

Vývoj jaderné energetiky a havárie v japonské elektrárně Fukušima I

Existuje mnoho studií očekávaného vývoje počtu obyvatel Země, ekonomického růstu a s tím související spotřeby energie ve světě. V souhrnu se dá konstatovat, že pokud nenastanou zásadní změny v oblasti energetiky, dojde do roku 2050 (oproti roku 2007) k následujícím změnám, viz tab. 1.

Důsledkem nárůstu poptávky bude napjatá situace v dodávkách ropy a posléze zemního plynu, dojde tedy k příklonu ke zbývajícím primárním zdrojům energie – uhlí, obnovitelným zdrojům energie (OZE) a jaderné energetice.

Celosvětová politika se snaží zabránit klimatickým změnám snížením emisí CO₂ na úroveň 13,5 Gt CO_{2ekv} do roku 2050. Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (OECD) proto průběžně analyzuje scénáře nasazení nových technologií tak, aby došlo ke snížení znečištění ovzduší skleníkovými plyny oproti roku 2007 o 50 %.

Tohoto cíle lze pravděpodobně dosáhnout zejména snížením znečištění ovzduší oxidem uhličitým (CO₂) ve všech oblastech energetiky. Znamená to posun k jaderné energetice, k zachycení a oddělení uložení nebo využití oxidu uhličitýho (CCS) a k obnovitelným zdrojům (OZE), zejména ve výrobě elektřiny. Pří-
mé nasazení málo znečišťujících

technologií v ostatních oblastech konečné spotřeby je obtížné, a proto jej musí doprovázet postupné nahrazování konečné spotřeby v těchto oblastech elektřinou nebo bezuhlíkovým nosičem energie, jako je např. vodík. Jako doplněk sem patří také ověřování účinných a dostupných řešení, zejména vzhledem k jejich využití v rozvojových zemích a v regionech velkých zemí s velkým a rostoucím užitím energie (Brazílie, Rusko, Indie, Čína).

Japonsko patří se svými 54 reaktory a firmami TOSCHIBA nebo HITACHI jednak k zemím, které významně využívají jadernou energetiku, jednak představuje zemi s pokročilou technologií, uplatnitelnou i v eventuální „jaderné renesanci“. Z předchozích úvah je zcela zřejmé, že všechny potenciální scénáře rozvoje světové energetiky do roku 2050 dle OECD s jadernou energetikou zcela určitě počítaly, ať už v menší, větší nebo velké míře.



▲ Obr. 1. Jaderná elektrárna Fukušima I

Havárie v japonské elektrárně Fukušima I

Současná havárie v elektrárně Fukušima I vyvolala novou vlnu odporu proti jaderné energetice a zcela určitě vyvolá další dlouhou diskuzi o budoucnosti světové energetiky obecně. Pokusím se shrnout dostupné údaje o průběhu havárie v elektrárně Fukušima I – včetně údajů z tisku i z těch, které se běžně neobjevují a jsou známy jen v odborných kruzích.

Jaderná elektrárna Fukušima I

Japonsko bylo postiženo zemětřesením blížícím se stupni 9 Richterovy stupnice (celý Japon-

ský ostrov Honšú se posunul o 2,5 m), s epicentrem blízko jaderné elektrárny Fukušima.

Jaderná elektrárna (pro pořádek uvádím, že jedna z nejstarších v Japonsku) zemětřesení přestála bez podstatných škod. Reaktory byly po zemětřesení bezpečně odstaveny zasunutím havarijních tyčí do aktivní zóny reaktoru. Došlo však k úplnému výpadku proudu – blackout postihl téměř polovinu Japonska. Začaly pracovat záložní diesela agregáty, které zásobují proudem chladicí zařízení reaktorů, které byly odstaveny (došlo k zasunutí havarijních tyčí).

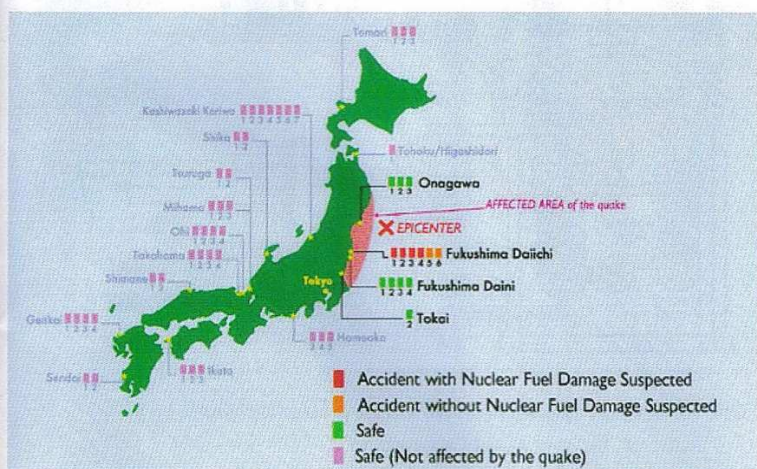
Následovala tsunami (snad výšky 10,5 m – tedy údajně tisíciletá). Ochranná hráz byla vysoká jen 6,5 m (odolná stoleté tsunami). Ta odnesla tanky s palivem pro

▼ Tab. 1. Předpověď vývoje energetického sektoru ve světě

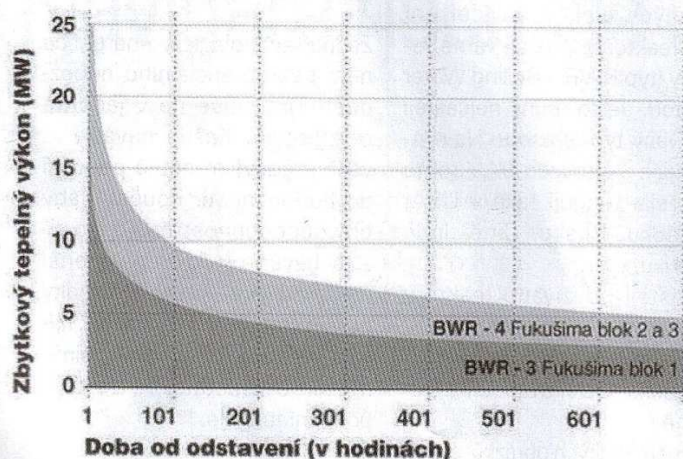
VÝVOJ JADERNÉ ENERGETIKY VE SVĚTĚ		1971	2007	2030	2050
Obyvatelstvo		3700	6609	8309	9150
Hrubý domácí produkt (HDP)	GUSD ₂₀₀₀		40 482	81 775	136 638
HDP v rovnosti kupní síly	GUSD ₂₀₀₀		63 866	129 012	215 565
Spotřeba primárních energetických zdrojů	PJ	229 910	503 253	696 696	924 432
Celková konečná spotřeba energie	PJ		346 918		
Spotřeba elektřiny	PJ		61 196		153 603
	TWh		16 999		42 667
Spotřeba elektřiny – podle scénáře Mezinárodní energetické agentury (Blue Map IEA)	PJ		61 196		133 013
	TWh		16 999		36 948
Emise skleníkových plynů	Gt CO _{2ekv}		27	40	57
Emise skleníkových plynů podle scénáře Mezinárodní energetické agentury (Blue Map IEA)	Gt CO _{2ekv}		27	40	13,5



▲ Obr. 2. Schematická mapa Japonska s vyznačením epicentra zemětřesení blízko jaderné elektrárny Fukušima



▲ Obr. 3. Mapa s rozmístěním jaderných elektráren v Japonsku



▲ Obr. 4. Zbytkový tepelný výkon reaktorů po odstavení

▼ Obr. 5. Následky výbuchů vodíku s porušením hermetičnosti obálky u bloku 3



▲ Obr. 6. Následky výbuchů vodíku s porušením hermetičnosti obálky u bloku 3

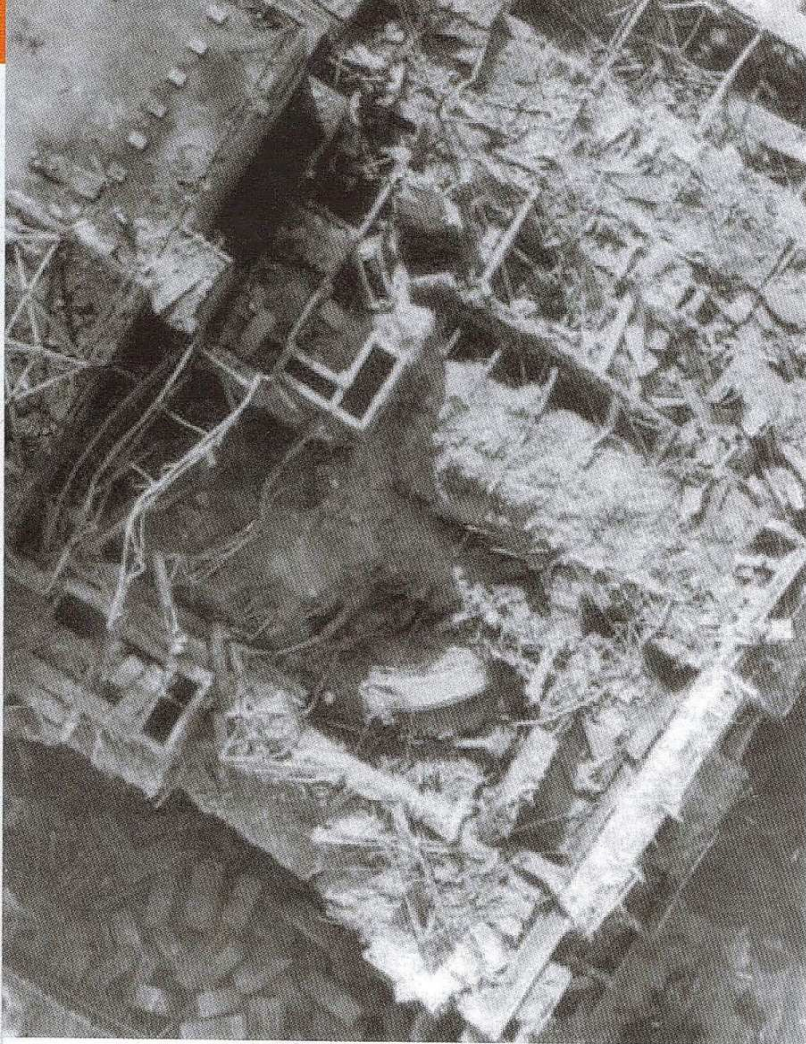
dieselaagregáty, které přestaly pracovat. Zahynulo a bylo nezvěstných cca 25 000 Japonců. K dispozici zůstalo časově omezené vnitřní chlazení (barbotážní nádrže), které fungovalo ještě dalších 6 hodin. Na obrázku 4 je znázorněn zbytkový tepelný výkon reaktorů po odstavení. Je zřejmé, že funkční chlazení vyřešilo pouze špičku zbytkového tepelného výkonu, ale nikoliv dochlazení reaktorů.

Pro eventuální porovnání s černobylským reaktorem lze uvést, že pravděpodobný tepelný výkon tohoto reaktoru v okamžiku tzv. rychlé chemické reakce (havárie

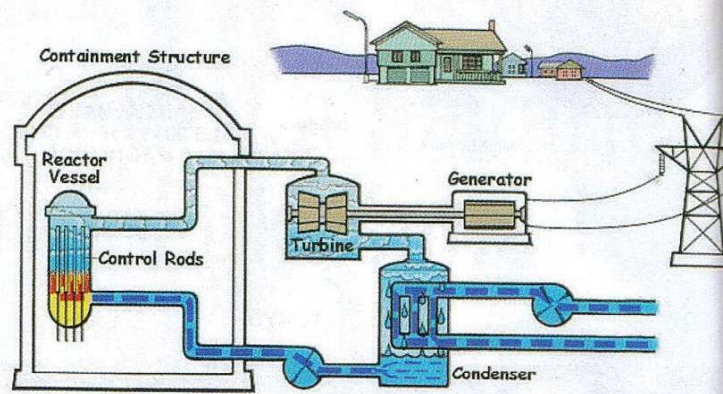
bez spuštění havarijních tyčí) dosáhl špičky více než 10 000 MW (řádově spíše více). Už z tohoto údaje je zřejmé, že obě havárie nelze jednoduše porovnávat. Pracovníkům firmy TEPCO se dařilo náhradním způsobem chladit reaktory, k čemuž dokonce používali mořskou vodou (běžně se chladí odsolenou vodou, ale odsolovací zařízení přestalo fungovat jako první), pravděpodobně však zapomněli na chlazení vyhořelého paliva u reaktoru. To je skladováno vně ochranné obálky (pozn. autora: reaktory VVER 1000 v Temelíně jsou jedny z mála, které mají

▼ Obr. 7. Následky výbuchů vodíku s porušením hermetičnosti obálky u bloku 3

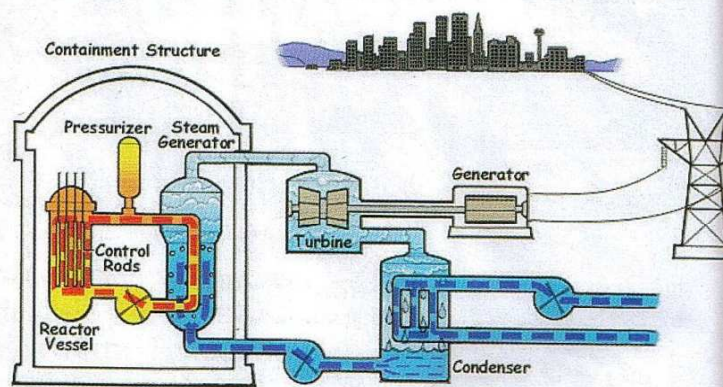




▲ Obr. 8. Pro srovnání – snímek havarovaného reaktoru RBMK v Černobylu



▲ Obr. 9. Varné reaktory (typ BWR – Boiling Water Reactor), provozní schéma



▲ Obr. 10. Reaktory tlakovodní (PWR, VVER), provozní schéma

bazén s vyhořelým palivem umístěný přímo v kontejnmentu, tedy v ochranné obálce).

První výbuch vodíku nastal u reaktoru č. 1. Mnohem významnější však byl výbuch u reaktoru č. 3, který pracuje s palivem MOX (směs izotopů plutonia a uranu, ze kterých eventuální úniky radioaktivity tvoří významné izotopy s dlouhou dobou rozpadu ve srovnání s radioizotopy pouze z uranového paliva). Pravděpodobně nefungovaly rekombinátory vodíku zabráňující vodíkovým výbuchům. Důvodem mohla být absence dodávky elektrického proudu, kterou se podařilo obnovit až po téměř 7 dnech, ačkoliv dostupné napojení bylo pouhé 2 km. Opět nesmíme zapomínat na děsivé zpusťování pobřeží vlnou tsunami. Následky výbuchů vodíku s porušením hermetičnosti obálky u bloku 3 jsou vidět na obrázcích.

Na snímku 8 je pro srovnání uveden snímek havarovaného reaktoru RBMK v Černobylu. Tento reaktor neměl ani tlakovou

nádobu reaktoru, ani ochranný kontejnment.

Navíc byly palivové články uloženy v grafitových kanálech, které umocnily výbuch při extrémním nárůstu teploty.

Z výše uvedeného je zřejmé, že katastrofa v jaderné elektrárně Fukušima I je v porovnání s Černobytem nesrovnatelně menší, přesto je hodnocení významnosti havárie na reaktorech 1 a 2 ohodnoceno „5“ a na reaktoru 3 ohodnoceno „7“, což je nejvyšší stupeň hodnocení významnosti havárie jaderné elektrárny. Srovnávání japonské havárie jaderné elektrárny Fukušima s Černobytem neznamena podceňování nebezpečí. Je konstatováním pokroku v bezpečnosti v oblasti jaderné energetiky.

Nejpoužívanější současné jaderné reaktory

Na světě je cca 480 funkčních reaktorů. V jaderné elektrárně

Fukušima, stejně jako v deseti dalších ze sedmnácti japonských jaderných elektráren (celkem s 54 reaktory), pracují varné reaktory (typ BWR – Boiling Water Reactor). Je to druhý nejčastěji používaný typ reaktoru. Na světě je jich v provozu 94, kromě Japonska fungují také v USA, Německu, Rusku, Číně, Indii a Mexiku.

Nejčastěji používané reaktory jsou reaktory tlakovodní (PWR, VVER) – těch je 264, mezi nimi i ty české v Dukovanech a Temelíně.

Ze schematických obrázků je zřejmý zásadní rozdíl mezi varným a tlakovodním reaktorem.

Varný reaktor je jednookruhový – s kontaminovaným pracovním médiem (voda, pára). Tlakovodní reaktor je dvouokruhový, kde pracovní médium vně kontejnmentu není kontaminováno. I v tomto konstrukčním rozdílu obou typů reaktorů lze spatřovat část pravděpodobných potíží ve Fukušimě, s nutností odvádět do moře radioaktivní vodu.

Závěr

Žádná technologie v energetice není bez potenciálního nebezpečí. Tím spíše ne v jaderné energetice. Každá havárie je však především nutné poučení do budoucnosti. Poučení, aby pravděpodobnost možného rizika havárie byla ještě menší než dosud a eventuální následky havárie také. Při srovnávání havárií v Černobylu a ve Fukušimě můžeme konstatovat, že toto poučení funguje. ■

Podklady:

- [1] Strategická agenda energetiky, Technologická platforma udržitelná energetika
- [2] 11. energetický kongres Praha, prezentace předsedkyně SÚJB Ing. Dany Drábové, CSc.

Autor:

prof. Ing. František Hrdlička, CSc.,
děkan Fakulty strojní ČVUT v Praze
E-mail: frantisek.hrdlicka@fs.cvut.cz