za v podstatě pevně stanovenou cenu.¹² Za rok a něco firma Toshiba/Westinghouse přiznala, že na těchto zakázkách bude tratit minimálně 6,1 miliardy dolarů. Právě tato ztráta v podstatě přivedla na hranu bankrotu nejprve mateřskou společnost Toshiba a poté i samotný Westinghouse.

Vlastníci projektu Summer v červenci 2017 oznámili zastavení projektu. Vedoucí představitelé energetických firem předtím odhadli, že náklady na dokončení reaktorů JE Summer by mohly vyšplhat až na 25 miliard USD, tedy více než na dvojnásobek původního odhadu.¹³ V listopadu 2021 stále probíhalo soudní řízení proti smluvním stranám projektu.¹⁴ Bývalý ředitel jedné z energetických firem, které vystupovaly jako zákazníci, SCANA, byl v říjnu 2021 odsouzen k dvěma letům vězení za podvod. Státní zástupce obdržel přiznání viny za těžký zločin od dalšího vedoucího pracovníka jedné z energetických firem a od viceprezidenta firmy Westinghouse. Další viceprezident firmy Westinghouse byl v srpnu 2021 obviněn z celkem 16 těžkých zločinů kvůli své údajné roli v utajování překročení nákladů a zpoždění v rámci projektu Summer, proti čemuž vznesl námitky.¹⁵

To vyvolalo pochyby o projektu Vogtle, který se podobně zpožďuje, ale výstavba pokračuje navzdory neustále narůstajícímu zpoždění a zvyšování nákladů. Rozhodující firma stavebního konsorcia Georgia Power

8 Zahájení výstavby je obecně ohlašováno, ale nebyla o něm informována MAAE, takže nefiguruje v její databázi civilních energetických reaktorů PRIS.

9 <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/china-nuclear-power.aspx>

10 <https://www.nucnet.org/news/china-s-sanmen-1-becomes-world-s-first-ap1000-reactor-to-begin-commercial-operation>

11 <https://www.nucnet.org/news/china-s-sanmen-1-becomes-world-s-first-ap1000-reactor-to-begin-commercial-operation>

12 Nuclear Intelligence Weekly: *Analysis: Behind the US AP1000 Cost Escalations*. 24. února 2017, str. 3

13 <https://www.nytimes.com/2017/07/31/climate/nuclear-power-project-canceled-in-south-carolina.html>

14 <https://www.powermag.com/former-scana-ceo-will-land-in-prison-as-result-of-v-c-summer-nuclear-project/>

15 <https://www.reuters.com/legal/government/ex-westinghouse-executive-charged-failed-nuclear-project-2021-08-19/>

v roce 2017 nahradila firmu Westinghouse coby hlavní dodavatel. V dohodě bylo ujednáno, že Westinghouse zajistí inženýrskou činnost, nákup a podporu při licencování a též přístup k duševnímu vlastnictví nutnému pro projekt.¹⁶

Problémy při výstavbě JE Vogtle trvají a například v srpnu 2021 jaderný dozor NRC zjistil celou řadu problémů s řízením jakosti.¹⁷ Každý z dvojice reaktorů staví samostatná skupina pracovníků kvůli výraznému úbytku v počtu elektrikářů. Komise veřejných služeb státu Georgia, tedy ekonomický regulační orgán státu, odhaduje, že 50 % kvalifikovaných elektrikářů pracujících na 3. bloku se rozhodlo z projektu odejít.¹⁸ Předpokládané náklady za dvojici reaktorů do června 2021 vzrostly na více než 19 miliard dolarů.¹⁹ V říjnu 2021 bylo u obou reaktorů oznámeno další zhruba tříměsíční zpoždění a navýšení odhadu nákladů o 1 miliardu dolarů.²⁰ Stále zbývá dořešit celou řadu testů, kontrol jakosti a konstrukčních problémů a státní ekonomický regulátor intenzivně předpokládá, že ani tyto nové prognózy nebudou dodrženy.

Tabulka 1 – Zkušenosti s reaktory AP1000

Lokalita	Zahájení výstavby	Dokončení při zahájení výstavby	Dokončení / prognóza 9/21	Odhad nákladů při zahájení výstavby, mld. USD	Skutečné náklady (prognóza 10/21)	% faktor využití ke konci roku 2020
Sanmen 1	4/09	2013	9/18	2,45	4,0	88,8
Sanmen 2	12/09	2014	11/18	2,45	4,0	50,7
Haiyang 1	12/09	2014	10/18			89,2
Haiyang 2	6/10	2015	1/19			92,6
Summer 2	3/13	2016	*	5,2	12,5*	-
Summer 3	11/13	2018	*	5,2	12,5*	-
Vogtle 3	3/13	2016	Q3/22	6,65	10,1	-
Vogtle 4	11/13	2018	Q2/23	6,65	10,1	-

Zdroje: Vogtle: Nuclear Intelligence Weekly; Georgia PSC Consultants Say Vogtle Could Be 'Uneconomic' 16. června 2017, str. 1. Termíny výstavby reaktorů viz <https://pris.iaea.org/PRIS/home.aspx>

Poznámky: * Projekt Summer byl zastaven v červenci 2017, kdy předpokládané náklady na dokončení jednoho reaktoru činily 12,5 miliardy USD.

4.5. Celkové hodnocení

Všech osm reaktorů AP1000 sužuje velmi vážné překračování nákladů a časových harmonogramů. Slib, že modulární tovární výroba povede ke snížení nákladů a zlepšení kvality, se nenaplnil. Zkušenosti z dvojice projektů s americkými AP1000 jsou katastrofální a na spotřebitele přenášejí obrovské náklady. U projektu JE Vogtle je stále prostor pro další zpoždění a jeho pestrá minulost s vážnými problémy v oblasti kvality nevěští nic dobrého z hlediska spolehlivosti. Dosavadní provoz čínských reaktorů je všeobecně spolehlivý, přestože opakované problémy s čerpadlem chlazení reaktoru u jednoho z dvojice bloků způsobily vleklou odstávku.

Noví vlastníci firmy Westinghouse sice možná považují za prozíravé nadále se tvářit, že se ucházejí ve výběrových řízeních na nové reaktory, avšak zdaleka není jasné, jak vážně budou o soutěž usilovat, a pokud bude firma znovu prodána, nový vlastník se může rozhodnout od propagace modelu AP1000 upustit.

16 <http://www.utilitydive.com/news/southern-nuclear-to-oversee-vogtle-construction-replacing-westinghouse/448179/>

17 Nuclear Intelligence Weekly: *NRC Cites Southern for Lax Oversight at Vogtle*. 13. srpna 2021, str. 4

18 Nuclear Intelligence Weekly: *NRC Opens Special Inspection Into Vogtle Electrical Work*. 25. června 2021, str. 3

19 Nuclear Intelligence Weekly: *Weekly Round-up*. 11. června 2021, str. 1

20 Nuclear Intelligence Weekly: *Vogtle's AP1000s delayed again*. 29. října 2021, str. 3

5. Evropský tlakovodní reaktor (EPR) výrobce Framatome

5.1. Framatome

Společnost nabízející model EPR, dříve zvaná Areva NP, změnila po záchraně před finančním kolapsem název na Framatome. Finanční problémy firmy Areva se v roce 2015 staly kritickými. V březnu 2015 Areva oznámila ztrátu za pátý rok po sobě, tentokrát ve výši 4,8 miliardy eur, a bylo jasné, že Areva nemůže pokračovat v činnosti bez významné pomoci francouzské vlády. Záchrana firmy Areva provedená francouzskou vládou vycházela z jejího opětovného rozdělení na původní dílčí součásti – provoz palivového cyklu a dodávky a servis reaktorů. Provozovatel palivového cyklu (Areva NC) byl znovu obnoven jako Orano v roce 2018, přičemž většinovým akcionářem byla francouzská vláda či vládou vlastněné subjekty a 5 % akcií vlastnila firma Mitsubishi. V roce 2018 proběhla i záchrana podniku zabývajícího se prodejem a servisem reaktorů (Areva NP), v němž 75,5 % akcií za 2,1 mld. eur koupila francouzská státní energetická firma EDF a zbytek patřil firmám Mitsubishi (19,5 %) a Assystem (5 %).²¹ Veškeré další závazky plynoucí ze zakázky na EPR pro JE Olkiluoto (viz níže) převzal stát Francie.

Další nejistotu ohledně budoucnosti obchodu s reaktory způsobily vážné finanční problémy, které musela EDF přiznat v roce 2018. Francouzská vláda se snaží vyjednat záchranu pod názvem Operation Hercule, jež by měla EDF znovu znárodnit (v roce 2021 vlastnil stát 83 %) a rozdělit do dvou částí, z nichž jaderná by tvořila „EDF Bleu“ a další, rentabilnější činnosti, jako například obnovitelné zdroje, distribuce elektřiny a maloobchod by tvořily „EDF Vert“, jež by mohla případně být znovu zprivatizována. Nalézt řešení však bude obtížné. Muselo by totiž uspokojit jak Evropskou komisi, která chce úplné oddělení obou částí EDF, tak i samotnou EDF, jež usiluje o trvalé vlastnictví obou částí, a zároveň francouzské odbory, které dávají přednost plnému znárodnění EDF zcela bez jejího dělení.

O osudu firmy Framatome v novém uspořádání se nevede větší veřejná diskuze. Nicméně francouzská vláda se v roce 2021 pokoušela odkoupit od General Electric výrobce parních turbín, francouzskou firmu Alstom s očekáváním, že ji začlení do EDF tak, aby celé odvětví jaderných elektráren bylo v rukou EDF a tím pádem francouzské vlády.²² V roce 2021 francouzská vláda přiznala, že dohody nejspíše nebude dosaženo před volbami do parlamentu v roce 2022, což by znamenalo zdržení záchranu o celé roky či případně její zrušení podle priorit nové vlády.²³ Francouzská vláda sice nejeví známky oslabení své věrnosti jaderné energetice, avšak dokud EDF a Framatome nebudou finančně stabilizovány, může pro ně být obtížné plně se zapojit do soutěže na prodej reaktorů, nehledě na obrovské problémy s konstrukcí modelu EPR.

5.2. EPR a schvalování jadernými dozory

Model EPR původně vznikl v roce 1992 jako společný podnik firem Framatome a Siemens s cílem vytvořit model reaktoru, kterou by bylo možno licencovat po celé Evropě, tedy Evropský tlakovodní reaktor (EPR). Obsahoval prvky nejnovějších modelů obou firem, Framatome N4 a Siemens Konvoi. Zatímco čtveřice reaktorů N4 měla velmi dlouhou dobu výstavby (12–15 let) a jejich spolehlivost je nevalná, trojice bloků typu Konvoi si v provozu vede výjimečně spolehlivě a jejich výstavba trvala okolo šesti let, tedy déle než se předpovídalo, ale méně než u většiny ostatních. V roce 2002 se společný podnik přeměnil na divizi Areva NP (66 % Areva, 34 % Siemens) nově vytvořené sjednocené francouzské jaderné společnosti Areva, kterou z 87 % vlastnil francouzský stát. V roce 2010 se z divize stáhla firma Siemens, takže Areva NP zůstala zcela ve vlastnictví společnosti Areva.

21 <https://www.framatome.com/EN/businessnews-106/framatome-governance-and-executive-committee.html>

22 <https://www.lesechos.fr/industrie-services/energie-environnement/nucleaire-le-casse-tete-des-turbines-de-general-electric-1344181>

23 Nuclear Intelligence Weekly: *EDF's Restructuring Plan on the Rocks*. 30. července 2021, str. 4–5

Britský jaderný dozor ONR zahájila přezkoumání modelu EPR v roce 2007 a vydal na něj konečný souhlas v roce 2012.²⁴ Stejný proces byl v roce 2007 zahájen i v USA, ale v roce 2011 byl zastaven, neboť bylo zjevné, že EPR nemá na prodej v USA žádné vyhlídky. Dva reaktory EPR jsou v provozu v Číně, takže je zřejmé, že čínské bezpečnostní normy splňují. EPR je vybaven záchytem taveniny a ochranou před dopadem letadla.

5.3. Prodej modelu EPR

Výstavba prvního reaktoru EPR v JE Olkiluoto (Finsko) začala v roce 2005, následovala JE Flamanville (Francie) v roce 2007 a dva reaktory v Číně (Taishan) v letech 2009/10. V roce 2012 získal model EPR konstrukční osvědčení od britských úřadů a konsorcium vedené firmou Electricité de France plánuje výstavbu dvou EPR v JE Hinkley Point, ale výstavba byla zahájena až v roce 2018. U druhého projektu v JE Sizewell, jenž má být v podstatě kopií projektu pro Hinkley Point, v roce 2021 probíhalo přezkoumání, ale bude k němu zapotřebí nový model financování, tzv. Regulated Asset Base (RAB),²⁵ protože EDF přiznala, že projekt financovat nedokáže. Konečné rozhodnutí o investování do projektu se předpokládá nejdříve v roce 2024. V roce 2010 byl oznámen projekt výstavby čtyř EPR v JE Jaitapur v Indii, ale i přes neustálá prohlášení o tomto projektu nebyla ani v roce 2021 závazná objednávka na reaktory a nebylo zdaleka jasné, že vůbec někdy bude učiněna.

Na objednávky EPR z Číny není vyhlídka a žádné jiné závazné objednávky nejsou. Francouzská vláda požádala EDF o nacenění šesti objednávek pro Francii s využitím modelu EPR-2 (viz níže). Není přitom jasné, jestli tato žádost odráží skutečný úmysl s takovým programem začít.²⁶

5.4. Zkušenosti s výstavbou

Projekty Olkiluoto a Flamanville od počátku sužovaly vážné problémy a v roce 2010 již existoval dlouhý výčet významných problémů na obou lokalitách včetně překračování nákladů a zpoždění prací (Thomas, 2010).

5.4.1. Olkiluoto 3

Původně plánovaný rok dokončení reaktoru Olkiluoto 3 (Finsko) byl 2009, a v roce 2021 se předpokládalo dokončení nejdříve v roce 2022, přestože vlastník TVO již v roce 2016 tvrdil, že elektrárna je v podstatě hotová. V březnu 2021 začalo navážení paliva a TVO předpovídá zahájení komerčního provozu elektrárny v červnu 2022, tedy cca 13 let po termínu.²⁷ JE Olkiluoto sužují ustavičné problémy s jakostí a subdodávkami.²⁸ Například v červnu 2020 vyšel najevo problém s netěsnící armaturou a nezbytná výměna způsobila zatím poslední zpoždění předpokládaného uvedení do provozu o téměř celý rok. Stejná potíž byla hlášena z JE Flamanville. Zda se tentýž problém vyskytl i v JE Taishan, není jasné.

Zakázka na elektrárnu byla formou dodávky na klíč v hodnotě 3 miliard eur. Náklady zahrnovaly financování, ale protože byly půjčeny s úrokem 1,7 % a předpokládaná doba výstavby byla 4 roky, předpokládal se během výstavby nevelký úrok. Když však začaly náklady narůstat, Areva v roce 2009 odmítla dodržet smlouvu na klíč a vícenáklady byly po vleklé arbitráži alokovány až v březnu 2018. Areva v podstatě souhlasila, že zaplatí dodatečné náklady stavby ve výši cca 5,1 mld. eur, a zákazník, tedy TVO, uhradil dodatečné finanční náklady ve výši 3,3 mld. eur. Celkové náklady včetně finančních byly odhadnuty na 11,4 mld. eur, takže overnight costs činily cca 8 mld. eur (5000 eur za kW).²⁹ Veškeré další závazky spojené s elektrárnou – a vypadá pravděpodobně, že nějaké budou – uhradí francouzská vláda, nikoli Framatome.

24 <https://www.onr.org.uk/new-reactors/uk-epr/reports.htm>

25 Nuclear Intelligence Weekly: *Shifting Newbuild Construction Risk to Ratepayers*. 29. října 2021, str. 4.

26 <https://www.ft.com/content/a1c95212-c122-4a29-8952-14a346381b91>

27 Power in Europe: *Fuel loading starts at long-delayed Olkiluoto 3*. 5. dubna 2021, str. 38; <https://www.reuters.com/business/energy/finlands-olkiluoto-3-nuclear-reactor-faces-another-delay-2021-08-23/>

28 <https://www.ccomptes.fr/en/documents/53853>

29 Nuclear Intelligence Weekly: *End In Sight After Settlement on €11.4 billion-Plus OL3*. Březen 2016, str. 4–5; <https://www.tvo.fi/news/1966>

Tabulka 2 – Zkušenosti s reaktory EPR

Lokalita	Zahájení výstavby	Dokončení při zahájení výstavby	Dokončení / prognóza 9/21	Odhad nákladů při zahájení výstavby (mld.)	Skutečné náklady (prognóza 9/21) (mld.)	% faktor využití ke konci roku 2020
Olkiluoto	8/05	2009	2022	3 mld. €	8 €	–
Flamanville	12/07	2012	2023	3,3 €	12,4–19,1 €	–
Taishan 1	11/09	2014	12/18	–	–	73
Taishan 2	4/10	2014	9/19	–	–	n/a
Hinkley Pt C	12/18	2025	2026/27	9,8–10,3 £	11,8–11,6 £	–
Hinkley Pt C	12/19	2026	2027/28	9,8–10,3 £	11,8–11,6 £	–

Zdroje: Termíny výstavby reaktorů viz <https://pris.iaea.org/PRIS/home.aspx>

Poznámky:

1. Čína neohlásila MAAE komerční provoz bloku Taishan 2, přestože vlastník elektrárny ji oznámil tiskovou zprávou, takže k dispozici nejsou žádné údaje o provozu.
2. Ceny ve Velké Británii jsou ceny k roku 2015. Inlace od té doby zvýšila maloobchodní ceny o 13,5 %.

5.4.2. Flamanville 3

Oznámené náklady (overnight costs) u JE Flamanville 3 při zahájení výstavby činily 3,2 mld. eur. Problémy s výstavbou byly patrné od samého zahájení, kdy došlo k chybám při lití prvního betonu do základů. Projekt sužují problémy s jakostí. Například v roce 2015 vyšlo najevo, že ocel dna a víka reaktorové nádoby, jež dodala firma Areva/Framatome, není požadované jakosti a víko bude nutno vyměnit v rámci nákladné opravy v roce 2024. V roce 2018 bylo zjištěno, že 53 svarů zásadních pro bezpečnost elektrárny nesplňuje požadavky technické specifikace a bude je nutno opravit, což způsobí další zpoždění. Připočteme-li odhalení toho, že velké množství dokumentace řízení jakosti se v hutí Creusot firmy Areva až 50 let falšovalo, je reputace firmy Areva/Framatome z hlediska řízení jakosti značně pošramocená.

Nutnost oprav bezpečnostně kritických svarů vnáší pochybnosti do plánu EDF začít navážet palivo koncem roku 2022 a zahájit komerční provoz v roce 2023. K opravě svarů bude zapotřebí robot kvůli problematickému přístupu, a takový robot ještě v polovině roku 2021 nebyl k dispozici. Pokud svary nebude možné opravit včas na navezení paliva koncem roku 2022, bude zbytečné palivo navážet jen proto, aby se v roce 2024 vyměnilo víko reaktorové nádoby. Jestliže totiž reaktor bude spuštěn před výměnou víka, dojde k jeho kontaminaci a jeho výměna a likvidace budou nákladnější. V roce 2024 však zároveň končí platnost stavebního povolení, která již byla dvakrát prodloužena. Pokud je nebude možné opět prodloužit, bude muset celý proces povolování začít znovu od nuly.

Nejnovější odhad nákladů firmy EDF na JE Flamanville je 12,4 mld. eur,³⁰ ačkoli auditní orgán vlády (Cour des Comptes), zjistil, že EDF nezahrnula náklady ve výši 6,7 mld. eur, takže celkový odhad by byl 19,1 mld. eur.³¹ EDF tuto částku nezpochybnila.

5.4.3. Taishan

Dva reaktory JE Taishan jsou jediné dokončené kusy modelu EPR. Postavit je trvalo 9 let a podle zprávy francouzského Cour des Comptes se výstavba opozdila o pět let a náklady vzrostly o 60 %.³² Za provozu

30 <https://labrador.cld.bz/EDF-2020-Universal-Registration-Document/33/>

31 <https://www.ccomptes.fr/en/documents/53853>

32 <https://www.ccomptes.fr/en/documents/53853>

dosud došlo k řadě významných incidentů. V červnu 2021 vyšlo najevo, že netěsní pouzdra palivových článků, což vedlo k nárůstu koncentrace radioaktivních vzácných plynů v primárním okruhu po dobu minimálně jednoho roku. Vlastník elektrárny, firma CGN, se zdráhal elektrárnu odstavit kvůli vyšetření problému, ale nakonec k tomu na nátlak firem EDF a Framatome měsíc po zveřejnění problému svolil. V listopadu 2021 byl reaktor stále ještě odstaven a dosud nebyla jasná příčina poruchy, ani zda bude mít následky na konstrukci reaktoru či palivových článků.³³ Pro tyto reaktory neexistují spolehlivé odhady nákladů.

5.4.4. Hinkley Point C

Smlouva o výstavbě dvojice reaktorů v JE Hinkley Point C (HPC) byla oznámena v září 2013, kdy byla kupní cena elektřiny pro elektrárnu stanovena na 92,5 liber za MWh na základě předpokládaných nákladů výstavby (overnight costs) ve výši 14 mld. liber (v cenách roku 2012) s rokem dokončení 2023³⁴. Smlouva byla podepsaná teprve roce 2016, kdy náklady na výstavbu vzrostly na 18 mld. liber (ceny roku 2015) a dokončení se posunulo na rok 2025, ale kupní cena elektřiny zůstala stejná.³⁵ Náklady se zvýšily znovu v červnu 2017, a to na 19,6 mld. liber, zároveň se značným rizikem posunu data dokončení o 9–15 měsíců, přičemž kdyby k němu došlo, náklady by narostly na 20,3 mld. liber (v cenách roku 2015).³⁶ V roce 2019 došlo k dalšímu navýšení nákladů na něco mezi 21,5 a 22,5 mld. liber. Riziko zpoždění o 9–15 měsíců se zvýšilo, což opět navýšilo náklady o 0,7 mld., takže horní hranice činila 23,2 mld. liber (vše v cenách roku 2015). Jako datum dokončení prvního bloku se stále počítal rok 2025. V roce 2021 se náklady opět zvýšily o dalších 0,5 mld. liber, cenové rozpětí tedy činilo 22–23 mld. liber a termín dokončení se posunul na polovinu roku 2026. Případné zpoždění o 9–15 měsíců oznámené dříve by dokončení prvního bloku odsunulo na rok 2027. Převeďeme-li jednotlivé odhady nákladů na ceny roku 2020, pak nejnovější odhad, při němž zbývá minimálně 5 let stavby, je o 52–68 % vyšší než odhad z roku 2013, avšak kupní cena elektřiny přesto stále zůstává tatáž. Pokud smlouva z roku 2013 nevycházela z hrubě nadhodnocené kupní ceny za elektřinu, jen těžko si lze představit, že by zakázka stále byla pro EDF rentabilní i s přihlédnutím k otevřené možnosti dalšího masivního prodražování výstavby, jež by situaci ještě zhoršilo. První beton do základů pro první blok byl položen v roce 2018 a pro druhý blok rok poté.

5.5. EPR–2

Do roku 2010 bylo zjevné, že s modelem EPR jsou značné potíže v oblasti ceny a proveditelnosti a Areva začala veřejně usilovat o vývoj upraveného modelu, jenž by tyto problémy vyřešil. Pokud by navržené změny měly vést k zásadnímu snížení nákladů, některé prvky původní konstrukce by jednoznačně musely být vyrobeny levněji, nebo zcela vypuštěny. Areva v roce 2016 předložila prozatímní návrh francouzskému regulačnímu úřadu ASN k získání předběžného stanoviska o možnostech udělení licence. ASN své stanovisko vydal v roce 2019 a sice uvedl, že návrh je „celkově uspokojivý“, vyžádal si doplňující informace k „postupu vyloučení roztržení potrubí primárního a sekundárního systému“.³⁷ Firma prohlásila, že riziko prasknutí těchto potrubí lze vyloučit díky kvalitě výroby a systému kontroly. ASN v roce 2021 přijal analýzu EDF.³⁸

Jedinou vyhlídku na prodej EPR–2 představuje možná objednávka na šest reaktorů pro francouzský trh. Francouzská vláda v roce 2019 požádala EDF o přípravu plánů na šest reaktorů EPR, jež by mohly být objednány během následujících 15 let s dokončením posledního po roce 2040. Není jasné, jak dalece jsou tyto plány realistické vzhledem k špatnému finančnímu stavu EDF, jenž jí neumožňuje stavbu financovat. Vedoucí

33 Nuclear Intelligence Weekly: *CGN Shuts Down Taishan-1, Citing 'Safety First'*. 30. června 2021, str. 5; <https://www.telegraph.co.uk/business/2021/11/07/chinese-reactor-run-sizewell-hinkley-developers-still-shut-leaking/>

34 https://www.edf.fr/sites/default/files/contrib/groupe-edf/espaces-dedies/espace-finance-en/investors-analysts/events/special-announcements/agreement_reached_on_commercial_terms_for_the_planned_hinkley_point_c_nuclear_power_station.pdf

35 <https://www.edfenergy.com/energy/nuclear-new-build-projects/hinkley-point-c/news-views/contracts-signed>

36 <https://www.edf.fr/en/the-edf-group/dedicated-sections/journalists/all-press-releases/clarifications-on-hinkley-point-c-project>

37 <https://www.french-nuclear-safety.fr/asn-informs/news-releases/asn-issues-its-opinion-on-the-safety-options-for-the-epr-new-model-reactor-and-its-epr-2-upgrade>

38 <https://www.asn.fr/l-asn-informe/actualites/epr-2-demarche-d-exclusion-de-rupture-acceptable>

poradního orgánu francouzského ministerstva financí Fin Infra prohlásil:³⁹ „Potřeba kapitálových nákladů v EDF je v současné době tak obrovská, že schopnost EDF ufinancovat nové projekty je velmi omezená.“ EDF předložila své plány vládě v květnu 2021 a rozhodnutí se čeká nejdříve v roce 2022.

V roce 2019 EDF odhadla náklady na šestici EPR okolo 46 mld. eur.⁴⁰ To by představovalo zlevnění zhruba o třetinu či více oproti evropským EPR, přestože tyto snížené náklady vycházejí z úspor při výstavbě souboru šesti EPR-2.⁴¹ Jejich návrh není dokončen a dosud neprošel komplexním přezkoumáním úřadu jaderné bezpečnosti. Kdyby k objednávkám došlo, první dva reaktory by podle předpokladů nezačaly provoz před rokem 2035, což znamená očekávané zahájení výstavby přibližně v roce 2030.⁴²

5.6. EPR1200

EDF v srpnu 2021 potvrdila zájem o účast v tendru na výstavbu dvou EPR1200 v Dukovanech. Neexistuje podrobný návrh reaktorů, lze však předpokládat, že aktivní zóna by byla menší než u EPR a měla by tři chladicí smyčky namísto čtyř použitých u EPR.

Z této úpravy vyvstávají minimálně dva cenové problémy: Zmizela by část úspor z rozsahu, na kterých byla založena hospodárnost EPR, například reaktorová nádoba pro reaktor o výkonu 1200 MW by byla dražší v poměru na 1 kW výkonu než u reaktoru s výkonem 1700 MW a samotný vývoj by si vyžádal značné náklady. Vzhledem k tomu, že není vyhlídka na jiného zákazníka, tyto náklady by se musely vrátit z dukovanské zakázky. Program EPR-2 vycházel z rozložení nákladů na soubor šesti reaktorů. Reaktory EPR1200, na které by se rozložily náklady na vývoj, by byly jen dva.

Dále není jasné, zda by konstrukce EPR1200 vycházela ze stávajícího EPR nebo z EPR-2. Pokud z prvního, nedošlo by k údajné úspoře nákladů jako u EPR-2. Pokud by vycházela z EPR-2, pak by se v Česku stavělo dříve než EPR-2 ve Francii, šlo by tedy o nevyzkoušenou variantu nevyzkoušeného základního modelu. Český jaderný dozor by tedy jako první a možná jediný musel přezkoumat bezpečnostní aspekty návrhu.

6. Pokročilý jaderný reaktor (APR) výrobce KEPCO

Model APR1400 od výrobce Korean Electric Power Company (KEPCO) vychází z konstrukce reaktoru System 80+, který si nechala v 90. letech licencovat firma Combustion Engineering (dnes součást koncernu Westinghouse). Model System 80+ získal konstrukční osvědčení v USA v roce 1997, ale ani Combustion Engineering ani Westinghouse jej nikdy nenabídly na trhu. Firma KEPCO požádala americký NRC o konstrukční osvědčení v prosinci 2014 a obdržela jej v srpnu 2019,⁴³ ačkoli neměla žádného výhledového zákazníka z USA. Konstrukce nebyla přezkoumána jinde než v Koreji, USA a SAE, navíc upozorňujeme, že objednávka do SAE vznikla dříve než tamní jaderný dozor. Pro model APR1400 byl založen Nadnárodní program konstrukčního posouzení (MDEP), do něhož se zapojily regulační orgány z USA (NRC), SAE (FANR) a Koreje (KINS), ale žádný z Evropy.

Dva reaktory této konstrukce jsou dokončeny v Koreji a čtyři další se tam staví. KEPCO v roce 2010 získala první zakázku na vývoz čtyř reaktorů do SAE. Vítězná nabídka byla neslýchaně levná (cca 3600 dolarů za kW), přibližně o 30 % nižší než druhá nejlevnější nabídka (na EPR). Výkonná ředitelka Arey Anne Lauvergeon se poté vyjádřila značně kriticky k bezpečnostním vlastnostem APR1400. Doslova řekla, že je jako auto bez airbagů a bezpečnostních pásů.⁴⁴ KEPCO uznala, že součástí konstrukce nejsou drahé prvky, jako například

39 Nuclear Intelligence Weekly: *France Looks to UK for EPR 2 Financing Ideas*. 22. ledna 2021, str. 6

40 <https://www.reuters.com/article/us-edf-nuclear-epr-idUSKBN1XJ074>

41 Výkonný ředitel EDF prohlásil: „Počítáme se efektem úspor z rozsahu.“ Nuclear Intelligence Weekly: *EDF Prepares Case for EPR 2*. 24. ledna 2020, str. 5

42 Nuclear Intelligence Weekly: *EDF Prepares Case for EPR 2*. 24. ledna 2020, str. 5

43 <https://www.neimagazine.com/news/newkoreas-apr-1400-certified-by-us-nrc-7394431>

44 Nucleonics Week: *No core catcher, double containment for UAE reactors, South Koreans say*. 22. dubna 2010

dvojitý kontejnment k ochraně před pádem letadla a jímka pro záchyt taveniny nebo systém IVMR, které by v Evropě byly povinné. Pouze dvě nejnovější zakázky z Koreje, Shin Kori 5 a 6, jsou údajně konstruovány tak, aby vydržely dopad letadla.

6.1. Zakázky pro Koreu

Jen dva ze šesti modelů APR1400 objednaných pro Koreu jsou dokončeny a jejich stavba trvala 8–10 let. Dvojice reaktorů v JE Shin Hanul jsou údajně téměř dokončeny, ale stavět se budou minimálně 9 let, zatímco dvě nejnovější zakázky, Shin Kori 5 a 6, jsou minimálně 2–3 roky před dokončením. Výstavba prvních čtyř bloků této konstrukce v Koreji se zdržela kvůli odhalení rozsáhlého falšování dokumentů řízení jakosti na více než 2000 součástí (viz tabulku 3).⁴⁵

Není jasné, jak spolehlivé jsou zveřejněné náklady na tyto reaktory v Koreji. KEPCO je zde nejen zákazníkem, ale i prodejcem modelu, který soutěží na zahraničních trzích, takže má motivaci k podhodnocení nákladů, aby si zvýšil atraktivitu pro zahraniční zákazníky. Navíc to, že dokončené a téměř dokončené reaktory by nesplňovaly aktuální evropské bezpečnostní normy, znamená, že náklady jsou nižší, než by platilo u reaktorů navržených pro evropský trh. Dosavadní provozní chování je nevalné a horší než u menších korejských reaktorů.

Tabulka 3 – Zkušenosti s reaktory APR1400

Lokalita	Zahájení výstavby	Dokončení při zahájení výstavby	Dokončení/prognóza 9/21	Odhad nákladů při zahájení výstavby (mld.)	Skutečné náklady (prognóza 9/21) (mld.)	% faktor využití ke konci roku 2020
Shin Kori 3	10/08	–	12/16	–	–	76,4
Shin Kori 4	8/09	–	8/19	–	–	82,6
Shin Kori 5	4/17	–	2023?	–	–	–
Shin Kori 6	9/19	–	2024?	–	–	–
Shin Hanul 1	7/12	–	2022?	–	–	–
Shin Hanul 2	6/13	–	2022?	–	–	–
Barakah 1	7/12	2016	4/21	5 mld. \$	–	–
Barakah 2	4/13	2017	2021/22	5 mld. \$	–	–
Barakah 3	9/14	2018	?	5 mld. \$	–	–
Barakah 4	7/15	2019	?	5 mld. \$	–	–

Zdroj: <https://pris.iaea.org/PRIS/home.aspx>

Poznámky: Výstavba JE Shin Kori 5 byla pozastavena v červenci 2017 a obnovena v říjnu 2017. Reaktor Barakah 2 byl připojen k síti v září 2021, ale komerční provoz do listopadu 2021 nezačal. Termíny dokončení JE Shin Hanul 1 a 2 a Shin Kori 5 a 6 viz <https://www.argusmedia.com/en/news/2232392-new-south-korean-reactor-awaits-permit-decision>

6.2. Zakázky pro SAE

KEPCO v roce 2010 vyhrála tendr, a získala tak první zakázku na vývoz čtyř reaktorů do SAE, kde postavila JE Barakah. Vítězná nabídka byla neslýchaně levná (cca 3600 dolarů za kW), přibližně o 30 % nižší než druhá nejlevnější nabídka (na EPR). Tuto velmi nízkou nabídkovou cenu snad lze vysvětlit třemi faktory či jejich spolupůsobením:

1. Náklady na reaktory byly značně podhodnoceny.
2. KEPCO svou nabídku strategicky podcenila, aby vytvořila zájem na světových trzích.
3. Nezahrnula náklady na ochranu před dopadem letadla a na způsob (IVMR nebo záchyt) prevence úniku taveniny v případě vážné havárie.

45 http://www.world-nuclear-news.org/RS-Indictments_for_South_Korea_forgery_scandal-1010137.html

Dokončení trvá, nebo se předpokládá, že bude trvat minimálně 8 let, což je o čtyři roky déle než se počítalo. Během výstavby došlo k řadě významných problémů (podrobnosti viz Dorfman, 2020). Patří k nim:

1. Praskliny v objektech kontejnmentu u všech čtyř reaktorů, jež bylo nutno opravit.
2. Netěsnost bezpečnostních pojistných ventilů zásadních pro bezpečnost elektrárny kvůli prasklinám. Tyto díly nebyly vyměněny. Tento problém se může vyskytovat i u korejských APR1400.

Za JE Barakah dosud nejsou k dispozici údaje z provozu, ale k prvnímu kritickému stavu u prvního bloku došlo v červenci 2020, tedy 9 měsíců před spuštěním komerčního provozu (duben 2021), jež obvykle trvá okolo tří měsíců. Jde o známku značných technických potíží. Druhý blok poprvé vyráběl elektřinu v půli září 2021, ale do poloviny listopadu stále nenajel na komerční provoz.

Cena za reaktory nebude známa, dokud nebudou dokončeny všechny čtyři reaktory, avšak zpoždění nevyhnutelně znamená značné překročení nákladů. O zakázce se často hovoří jako o dodávce na klíč, ale není jasné, zda jde o dodávku na klíč ve smyslu pevně stanovené ceny pro zákazníka, nebo zda byla pouze jedna smlouva s firmou KEPCO zahrnující celou elektrárnu, přičemž za překročení nákladů platí zákazník, nikoli dodavatel.

6.3. APR1000

Ve veřejném prostoru je jen málo podrobností o modelu APR1000.⁴⁶ Vychází prý z modelu APR1400 a starší konstrukce vzniklé v Koreji pod označením OPR1000 (též licencovala firma Combustion Engineering, avšak s bezpečnostními prvky modelu APR1400 certifikovaného americkými úřady) a z návrhu APR1400 pro evropský trh. Není jasné, jak dlouho by trvalo dotáhnout konstrukční návrh modelu APR1000 do dostatečné míry k umožnění realistické cenové nabídky a k provedení komplexního přezkoumání ze strany jaderného dozoru. Zdá se nepravděpodobné, že by dodavatel tuto nákladnou činnost prováděl, pokud by neměl jednoznačný výhled na zakázku. Vzhledem k tomu, že Česko představuje jedinou reálnou šanci na prodej, bylo by nutno tyto náklady na vývoj pokrýt z pouhých dvou reaktorů pro Česko.

7. Závěry

7.1. Cena a proveditelnost

Všechny dokončené reaktory všech tří základních konstrukcí jsou minimálně o čtyři roky zpožděné, a některé i o mnoho let déle. V případě, že jsou spolehlivě známy náklady (AP1000 a EPR), stály všechny dokončené či téměř dokončené reaktory minimálně dvojnásobek ceny předpokládané při zahájení výstavby a mnohem více než v době, kdy byly tyto projekty poprvé představeny. Je z praxe doloženo, že skutečné náklady namísto poklesu, k němuž měly vést zkušenosti s výstavbou, spíše rostou. Například odhad nákladů na jeden reaktor v JE Hinkley Point C na začátku výstavby byl více než dvojnásobný oproti JE Olkiluoto a Flamanville.

Všechny tři modely by přitom byly značně odlišné od těch již postavených. Modely EPR i APR1400 by bylo nutno přibližně o 30 % zmenšit, což je zásadní změna, a náklady na konstrukční práce by pravděpodobně neslo Česko vzhledem k absenci jiných zájemců o tyto modely. Výstavba i provoz zmenšených verzí EPR a APR1400 by za jinak stejných okolností byly dražší v přepočtu na 1 kW než u větších verzí kvůli ztrátě úspor z rozsahu.

7.2. Provozní chování

S provozním chováním žádného z těchto modelů není mnoho zkušeností a zkušenosti, jež máme, jsou spíše nevalné.

7.3. Možnost získání licence

Modely APR1400 a APR1000 by ke splnění evropských norem musely též obsahovat ochranu před dopadem letadla a ochranu před nekontrolovaným únikem aktivní zóny v případě jejího roztavení. Firma KEPCO tvrdí, že vyvinula verzi reaktoru APR1400, jež evropským normám vyhovuje, ale není jasné, zda je tento návrh

46 https://aris.iaea.org/PDF/APR1000_20191130_R2.pdf (cit. 5. 11. 2021)

dohotovný azda by uspokojil evropské regulátory. Předpokládá se, že tyto dodatečné prvky budou drahé a výstavba kvůli nim bude obtížnější a složitější.

7.4. Bezúhonnost a důvěryhodnost firem

Všichni tři dodavatelé mají značně poskvrněnou minulost. Firmy KEPCO a Areva/Framatome prokazatelně systematicky a dlouhodobě falšovaly záznamy o řízení jakosti. Pokud jde o Westinghouse, jeden bývalý vysoce postavený vedoucí pracovník této firmy se přiznal k lhaní federálním úřadům a další byl obviněn z 16 těžkých zločinů za svou údajnou roli při utajování překračování nákladů a zpoždování prací.

Je nemyslitelné, že by francouzská vláda nezajistila přežití firmy Framatome v nějaké podobě, i kdyby jen kvůli dalšímu poskytování servisu a údržby pro 56 reaktorů, jež jsou ve Francii v provozu. Od finančního kolapsu v roce 2016 je jejím většinovým vlastníkem společnost EDF, která sama potřebovala zásadní finanční injekci od francouzské vlády. Zda uzná za rozumné nadále nabízet reaktor EPR vzhledem k tomu, že část ztráty z něho zaplatila Areva svým finančním kolapsem, je obtížné předvídat. Investice do vývoje zmenšené verze pro jediného důvěryhodného zájemce bude ještě méně atraktivní, pokud nebude zaručeno, že tyto náklady zaplatí zákazník.

Noví vlastníci firmy Westinghouse prohlašují, že se možná rozhodnou prodat svůj podíl ve Westinghouse nebo jeho část. Případný další vlastník společnosti se může obdobně zdráhat nadále nabízet model, který sehrál zásadní roli v jejím finančním kolapsu.

KEPCO je svým firemním modelem blíže společnostem EDF/Framatome, tedy jde o státní elektroenergetickou firmu a zároveň dodavatele reaktorů. Další komplikací je požadavek na trvalou podporu korejské vlády, což byl významný prvek při získání zakázky pro SAE. Všechny sedm kandidátů v korejských prezidentských volbách v květnu 2017, včetně vítězného Mun Če-ina ze středolevé Korejské demokratické strany (DPK), se přitom shodlo na „společné politice“ postupného útlumu jaderné energetiky v Koreji. Dvojice nejstarších korejských reaktorů byla trvale vyřazena z provozu a všechny projekty na výstavbu reaktorů, jež dosud nezapočaly, byly zrušeny.⁴⁷

Je tudíž nutno vážně pochybovat o tom, že by korejská vláda svou vahou podpořila vývoz korejských reaktorů, zvláště s přihlédnutím k neúspěchu při získávání dalších zakázek, jež měly navázat na JE Barakah v posledním desetiletí.

Použitá literatura

- P. Dorfman (2019): Gulf Nuclear Ambition: New Reactors in United Arab Emirates, Nuclear Consulting Group. <https://www.nuclearconsult.com/wp/wp-content/uploads/2019/12/Gulf-Nuclear-Ambition-NCG-Dec-2019.pdf>
- S. Thomas (2010): The EPR in Crisis. University of Greenwich. [https://gala.gre.ac.uk/id/eprint/4699/3/\(ITEM_4699\)_THOMAS_2010-11-E-EPR.pdf](https://gala.gre.ac.uk/id/eprint/4699/3/(ITEM_4699)_THOMAS_2010-11-E-EPR.pdf)



Profesor Stephen Thomas

Stephen Thomas je emeritním profesorem energetické politiky na University of Greenwich v Londýně. Otázkám energetické politiky se věnoval čtyřicet let: v letech 1976 až 2000 na University of Sussex a poté od roku 2001 na University of Greenwich až do svého odchodu do penze v roce 2015. Zaměřoval se především na jadernou energetiku z pohledu ekonomiky, provozních výsledků či konceptů likvidace elektráren po skončení životnosti. Pracoval jako konzultant pro otázky jaderné energetiky pro Mezinárodní agenturu pro atomovou energii (IAEA), Evropskou banku pro obnovu a rozvoj (EBRD) nebo vlády Brazílie a Jihoafrické republiky.

Vybrané články z poslední doby:

- S. Thomas: *Is it the end of the line for Light Water Reactor technology or can China and Russia save the day?* Energy Policy, 2019, č. 125, str. 119–125.
- S. Thomas: *The Hinkley Point decision: An analysis of the policy process.* Energy Policy, 2016, č. 96, str. 421–431.
- S. Thomas: *Comparison among different decommissioning funds methodologies for nuclear installations: Country Report United Kingdom.* European Commission Directorate-General Energy and Transport, 2007, H2 Service Contract TREN/05/NUCL/S0755436. https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/2598/file/2598_EUDecommFunds_UK.pdf

V češtině vyšly tyto publikace:

- S. Thomas: *Ruský program vývozu jaderných technologií.* Heinrich-Böll-Stiftung Praha a Calla – Sdružení pro záchranu prostředí, 2018, ISBN: 978-80-88289-09-8.
- S. Thomas: *Slabiny uchazečů o výstavbu nových reaktorů v ČR.* Heinrich-Böll-Stiftung Praha, Aliance pro energetickou soběstačnost a Calla – Sdružení pro záchranu prostředí, 2017, ISBN: 978-80-906270-8-6.
- S. Thomas: *Ekonomika jaderné energie.* Heinrich-Böll-Stiftung, 2005.

Kdo chce stavět Dukovany?

Jakých výsledků dosahují zájemci o dukovanský tender?

Tuto publikaci společně vydávají pražská kancelář Heinrich-Böll-Stiftung, Calla – Sdružení pro záchranu prostředí a Hnutí DUHA



Autor: Prof. Stephen Thomas (UK)
Překlad: Petr Kurfürst
Editace: Karel Polanecký, Edvard Sequens
Grafická úprava: Lenka Pužmanová
Vychází v listopadu 2021

Kontakty na vydavatele:

Heinrich-Böll-Stiftung Praha,
Jugoslávská 567/16, 120 00 Praha 2, info@cz.boell.org, cz.boell.org

Calla – Sdružení pro záchranu prostředí,
Fráni Šrámka 35, 370 01 České Budějovice, calla@calla.cz, www.calla.cz

Hnutí DUHA,
Údolní 33, 602 00 Brno, pratele@hnutiduha.cz, www.hnutiduha.cz

ISBN: 978-80-88289-33-3

Dílo je zveřejněno pod licencí Creative Commons CC BY-NC-SA.
Je povoleno šířit dílo, pokud je uveden autor díla, a to pouze k nekomerčním účelům a při zachování stávající licence.