



## **Jaderná energie: mýty a realita**

### **O rizicích a vyhlídkách jaderné energie**

***Gerd Rosenkranz***

**únor 2006**

#### **Obsah:**

Předmluva. . . . .	3
V upomínku: Zbytkové riziko zapomnění . . . . .	4
Bezpečnost: Prvotní otázka využívání jaderné energie . . . . .	5
Sebevražedné atentáty: . . . . .	8
Nový rozměr ohrožení . . . . .	8
Jaderné elektrárny – nukleární cíle v konvenční válce. . . . .	10
Siamská dvojčata: civilní a vojenské využívání jaderné energie . . . . .	11
Otevřený cyklus: Trhliny na začátku a na konci . . . . .	13
Nukleární ochrana klimatu: Naivní rady . . . . .	16
Levná jaderná energie: Když platí účet stát . . . . .	19
Závěr: Renaissance oznámení. . . . .	24

## O autorovi

Dr. Gerd Rosenkranz, promováný vědec v oblasti materiálů a diplomovaný inženýr se zaměřením na nauku o kovech, pracoval po nástavbovém studiu komunikačních věd přibližně 20 let jako novinář pro nadregionální deníky a týdeníky, naposledy do roku 2004 pět let jako redaktor v hlavní městské kanceláři zpravodajského magazínu Der Spiegel se stěžejními tématy politika životního prostředí a energií. Od října 2004 je vedoucím svazu Politik der Deutschen Umwelthilfe e.V. („Politika Německé ekologické pomoci“) v Berlíně.

## publikace tématické řady Jaderná energetika

O rizicích a vyhlídkách jaderné energie

autor: Gerd Rosenkranz

© Heinrich Böll Foundation 2006

Všechna práva vyhrazena.

spoluvydavatel: WISE

Publikace nemusí nutně vyjadřovat názor Nadace Heinricha Bölla.

*Kontakt:*

*Heinrich Böll Foundation Regional Office for Southern Africa, PO Box 2472; Saxonwold, 2132; South Africa.*

*phone: +27-11-447 8500; fax: +27-11-447 4418; info@boell.org.za*

*Heinrich Böll Foundation, Rosenthaler Str. 40/41, 10178 Berlin, Germany.*

*phone ++49 30 285 340; fax: ++49 30 285 34 109; info@boell.de; www.boell.de/nuclear*

---

České vydání vzniklo ve spolupráci se sdružením Jihočeské matky, Calla a Hnutím DUHA za finanční podpory Nadace Partnerství.



**Hnutí DUHA**  
Friends of the Earth Czech Republic



Jihočeské matky

# Předmluva

Fundamentální konflikt týkající se jaderné energie je téměř tak starý jako její komerční využívání. Časy jejích zastánců uplynuly, zůstala však vysoká rizika a v neposlední řadě riziko vojenského zneužití. Teroristické hrozby nabývaly konkrétní podoby. Téma klimatických změn a pomíjivost fosilních paliv nemohou potlačit velké bezpečnostní problémy jaderné energie. Reaktor, který by v sobě neskrýval potenciální katastrofu, existuje již několik desetiletí pouze jako příslib do budoucna.

Ohřev atmosféry způsobený člověkem patří bezpochyby k největším výzvám 21. století. Existují ale také jiné opce jak tento problém zvládnout, s menšími riziky než představuje jaderná energie. Navíc, využívání jaderné energie není řešením pro budoucnost, protože nukleární štěpné materiály jsou rovněž neobnovitelným zdrojem, stejně jako fosilní paliva – uhlí, ropa a zemní plyn. Období, po která musí být „radioaktivní pozůstalost“ výroby energie z jádra chráněna před biosférou, jsou tak dlouhá, že si je člověk ani nedokáže představit.

Jaderná energie je vysoce rizikovou technologií nejen z hlediska technické bezpečnosti, ale také z hlediska techniky financování. Bez státních subvencí nemá v tržním hospodářství žádnou šanci. Přesto budou dále existovat podniky, které za speciálních rámcových podmínek daných státem z jaderné energie profitují. Prodlužování životností starých reaktorů může být pro jejich provozovatele ekonomicky atraktivní, ale nadměrně zvyšují riziko vážné nehody. Navíc, vždy budou existovat vládcí, kteří budou považovat štěpení atomového jádra za etapu na cestě k vlastní atomové bombě a budou ji popohánět dopředu. Jaderná energie navíc svými vysoce nebezpečnými a z hlediska terorismu ohroženými zařízeními poskytuje další prostor pro útoky bezohledného nestátního násilí, které se naposledy projevilo 11. září 2001. Také proto bude jaderná energie rozpolcovat lidi do té doby, dokud bude využívána.

# V upomínku: Zbytkové riziko zapomnění

Události, které se odehrály pozdě večer 10. dubna 2003 uvnitř nádrže pro uložení palivových článků maďarské jaderné elektrárny Paks, připomínají dvě události, které již po desetiletí jako tajemný náznak hrozícího nebezpečí provázejí historii civilního využívání jaderné energie: Katastrofy reaktorů v Harrisburgu v březnu 1979 a v Černobyli v dubnu 1986.

Neomluvitelné konstrukční chyby, nedbalá kontrola, chybné provozní instrukce, odhady a v neposlední řadě naivní důvěra ve vysoce citlivou techniku – to všechno již před tímto čtvrtčním večerem v Maďarsku znali. Nejen z Harrisburgu a Černobyli, ale také ze závodu na přepracování jaderného paliva v britském Sellafieldu, z japonské elektrárny s množivým reaktorem v Monju, z přepracovatelského závodu v Tokaimuře v Japonsku a z německé elektrárny v Brunsbüttelu na Labi.

Tam, kde pracují lidé, dělají se chyby. Je možné hovořit o štěstí, že řetězec chybných výkonů označovaný znovu po každé havárii za „nevysvětlitelný“, není vždy „potrestán“ tak silně, jako v roce 1986 na Ukrajině a v jejích sousedních státech. V bloku 2 jaderné elektrárny Paks, nacházející se 115 kilometrů jižně od maďarského hlavního města Budapešť, došlo „pouze“ k přehřátí a zničení 30 vysoce radioaktivních palivových článků. Ty se proměnily v hromadu zářící sutě na dně vodou zaplavené ocelové nádrže. Došlo k masivnímu uvolnění radioaktivních vzácných plynů, které ve vysoké koncentraci proudily do sálu, který museli operátoři před tím v panice vyklidit. Později, aby mohla být hala opět zpřístupněna personálu v protiradiačních oblecích, byly tyto plyny bez filtrování a při maximálním výkonu ventilátoru po dobu celých 14 hodin vyfukovány do okolí.

Jméno Paks je označení pro nejvážnější havárii v evropském jaderném reaktoru od havárie v Černobyli. Přehřátí vysoce radioaktivního materiálu se navíc odehrávalo mimo ochrannou obálku. Ale svět na druhé straně maďarských hranic si prakticky nepovšiml nukleárního pekla, jehož rozpoutání hrozilo uvnitř mobilní čistírny palivových článků. Odborníci v tuzemsku i v zahraničí, kteří později rekonstruovali průběh oné noci, s úděsem zjistili, že následky mohly být mnohem horší. Ovšem nová byla nejen nevzrušená reakce mezinárodní veřejnosti na dramatickou událost. Havárie v Paksu znamenala premiéru i v jiném ohledu. Západoevropští i východoevropští pracovníci společně a téměř cílevědomě postupně způsobili kombinací lhostejnosti, manažerských chyb a bezstarostné rutiny vážnou nehodu. Zúčastnění: Konstrukteři a operátoři německo-francouzského atomového koncernu Framatome-ANP (dceřiné společnosti francouzského koncernu Areva a německého koncernu Siemens), provozní personál jaderné elektrárny sovětské konstrukce v Paksu a odborníci maďarského úřadu pro jaderný dozor v Budapešti. Ti všichni mají svůj díl odpovědnosti a přitom vyvázli bez větší újmy.

Poté, co těchto 30 palivových článků, přibližně jedna desetina závážky aktivní zóny reaktoru, nebylo po chemickém čištění dostatečně ochlazen, přivedlo nejprve k varu chladící vodu v čistící nádrži, vyvařily se přímo „dosucha“, zahřály se až na 1200 stupňů celsia a rozdrobily se nakonec jako porcelán. Teprve poté, co se operátoři neúspěšně pokoušeli tomuto stavu zabránit, pustili na roztavenou hmotu přival studené vody. Podle přesvědčení jaderných fyziků tím mohlo dojít k jaderné expozi a k omezené, ale nekontrolované řetězové reakci. S možnými katastrofálními následky nejen pro okolí jaderné elektrárny Paks.

# Bezpečnost:

## Prvotní otázka využívání jaderné energie

Diskuze o využívání jaderné energie v poslední době celkem utichla, což její zastánci registrují se zřejmým potěšením. Vlivem ohlašovaných změn klimatu a strmému nárůstu cen ropy se diskuze stala „věcnější a klidnější“. Přátelé využívání jádra jásají především nad jedním: Politicko-společenská rozprava se přemístila od fundamentálních problémů bezpečnosti jaderné techniky k otázkám ekonomiky, ochrany klimatu nebo šetření zdrojů. Jaderná energie tak má být veřejností vnímána jako jedna v řadě mnoha technik, její využívání je pouze otázkou volby. Štěpení atomu se začleňuje do trojúhelníku cílů, které ekonomové definují v energeticko-politické debatě jako hospodárnost, bezpečnost zásobování a příznivý dopad na životní prostředí.

Že i v rámci této agendy zůstává mnoho otázek týkajících se smysluplnosti využívání jaderné energie, jejím příznivcům vadí velice málo. Jsou spokojeni. Neboť v jejich očích je rozhodující, že se daří skrýt katastrofický potenciál jaderné techniky za argumenty, které odvracejí pozornost od bezpečnostních otázek. Tento vývoj není náhodný. Je výsledkem strategie, kterou provozovatelé a výrobci v zemích s jadernou energií sledovali po celá desetiletí.

Úspěšné odvrácení pozornosti může uklidnit veřejnou debatu. Pravděpodobnost vzniku vážné havárie však přetrvává. Nebezpečí nadprojektové havárie, tedy havárie, která přesahuje největší maximální projektovou havárii naplánovanou v bezpečnostních systémech, a skutečnost, že nikdy nemohla být vyloučena, bylo a je prvotním důvodem fundamentálního konfliktu ohledně využívání jaderné energie. Na ní se konec konců zakládaly všechny argumenty proti této formě přeměny energií. S ní stojí a padá akceptování – regionální, národní a globální. Od havárie v Harrisburgu a ještě více od Černobylu byl jaderný reaktor odolný vůči katastrofám příslibem, kterým mohl jaderný průmysl někdy získat zpět veřejný souhlas s jeho technologií. Před čtvrtstoletím hlásali výrobci velké sliby pod heslem „inherentní bezpečné jaderné elektrárny“. Američané tyto reaktory budoucnosti nazývali „Walk-away“ – reaktory, ve kterých by mělo být fyzikálně vyloučeno roztavení aktivní zóny nebo srovnatelně závažná havárie. „Dokonce i při všech nejhorších myslitelných haváriích“, horoval tehdy viceprezident jednoho výrobce v USA, „můžete jít domů, obědvat, zdřímnout si a potom se vrátit, abyste se o to postarali – bez nejmenší starosti, bez paniky“.<sup>1</sup> Chvástavé ohlášení zůstalo dodnes tím, čím bylo již tehdy – nevyplacenou směnkou do budoucnosti. Již v roce 1986 německý historik v oblasti techniky Joachim Radkau tušil, že jaderná elektrárna, kterou nemůže postihnout havárie, je „vysněným přáním, které se v dobách krize opět znova zableskne, ale není nikdy splněno“.<sup>2</sup>

Zatím Evropské společenství pro atomovou energii Euratom a deset zemí provozujících jaderné elektrárny neutrálně hovoří o reaktorech „generace IV“. Naprosto spolehlivé nemají být ani reaktory přes příští konstrukční řady, mají být pouze vybaveny inovační bezpečnostní technikou. Zato mají být hospodárnější, menší, méně zranitelné proti vojenskému zneužití a v důsledku toho akceptovatelnější pro veřejnost. První z těchto reaktorů mají dodávat proud kolem roku 2030. To je oficiální verze. Neoficiálně se však hovoří o komerčním provozu „až kolem roku 2040 nebo 2045“.<sup>3</sup> Tento slib do budoucna nápadně připomíná slib výzkumníků jaderné fúze. O jaderné fúzi, kontrolovanému roztavení atomů vodíku podle vzoru Slunce, se v roce 1970 říkalo, že bude zralá pro využívání k výrobě elektřiny kolem roku 2000. Dnes již nikdo nepočítá s komercializací před polovinou 21. století – pokud vůbec.

Ani čtvrtá generace reaktorů nedostála slibům jaderného průmyslu, který v minulosti učinil mnohá prohlášení o absolutní bezpečnosti nové generace reaktorů. Dnes se hovoří o relativní bezpečnosti, laiky v politicko-publicistické oblasti s oblibou šířené paušální tvrzení: „Naše jaderné elektrárny jsou nejbezpečnější na světě.“ Pravdivý obsah této výpovědi – oblíbené především v Německu – není skutečně doložen. A není vůbec věrohodné, že jaderné elektrárny, s jejichž výstavbou se započalo v šedesátých a sedmdesátých letech a které tedy byly koncipovány v padesátých a šedesátých letech se

znalostmi odpovídajícími tehdejšímu stavu vědy a techniky, mohou nabídnout dostatečnou míru bezpečnosti. Ale dokud nikdo nezabrání propagandistům jaderné energie ve Francii, v USA, ve Švédsku, Japonsku nebo v Jižní Koreji, aby o svých reaktorech tvrdili exaktně totéž, mohou být všichni spokojeni. Neexistuje žádná národní jaderná lobby, která se nedomnívá, že její vlastní jaderné elektrárny jsou na světové úrovni. Ve východní Evropě toto zaznívá stále častěji. V důsledku dodatečného vybavení během posledních 15 let dosáhly i reaktory sovětské konstrukce západních bezpečnostních standardů a v mnohých záležitostech je prý i překonaly. Například reagují údajně méně citlivě na chyby ve fyzikálních procesech reaktoru. Celkové poselství zní: Neexistuje žádný důvod ke znepokojování. To skutečně slábne, v národním i mezinárodním měřítku. Rozhodující otázkou proto zůstává cena, kterou je lidstvo ochotno zaplatit za zřejmé uklidnění na „jaderné frontě“. Co to znamená pro mezinárodní bezpečnost reaktorů, když se o hrozících katastrofách, jakou byla například událost v Paksu, debatuje pouze v uzavřených odborných kruzích? Relativně vysoká úroveň bezpečnosti německých reaktorů byla v minulosti zastánci jaderné energie připisována také síle protijaderného hnutí ve staré Spolkové republice, trvalému skeptickému sledování reaktorů vysoce citlivou veřejností. Dotěrné otázky a etablování takzvané „kritické odborné veřejnosti“ se podle této teorie postaraly o to, že se jaderné elektrárny staly průmyslovými zařízeními, které jsou zajištěny proti poruchám a haváriím nejnákladněji v dějinách průmyslu. Tak je tomu dodnes. Existují ale i oprávněné obavy, že pokud se vytratí zájem veřejnosti o jaderné elektrárny, utrpí tím jejich bezpečnost.

Jak vypadá reálná bilance bezpečnosti, dvacet let po Černobyli? Existují oproti dobám rozkvětu diskuze o rizicích skrývajících možnost roztavení aktivní zóny na Ukrajině reálné pokroky v bezpečnosti reaktoru? Nebo je správný spíše opak a je již naprogramována příští velká havárie?

Nikdo nemůže popírat, že jaderná technika profituje také z pokroků obecného rozvoje technologií. Revoluce, která byla od zřízení většiny komerčních reaktorů provozovaných na světě realizována v informačních a komunikačních technologiích, činí řízení a kontrolu jaderné elektrárny přehlednější a v normálním režimu spolehlivější. Když na rýsovacím prknu vznikaly stále dnes provozované reaktory starší generace, řídily počítače ještě děrné pásky. Moderní řídicí systémy byly a jsou dodatečně zabudovávány do mnoha staříčkových reaktorů. Pro vysokou míru bezpečnosti hovoří také zavedení počítačových simulací a experimentů týkajících se reaktorové fyzikálních a jiných komplexních procesů v normálním režimu a ještě více v havarijních situacích. Dnes operátoři reaktoru cvičí na simulátorech průběhy havárií, které před dvaceti nebo třiceti lety nemohli ani modelovat – a tudíž částečně nebyly ani známy. Bezpečnostní technici profitují také z pokročilých analýz pravděpodobnosti a z vyvinutějších zkušebních a kontrolních systémů, kterými jsou postupně vybavovány i starší reaktory.

Provozovatelé reaktoru si navíc pro sebe kladou nároky poučit se z chyb minulosti. Odkazují na založení mezinárodní organizace provozovatelů (World Association of Nuclear Operators, WANO), která organizuje výměnu zkušeností a pečuje o aktuální předávání údajů z poruch všem svým členům. Na celém světě mohou provozovatelé reaktorů čerpat ze zkušeností z více než 11 000 let provozu reaktorů. Doklad pro „novou bezpečnost“ jaderných elektráren to ovšem není. Skutečnost, že od Černobyli nebo Harrisburgu nebyly žádné havárie s roztavením aktivní zóny, rovněž neznamená, že by se toto nemohlo opět stát. Paks byl nejostřejším varováním v poslední době. Přibližně tři ze čtyř reaktorů provozovaných v současné době na světě jsou tytéž jako v roce 1986. Je to právě charakter sledování pravděpodobnosti, že vážná havárie se může stát právě dnes nebo až za sto let. 11 000 let provozu reaktorů není proto žádným relevantním argumentem. Když jaderný průmysl v roce 1979 v Harrisburgu zasáhla první havárie s roztavením aktivní zóny v komerčním reaktoru, poukazovali s hořce se vysmívající ironií odpůrci jaderné energie v jižním Německu v letácích na velkohubé „bezpečnostní“, přísahy techniků: „Každých 100 000 let jedna havárie – jak rychle ale ten čas plyne!“

Celosvětově sílící tlaky na prodloužení životnosti reaktorů označuje manažer a zároveň také předseda představenstva RWE za „neomezeně obhajitelné z hlediska bezpečnostní techniky“.<sup>4</sup> A Walter



Hohefelder, předseda provozovatele jaderné energie E.ON Ruhrgas a prezident německého atomového fóra, prohlašuje ve vší vážnosti, že takové prodloužení životnosti prý činí „zásobování elektřinou jistější“.<sup>5</sup> Neslýchané na takových vyjádřeních je především to, že nejsou velkou částí veřejnosti již dotazována. Provozovatelé reaktorů chtějí zřejmě vzbudit dojem, že jaderné elektrárny, na rozdíl od automobilů nebo letadel, jsou s přibývajícím stářím stále bezpečnější. Proti tomu ale hovoří nejen obyčejný lidský rozum. Proti tomu hovoří také fyzikální zákony.

Globální arsenál reaktorů „stárne“. Za tímto obyčejným výrazem se skrývá v technice materiálů a v nauce o kovech rozsáhlé vědění. Označuje nejen prosté „projevy opotřebení“, ale také komplexní změny na povrchu a uvnitř kovových materiálů. Takové procesy v jaderné oblasti a jejich následky je možné velmi těžko odhadnout. Je obtížné je spolehlivě odkrývat kontrolními systémy a především na ně přijít včas, protože vysoké teploty, silná mechanická zatížení, chemicky agresivní prostředí a trvalé ostřelování neutrony ze štěpení jádra působí současně na konstrukční díly, které jsou rozhodující pro bezpečnostní techniku. Koroze, radiační poškození, tvorba trhlin na povrchu, na svárech uvnitř centrálních komponentů se v minulých desetiletích opakovaly neustále. K těžké havárii často nedošlo jenom proto, že nedostatek byl zjištěn včas kontrolními systémy nebo při rutinních šetřeních během odstávky či při revizích zařízení. Mnohdy bylo objevení prostou náhodou.

S bezpečností provozu také souvisí zpětné účinky liberalizace energetických trhů v mnoha zemích, ve kterých jsou provozovány jaderné elektrárny. Liberalizace znamená tlak na snižování nákladů, což konkrétně znamená snižování stavu personálu, snižování frekvence zkoušek, kratší lhůty a tím i časový nátlak při revizních pracích a při vyměňování palivových článků. To ale k vyšší bezpečnosti rozhodně nepřispívá.

Co z toho plyne? Pokud se prosadí tlaky provozovatelů reaktorů na prodloužení životnosti o 40 nebo dokonce 60 let, potom se průměrné stáří aktuálně celosvětově provozovaných jaderných elektráren dosažené v roce 2005 z přibližně 22 let ještě zdvojnásobí nebo téměř ztrojnásobí. Tímto se rozhodujícím způsobem zvyšuje celkové riziko vážné havárie. Na tom moc nezmění ani nové realizované projekty jaderných elektráren takzvané „generace III“. Ještě po desetiletí budou činit pouze malou procentuální sazbu celosvětového arsenálu reaktorů. Kromě toho ani u nich není fyzikálně vyloučena vážná havárie. Evropský tlakovodní reaktor (European Pressurized Reactor, EPR) koncipovaný od konce osmdesátých let, jehož prototyp je stavěn ve Finsku, je, jak říkají kritici, „napůl roztomilým – dalším vývojovým stupněm tlakovodních reaktorů z osmdesátých let provozovaných dnes ve Francii a v Německu“. Následky případného roztavení aktivní zóny mají být utlumeny nákladným zachycovacím zařízením („core-catcher“) pro natavované jádro reaktoru. Výsledkem tohoto konceptu, který celé zařízení značně prodražil, mimo jiné bylo, že reaktor musel být během fáze designu koncipován se stále větší výrobní kapacitou, aby byl ekonomicky konkurenceschopný alespoň ve srovnání s předchozími modely. Zda by ochranná obálka („Containment“), která se opírá o standard dosažený u nejmladší generace německých reaktorů („řada Konvoi“), přestála cílené zřícení plně natankovaného dopravního letadla, je přinejmenším otevřená otázka.

Tomu, že s přibývajícími zkušenostmi z provozu a životností jednotlivých zařízení klesla pravděpodobnost vážných poruch, nevěří ani samotní provozovatelé reaktorů. U příležitosti setkání organizace provozovatelů jaderných elektráren WANO (World Association of Nuclear Operators) v Berlíně v roce 2003 uvedli účastníci osm „závažných případů“, které se postaraly o rozruch během několika posledních let – ovšem jen mezi odbornou veřejností. Seznam případů s katastrofickým potenciálem obsahuje:

- netěsnosti na řídicích tyčích nejnovějšího britského reaktoru Sizewell B (zprovoznění v roce 1995);
- příliš nízká koncentrace bóru v systému nouzového havarijního chlazení badenskoviřtemberský reaktoru Philippsburg-2;
- předtím nikdy zpozorované poškození palivových článků v bloku 3 francouzské elektrárny Cattenom;

- vážná exploze vodíku v trubce varného reaktoru Brunnsbüttel v bezprostředním sousedství tlakové nádoby reaktoru;
- dlouho nezpozorovaná masivní koroze na tlakové nádobě reaktoru amerického reaktoru Davis-Besse, kde bránilo masivní netěsnosti již pouhé tenké obložení z ušlechtilé oceli.
- manipulace s daty vztahujícími se k bezpečnosti v britském přepracovatelském závodě Sellafield;
- stejné manipulace s daty u japonského provozovatele Tepco.

Takové případy a nedbalosti – a zvláště jejich nakupení v posledních letech – přidělaly starosti provozovatelům, politické zastánce jaderné energie však nechávají v klidu. Odpovědné osoby se obávají důsledků fenoménu hluboce zakořeněného v lidském charakteru – náchylnosti k jevu nazývanému provozní slepota, který se projevuje tak, že často se opakující činnosti nejsou lidé sto vykonávat vždy a za každých okolností s maximální mírou koncentrace. Během setkání WANO v Berlíně si referenti stěžovali nejen na značné finanční důsledky případů (jen v souvislosti s poruchami v Philippsburgu, Paksu a Davis-Besse vznikly do října 2003 náklady ve výši přibližně 298 miliónů amerických dolarů, 12 ze 17 varných reaktorů japonského provozovatele Tepco bylo kvůli manipulacím s daty mimo provoz), daleko více však na nedbalost a vlastní spokojenost mezi provozovateli. Obojí je prý „nebezpečí pro další existenci našeho odvětví“<sup>6</sup>, varoval jeden švédský účastník setkání odborníků. Tehdejší japonský předseda WANO Hajimu Maeda diagnostikoval dokonce „strašnou nemoc“, která prý hrozí odvětví zevnitř. Začíná prý ztrátou motivace, vlastním uspokojením a „nedbalostí při zachovávaní kultury bezpečnosti kvůli ekonomickému tlaku v důsledku deregulace trhů s energiemi“. Tato nemoc se prý musí rozpoznat a musí se proti ní bojovat. Jinak prý někdy později „závažná nehoda ... zničí celé odvětví“.<sup>7</sup>

## Sebevražedné atentáty: Nový rozměr ohrožení

Nový rozměr ohrožení, které vyplývá z teroristických útoků 11. září 2001 v New Yorku a Washingtonu a z následujících výpovědí později zadržených islamistů, při dosavadních úvahách nehrál ještě žádnou roli. Přitom právě on naznačuje základní nový pohled na využívání jaderné energie.

Že jaderné elektrárny hrají při plánování cílů islamistických teroristů důležitou roli, je po přiznáních dvou zajatých vůdců Al-Kaidy považováno za jisté. Podle nich si Mohammed Atta, který později nasměroval Boeing 767 do severní věže World Trade Center, vybral jako další možný cíl oba reaktorové bloky elektrárny Indian Point u Hudson river. Dokonce již existoval zakódovaný název pro útok na jadernou elektrárnu ve vzdálenosti pouhých 40 km od Manhattanu: „electrical engineering“. Jenom proto, že se „terorističtí piloti“ obávali, že jejich útok na jadernou elektrárnu by mohl být předčasně zastaven raketami protiletectvé obrany, byl tento plán nakonec zamítnut. Také v původním, ještě monstróznějším plánu vůdce Al-Kaidy Kálída Šejka Mohammeda uvažující s celkem deseti současně unesenými dopravními letadly bylo podle jeho vlastních výpovědí na seznamu cílů několik jaderných elektráren. Proto není sporu, že scénáře teroristických útoků musí být do budoucího hodnocení rizik jaderných elektráren uvažovány s daleko větší vážností než je tomu dosud.

Je téměř jisté, že žádný ze 443 reaktorů provozovaných na světě na konci roku 2005 by nemohl odolat cílenému útoku plně natankovaným velkým dopravním letadlem. To ostatně souhlasně tvrdili, ještě pod dojmem útoků v New Yorku a Washingtonu, dokonce i provozovatelé reaktorů. Toto rychlé přiznání bylo ovšem také taktické. Mělo zabránit debatě o těch nejstarších, zvláště zranitelných jaderných zařízeních, která by možná musela být pod tlakem znepokojené veřejnosti předčasně vyřazena z provozu. Mezitím ale byly předloženy výsledky vědeckých studií, které potvrzují rané prohlášení manažerů. Při stavbě mnoha jaderných reaktorů v západních průmyslových státech bylo sice do úvah o bezpečnosti začleněno i náhodné zřícení malých letadel a vojenských letadel a dokonce teroristické



útoky pancéřovými pěstmi, houfnicemi a jinými válečnými zbraněmi byly předmětem diverzních manažerských her. Neúmyslný náraz plně natankovaného dopravního letadla byl proti tomu považován za tak nepravděpodobný, že proti tomuto scénáři nebyla v žádné zemi na světě učiněna žádná preventivní opatření. Představa cíleného útoku dopravním letadlem přeměněným na říditelnou zbraň jednoduše překonala fantazii konstruktérů reaktorů.

V Německu Společnost pro reaktorovou bezpečnost (GRS) se sídlem v Kolíně nad Rýnem začala bezprostředně po útocích v USA s obsáhlým šetřením zranitelnosti německých jaderných elektráren útoky ze vzduchu. Přitom byla z pověření spolkové vlády zkoumána nejen odolnost typických jaderných elektráren. Na leteckém simulátoru Technické univerzity v Berlíně vykonávalo půl tuctu pilotů tisíce útoků s rozdílnými rychlostmi a úhly nárazu proti německým jaderným elektrárnám, které byly do kokpitu simulátorů nahrány v podobě detailních videoanimací. Testující piloti řídili – jako terorističtí letci v New Yorku a Washingtonu – napřed pouze menší vrtulová letadla. Přesto byl údajně přibližně každý druhý simulovaný útok kamikadze zásahem.

Výsledky šetření se ukázaly jako tak alarmující, že nebyly oficiálně zveřejněny. Na veřejnost se dostalo později pouze shrnutí klasifikované jako „VS-důvěrné. Podle výsledků šetření hrozí zvláště u starších reaktorů při jakémkoli zásahu – nezávisle na typu, velikosti nebo rychlosti nárazu dopravního letadla – nukleární peklo. Buď by byla bezpečnostní obálka („containment“) přímo prorážena nebo by byl potrubní systém zničen enormními otřesy při nárazu a při následném hoření kerosinu. V každém případě by při plném zásahu velmi pravděpodobně došlo k roztavení aktivní zóny a velkoplošnému uvolnění radioaktivních látek do životního prostředí. Také mezisklady uvnitř elektrárny, ve kterých vymírají vyhořelé palivové články s enormním radioaktivním inventářem ve vodních nádržích, jsou považovány za extrémně ohrožené. Reaktory novějších konstrukčních řad jsou sice ve většině zemích vybaveny stabilními ochrannými obálkami, ale při plném zásahu vysokou rychlostí není podle výsledků studie GRS ani u těchto reaktorů možné bezpečně vyloučit Super-GAU s následným zamořením dalších oblastí.

Teroristickým scénářem cíleného útoku ze vzduchu však nezastaraly jiné obavy, které byly mezinárodně diskutovány již před 11. zářím 2001. Získaly jen konkrétní a realističtější základ. Teroristické scénáře, ve kterých jsou jaderná zařízení napadána zbraněmi nebo výbušninou zvenku nebo ve kterých si útočníci opatří přístup do bezpečnostní oblasti násilně nebo tajně, byly v některých průmyslových státech již dříve intenzivně zkoumány vlastním jaderným průmyslem. Ovšem nikoli za okolností, kdy útočníci cíleně počítají s vlastní smrtí. Tato možnost, že lidé zaútočí na jaderné zařízení a přitom plánují, že se sami stanou první obětí tohoto útoku, umožňuje tucty scénářů útoků, které dosud nebyly brány v úvahu.

Z pohledu extremistických sebevražedných atentátníků je útok na nukleární zařízení všechno jiné než iracionální. Naopak – extremisté vědí, že „úspěšný“ útok by vyvolal nejen „nukleární peklo“ a utrpení miliónů lidí, pravděpodobně ale také preventivní uzavření dalších jaderných elektráren a tím zemětřesení národních hospodářství v průmyslových státech.

Jakkoli byly útoky na World Trade Center a Pentagon monstrózní, sledovaly především demonstrativně-symbolický cíl, zasáhnout světovou velmoc USA do ekonomického a politicko-vojenského srdce a tak ji zhanobit. Útok na jadernou elektrárnu by nepředstavoval takovou symboliku. Zasažena by byla energetika, tím i nervové centrum a celá infrastruktura průmyslového státu. Radioaktivní zamoření celého regionu, možná i trvalá evakuace statisíců, pokud ne miliónů zasažených, by s konečnou platností odstranilo hranici mezi válkou a terorem. Žádný další útok, ani útok na ropný přístav Rotterdam, by neměl na západní průmyslové státy srovnatelný psychologický účinek. I pro případ, že by nakonec minul svůj cíl – vyvolat Super-GAU – by byl výsledek katastrofální. Následná debata by, jako dosud nikdy, rozpoutala výměnu názorů o katastrofálních rizicích jaderné energie a v řadě průmyslových zemích by patrně vedla k uzavření mnoha, pokud ne všech, jaderných elektráren.

# Jaderné elektrárny

## – nukleární cíle v konvenční válce

Ve světle nového terorismu nabývá na relevanci také debata o „mírovém využívání jaderné energie“ a otázka války. V „nuclear community“ byla a je dosud dalece tabuizována. Neboť reaktory zřízené v mezinárodních napjatých oblastech jako na korejském poloostrově, v Tchaj-wanu, v Íránu, Indii nebo Pákistánu mají stejně tak nežádoucí jako fatální důsledek – pokud jsou již v provozu, potenciální odpůrce ve válce již nepotřebuje žádné atomové bomby, aby danou zemi radioaktivně zpusťošil, postací vzdušná zbraň nebo dělostřelectvo. Ten, kdo v souvislosti s jadernou energií usiluje o termín „bezpečnost zásobování energií“, přemýšlí patrně příliš krátkodobě. Neexistuje žádná jiná technologie, při které může jedna jediná událost vyvolat zhroucení celého systému zásobování energií. Národní hospodářství, které se na takovou techniku spoléhá, je naopak velmi zranitelné pokud se týká zásobování energií a v případě války je náchylnější vůči konvenčním útokům než hospodářství bez této techniky.

„Celosvětové prosazování jaderné energie“, řekl již v roce 1985 fyzik a filozof Carl Friedrich von Weizsäcker jako zdůvodnění své proměny v odpůrce jaderné energie, „vyžaduje celosvětovou radikální změnu politické struktury všech dnešních kultur. Požaduje překonání politických institucí války existujících minimálně od začátku vysokých kultur.“<sup>84</sup> Politicky a kulturně zajištěný světový mír, shrnuje Weizsäcker své úvahy, je ale v nedohlednu. V časech „asymetrického násilí“, ve kterých se vysoce ideologizovaní extremisté připravovali na válku proti silným průmyslovým státům nebo přímo na rozsáhlou „válku civilizací“, je trvalý světový mír ještě vzdálenější než v roce 1985, kdy von Weizsäcker formuloval své názory.

Ohrožení jaderných elektráren v důsledku válečných konfliktů není teoretickou úvahou. V balkánském konfliktu na počátku devadesátých let několikrát hrozilo, že se jaderný reaktor ve slovinském Krsku stane cílem ozbrojených útoků. Jako demonstrace této hrozby přelétávaly přes reaktor jugoslávské bombardéry.

Dalším příkladem je vzdušný úder Izraeli v roce 1981 proti staveništi iráckého výzkumného reaktoru Osirak. Mimochodem, není vůbec jisté, zda by útočník nezaútočil na reaktor i v případě, že by byl v provozu. Útok byl považován za preventivní úder proti pokusu Saddáma Husajna zkonstruovat jako první „islámskou bombu“. Americké bombardéry stavenišť reaktoru znovu napadly během války v zálivu v roce 1991. Jako protitah namířil Saddám Husajn své rakety Scud na izraelskou atomovou centrálu Dimona. Nakonec kolovala na konci roku 2005 hlášení o plánovaném izraelském leteckém útoku proti údajným tajným nukleárním zařízením v Íránu.

Existuje řada věrohodných scénářů, ve kterých válčící strany nebo strany konfliktu mohou přijít na myšlenku napadnout jaderná zařízení v zemi nepřítele. Jednak z důvodu preventivního útoku s cílem zabránit rozvojem zemím, u kterých je možné se domnívat, že mají ambice získat jaderné zbraně. Dále by mohli o tomto útoku uvažovat z důvodu zastrašování. Výsledkem je šokující poznatek, že útok na civilní jaderná zařízení protivníka nahrazuje vlastní bombu. Protože radioaktivní inventář komerční jaderné elektrárny v sobě skrývá o řádové veličiny více radioaktivity, než se uvolní při výbuchu atomové bomby, bylo by dlouhodobé radioaktivní zamoření po „úspěšném“ útoku na jadernou elektrárnu dokonce nesrovnatelně dramatičtější než po shoení bomby.

# Siamská dvojčata: civilní a vojenské využívání jaderné energie

Od té doby, kdy se zrodila idea využívat jádro ke kontrolované výrobě energií, bylo na pořadu dne i její vojenské zneužití. Je to pochopitelné, byla to právě svržení atomových bomb v Hirošimě a Nagasaki v srpnu 1945, která z rozpoutání jaderných energií na celém světě učinila trauma lidstva. Když prezident USA Dwight D. Eisenhower vyhlásil v roce 1953 svůj program „Atomy pro mír“, mělo se toto prohlášení stát startovním výstřelem pro „mírové využívání“ jaderné energie. Toto prohlášení se zrodilo z nutnosti a obav. Neboť odhalením svého tehdy ještě exkluzivního a tajného know-how o štěpení jádra chtěly USA zabránit tomu, aby stále více států zahájilo programy vývoje vlastních jaderných zbraní.

Obchod, který prezident USA, které se díky bombě staly s konečnou platností supervelmocí, nabídl světu, byl logický. Všechny zainteresované země by měly mít možnost profitovat z mírového využívání jaderné energie, pokud by upustily od vlastních ambicí vlastnit jaderné zbraně. Tak měl být zastaven vývoj, který po druhé světové válce během několika let vedle USA učinil zeměmi s jadernými zbraněmi také Sovětský svaz, Velkou Británií, Francií a Čínou. Další země, například Švédsko nebo Švýcarsko, které byly již tehdy považovány za vysloveně mírumilovné a jsou takto vnímány dodnes, pracovaly tajně, více nebo méně intenzivně na vývoji ultimativní zbraně. Také Spolková republika Německo – po 2. světové válce až do roku 1955 zdánlivě nesuverénní stát – projevovala v éře atomového ministra Franz-Josefa Strausse jisté ambice na vývoj vlastní jaderné bomby.

Smlouva o nešíření jaderných zbraní, která nakonec vstoupila v platnost roku 1970, byla stejně jako vznik Mezinárodní agentury pro atomovou energii (MAAE) ve Vídni výsledkem iniciativy Eisenhowera. Úkolem vídeňského atomového úřadu, který byl založen již roku 1957, byla na jedné straně podpora jaderné techniky k výrobě elektřiny a její rozšiřování po světě, a na straně druhé zabránění vývoji jaderné bomby ve stále více státech. Téměř půl století po jejím založení je bilance MAAE stejně kontroverzní jako její původní poslání. Kontrolou civilních jaderných zařízení a v nich používaných štěpných materiálů značně zbrzdila další rozšiřování bomby. Za toto úsilí vídeňská agentura v roce 2005 společně se svým šéfem Mohamedem ElBaradeiem obdržela Nobelovu cenu. Rozšíření bomby se ovšem nezabránilo. K oficiálním pěti státům vlastnicím atomové zbraně přibyly další tři – Jihoafrická republika, Indie a Izrael. Jihoafrická republika zničila své jaderné výbušné nálože v době odvrácení se od apartheidu na počátku devadesátých let. Po válce v zálivu v roce 1991 inspektoři objevili v Iráku, který je sám členem smlouvy o nešíření jaderných zbraní, tajný program výroby jaderných zbraní. Program byl již v pokročilém stádiu i přes pečlivou kontrolu MAAE. V roce 1998 Indie a Pákistán, které stejně jako Izrael vždy odmítaly připojit se ke smlouvě, šokovaly svět testy jaderných zbraní. V roce 2003 komunistická Severní Korea smlouvu o nešíření opustila a sama sebe prohlásila za stát vlastníci jaderné zbraně.

Právě tato poslední zkušenost by podle přesvědčení mnoha odborníků mohla v budoucnosti podnítit ambice dalších autoritativních režimů vlastnit jadernou bombu. Neboť zatímco Irák v předpolí americké invaze v roce 2003 připustil, že se sice snaží o jaderné zbraně, ale že ještě nemá žádné k dispozici, severokorejští komunisté oznámili, že prý jsou již u cíle. A zatímco se Sadám Husajn hroutí pod konvenčními bombami a Cruise Missiles supervelmoci, zůstává neméně autoritativní diktátor Kim Jong-il tohoto osudu ušetřen. Zdá se věrohodné, že při tom určitou roli hrála nejen vazba branné moci USA na bojišti v Iráku a v Afghánistánu, nýbrž také obava, že Severní Korea by mohla být po útoku konvenčními zbraněmi ještě schopna k jadernému protiúderu. Pro další země smýšlející vůči USA nepřátelsky může tato úvaha být pohnutkou k tomu, aby následovaly cestu Severní Koreje. Aktuálním příkladem takových ambicí je Írán, třebaže tamní vládci stále přísahají, že všechna jaderná zařízení v zemi slouží pouze k civilnímu využívání jaderné energie.

Základem pro všechny tyto scénáře je fundamentální problém jaderné technologie – její civilní a vojenskou charakteristiku nelze i při sebelepší vůli a při použití nejmodernějších kontrolních technik dostatečně navzájem oddělit. Zvláště palivový cyklus, případně cyklus štěpných materiálů probíhá v mírové a nemírové variantě do značné míry paralelně. Technologie a know-how je možné využívat civilně i vojensky („dual use“), ovšem s fatálním důsledkem: Každá země, která ovládá civilní jadernou techniku a využívá ji, se může dříve nebo později dostat do situace, kdy může vytvořit bombu. Stále znova a bez skrupulí instalovali v průběhu minulých 50 let ambiciózní autoritativní vládcí vedle civilních jaderných programů skryté vojenské postranní cestičky. Ale stejně tak, bez zvláštních tajných programů, jsou důležitá zařízení civilního nukleárního řetězce extrémně náchylné k vojenskému zneužití:

- Zařízení na obohacování štěpitelného izotopu uranu U-235, ve kterých se vyrábí palivo pro lehkovodní reaktory. V dalším procesu, který vede až k vysokému zkoncentrování štěpného materiálu Uran-235 (Highly Enriched Uranium, HEU), vzniká štěpný materiál pro výzkumné reaktory – nebo pro atomové bomby typu Hirošima.
- Výzkumné reaktory a komerční reaktory sloužící k výrobě elektřiny mohou sloužit k účelům, které jsou jim oficiálně přisuzovány nebo k cílené výrobě plutonia (Pu-239) pro atomové bomby typu Nagasaki. To v ještě zvýšené míře platí pro rychlé množivé reaktory.
- V přepracovacích zařízeních (WAA) se separuje především reaktorové palivo plutonium od jiných radioizotopů, které předtím vznikly při štěpení jádra v reaktorech nebo se cíleně odděluje izotop plutonia Pu-239 vhodný jako výbušnina do atomových bomb.
- Technologie WAA navíc v zastíněných „horkých buňkách“ umožňují zpracovávání radioaktivních štěpných materiálů v rámci civilního palivového cyklu – nebo zpracovávání komponent jaderných zbraní.
- Mezisklady plutonia, uranu nebo jiných štěpných materiálů slouží buď jako sběrný sklad paliva pro jaderné elektrárny nebo jako sklad štěpného materiálu pro výrobu jaderné bomby.

K přeměně civilních komponent palivového cyklu ve vojenské komponenty může docházet přes tajné paralelní vojenské programy, dále se může realizovat tajnými odbočeními civilních programů při obcházení národních i mezinárodních kontrol. Je nutno se obávat i krádeže takových látek, vojensky relevantních technologií nebo příslušného know-how.

Po ukončení studené války nejprve vzrostla naděje, že společný zájem států vlastníci jaderné zbraně utlumí další rozšiřování citlivých látek a jaderné technologie, že se zastaví rizika nekontrolovaného rozšiřování vojenské jaderné technologie. Současně se ale staly hrozbou „skuliny“ v dříve přísně střežených civilních jakož i vojenských jaderných arsenálech, v první řadě v rozpadajícím se Sovětském svazu. Poháněn pochybnými obchodníky a kriminálními bandami vznikl černý trh pro „nuklearia“ všeho druhu. Byly to sice většinou radioaktivní materiály, které jsou pro výrobu bomby zcela nevhodné, ale nepůsobí zrovna uklidňujícím dojmem, že se radioaktivní materiál náhle dostal ven z dříve hermeticky uzavřených skladů.

Nelze popřít, že s každým rozšířením civilní jaderné techniky mimo 31 zemí, které ji v současné době využívají komerčně, se zvyšují náklady na potlačení dalšího vojenského šíření. Nová konjunktura jaderné energie srovnatelná s boomem sedmdesátých let, na jejímž konci by mělo 50, 60 nebo více států přístup k technologiím štěpení, by byla MAAE, která se již nyní potýká s chronickými finančními potížemi, postavena před neřešitelné problémy související s kontrolou. K tomu se navíc přidává nové nebezpečí terorismu, který se v krajním případě neštítí snad ani odpálení „špinavé bomby“. Detonace konvenční nálože opatřené radioaktivním materiálem civilního původu by si akutně vyžádala nejen mnoho obětí a obrovsky by zvýšila strach a nejistotu v potenciálních cílových zemích teroristů, ale také by učinila místo exploze neobvyatelným.



# Otevřený cyklus: Trhliny na začátku a na konci

Termín jaderného „palivového cyklu“ patří k oněm podivuhodným termínům, který se již po desetiletí prosazuje, ačkoli jsou realitou doslova trvale vyvracovány. Mýtus o nukleárním cyklu pochází z raného snu jaderných techniků. Štěpitelné plutonium vyráběné v komerčních reaktorech by bylo možné oddělovat v přepracovatelských zařízeních a potom v rychlých množivých reaktorech – srovnatelných s perpetuum mobile – vytvářet z neštěpitelného uranu (U-238) stále nové plutonium (Pu-239) pro další množivé elektrárny. Takto by měl vzniknout gigantický průmyslový cyklus s tisíci a více rychlými množivými reaktory na celém světě a s tucty přepracovatelských závodů. Taková zařízení fungují v současné době v civilním, velkopřůmyslovém měřítku pouze ve francouzském La Hague a v britském Sellafieldu. V samotném Německu byl v polovině šedesátých let očekáván na přelomu tisíciletí arsenál množivých reaktorů s celkovou kapacitou výkonu elektrárny 80 000 megawatt. Ale „plutoniová cesta“ jaderné techniky, kterou vědec v oblasti energií Klaus Traube, nejprve sám vedoucí německého projektu množivého reaktoru v dolnorýnském Kalkaru, nazval později „spásnou utopií 50. let“<sup>9</sup>, se stala snad největším fiaskem v dějinách ekonomiky. Předražená, technologicky nevyzrálá, z hlediska bezpečnostní techniky ještě spornější než konvenční jaderné elektrárny, zvláště zranitelná vůči zneužití pro vojenské účely, se technologie množivých reaktorů dosud nikde na světě neprosadila. Jedině Rusko a Francie ještě provozují po jednom množivém reaktoru z raných časů vývoje. Japonsko (jehož demonstrační množivý reaktor v Monju je mimo provoz od závažného požáru natria v roce 1995) a Indie tuto linii oficiálně sledují dále.

Bez naděje na využití „množivé cesty“ se hlavní motiv k oddělení plutonia v přepracovatelských zařízeních (WAA) stal vlastně bezpředmětným. Menší WAA provozují vedle Francie a Velké Británie i Rusko, Japonsko a Indie. Vytvořené plutonium chtějí v podobě takzvaných palivových článků směsného oxidu (MOX) znovu použít v konvenčních lehkovodních reaktorech. Přepracovatelská zařízení produkují, pokud nejsou kvůli technickým problémům vyřazena z provozu, vedle plutonia a uranu především obrovské náklady; navíc vysoce radioaktivní jaderný odpad, který musí být trvale uložen, a radioaktivní kontaminaci okolí, která více než desettisíckrát překonává zatížení životního prostředí provozováním lehkovodního reaktoru. Zařízení na přepracování kromě toho vyžaduje velký počet choulostivých transportů vysoce radioaktivních, částečně také z hlediska vojenského a teroristického zneužití citlivých materiálů. Tímto se také enormně zvyšuje počet možných cílů útoků teroristů.

Protože je stále přepracováván pouze malý podíl vysoce radioaktivního odpadu vytvářeného celosvětově v komerčních elektrárnách a vyhořelé palivové články MOX nejsou zpravidla ani recyklovány, zůstal z jaderného palivového cyklu zachován pouze název. V reálném světě je tento cyklus otevřen. Jaderné elektrárny produkují vedle elektřiny především vysoce, středně a nízko radioaktivní odpady, které jsou navíc často vysoce toxické. Musí být bezpečně uloženy po nepředstavitelně dlouhá časová období, jejichž délka závisí na takzvaných poločasech rozpadu radionuklidů, které jsou velice rozdílné. Izotop plutonia Pu-239 ztrácí svoji poloviční radioaktivitu po 24 110 letech, izotop kobaltu Co-60 po 5,3 dnech.

Po padesáti letech od zahájení civilního využívání jaderné energie neexistuje na světě schválené a k provozu připravené úložiště pro vysoce radioaktivní odpad. Neboli, jaderné letadlo nastartovalo, aniž by někdo přemýšlel o přistávací dráze.

Krátkodobé a středně nebo nízko radioaktivní odpady se v řadě zemí, například ve Francii, v USA, v Japonsku nebo v Jihoafrické republice, skladují blízko povrchu ve speciálních nádobách. Německo připravilo bývalý důl pro dobývání železné rudy – šachtu Konrad v dolnosaském Salzgitteru pro hlubinné trvalé úložiště odpadů z jaderných elektráren nevyvíjejících teplo, ale také z výzkumných reaktorů a z medicínského používání jaderné techniky. Uskladnění jaderného odpadu v dřívějším rudném dole je opět předmětem soudních sporů.

Jak bezstarostně se na počátku přistupovalo k problému jaderného odpadu, dokládá vyjádření již jednou citovaného Carla Friedricha von Weizsäckera z roku 1969. Tehdy fyzik a filozof k odstraňování jaderných odpadů prohlásil: „To vůbec není žádný problém... Dozvěděl jsem se, že veškerý jaderný odpad, který bude ve Spolkové republice existovat v roce 2000, se vejde do jedné bedny ve tvaru krychle o postranní délce 20 metrů. Když se potom dobře zapečetí a uzamkne a strčí do nějakého dolu, potom budeme moci doufat, že se tímto problém vyřeší.“<sup>10</sup> Mezitím zmizely z veřejné debaty tehdy diskutované exotické návrhy úložiště ve vesmíru, v mořské hlubině nebo v antarktickém ledu. Ve vědecké diskuzi kromě toho v současné době panuje jednotna, že uložení v hlubinných geologických formacích a v k tomuto speciálně zřizovaných dolech je nejspíše nejvhodnější cestou jak vyřešit problém trvalého skladování vyhořelého jaderného paliva. Odborníci se ovšem nemohou rozhodnout, zda se pro dlouhodobé uchovávání vysoce radioaktivních a teplo vyvíjejících odpadů nejlépe hodí granit, sůl, jíla nebo jiné hostitelské horniny. Ve všech případech, prohlašují souhlasně, prý existují výhody a nevýhody.

Otázka, zda radioaktivní odpad může být vůbec po statisíce nebo milióny let bezpečně chráněn před biosférou, je otázkou především filozofickou. Vymyká se lidské představivosti. Doba pyramid byla právě před 5000 lety. Odpad však již existuje a protože v otázce bezpečného uložení nemůže existovat absolutní jistota, musí se hledat a nalézt technická možnost, která odpovídá nejnovějším poznatkům vědy a techniky. Vyhybavé reakce v žádném případě situaci neřeší. Takovou je bezpochyby takzvaná transmutace. Její zastánci navrhují štěpit nejnebezpečnější a nejtrvanlivější odpadové látky jaderné techniky v reaktorech k tomuto zvlášť zřízených a tímto způsobem je přeměnit v takové radioizotopy, které září již jen několik staletí. Tuto možnost zvažuje skupina vědců již po desetiletí. Ale sami její zastánci pravděpodobně skutečně nevěří v zásadní snížení nejnebezpečnější pozůstalosti jaderné techniky.

Pro transmutační techniku by se musely nejprve zřídit přepracovatelské závody nového typu, ve kterých by se musel vysoce radioaktivní koktejl izotopů z jaderných elektráren rozložit v komplexním chemickém procesu na jednotlivé prvky značně diferencovaněji než ve stávajících zařízeních. Továrny na plutonium v La Hague a Sellafieldu se proti tomu jeví spíše jako jednoduché chemické laboratoře. Kromě toho by se musel zřídit arzenál reaktorů, ve kterých by odloučené izotopy byly selektivním bombardováním takzvanými rychlými neutrony štěpeny a přeměňovány na méně nebezpečné radionuklidy. I když se technická realizace takových zařízení podaří, nikdo by nemohl a nechtěl takovou jadernou infrastrukturu zaplatit. Nepochybně by byl tento způsob likvidace spojen s většími riziky než trvalé úložiště v pečlivě zvolených hlubinných skladech. Že idea transmutace přesto přežívá především ve Francii a v Japonsku, souvisí také spíše než s realitou s vizemi množivých reaktorů, které ještě nebyly u části „nuclear communities“ těchto zemí „dosněny“.

Země, které využívají jadernou energii začínají pozvolna chápat, že výběr lokality pro konečné úložiště představuje nejen technicko-ekonomický problém. Žádné z národních řízení pro výběr lokality, která byla zahájena většinou již v sedmdesátých letech minulého století, dosud nevedlo k vydání povolení trvalého úložiště. Důvod – příliš dlouho nebyly při výběru stanoviště respektovány odpor veřejnosti, účast veřejnosti v příslušných řízeních a transparentnost celého procesu. Pokus poučit se z těchto chyb vedl v Německu k formulaci několikastupňového výběrového řízení s nepřetržitou účastí veřejnosti. Zda koncept, na kterém se po letech intenzivních debat nakonec v roce 2002 dohodli vědci z tábora příznivců jaderné energie a z tábora protivníků, bude mít šanci na realizaci, je v současné době nejisté. Německá spolková vláda z CDU/CSU a SPD zvolená do úřadu na podzim 2005 zatím otázku, zda se vedle trvalého úložiště připravovaného již od sedmdesátých let minulého století v solném dole Gorleben mají vážně zkoumat alternativní lokality, odsunula. Relativně dále pokročily plány na vybudování trvalého úložiště jaderného odpadu ve Finsku a v USA. Ovšem o gigantickém úložišti v Yucca Mountain v Nevadě se již desetiletí vedou spory. Do značné míry hotové trvalé úložiště ve finském Olkiluoto profituje z vysoké míry akceptování jak místního obyvatelstva tak obyvatel celého regionu. Jaderná elektrárna provozovaná již mnoho let ve stejné lokalitě bez závažnějších událostí a již fungující úložiště pro nízko a středně radioaktivní odpady uklidnily většinu obyvatel.



Údajný palivový cyklus je otevřený ale nejen na svém zadním konci. Již od počátku se projevoval jako velmi problematický také na svém začátku. Těžba uranu pro získávání štěpného materiálu k výrobě bomby a později pro civilní využívání v jaderných elektrárnách si vyžádala především na počátku obrovské oběti. Velká množství radionuklidů, které byly předtím skrytě vázány pod povrchem země, se dostaly do biosféry. Při pokračování nebo dokonce značném rozšíření využívání jaderné energie se pravděpodobně opět znatelně zvýší následné náklady na zdravotnictví a na ekologii.

Hon na nijak zvlášť vzácný těžký kov, který je ale pouze v několika ložiskách k dispozici v koncentraci hodné dobývání, začal brzy po 2. světové válce. Katastrofální účinek svržení amerických atomových bomb nad Japonskem ambice vítězných sil zajistit si přístup ke strategickému zdroji nezbrzdil, ale dále podnítil. Ohledy na zdravotní následky pro pracovníky nebo dokonce na životní prostředí hrály tehdy pouze podřadnou roli. USA vytěžovaly doly v tuzemsku a v sousední Kanadě, Sovětský svaz rozvíjel těžbu uranu v bývalé NDR, v Československu, v Maďarsku a v Bulharsku. Tisíce důlních pracovníků po dlouholeté těžké práci ve špatně větraných, prašných a vysokými koncentracemi radioaktivního plynu radonu zatížených štolách v utrpení zemřely na rakovinu plic. Postiženi byli zvláště horníci východoněmeckého „Wismutu“, kde bylo průběžně zaměstnáváno více než 100 000 lidí. Protože koncentrace uranu se v dolech pohybovala většinou pouze v rozsahu mála desetin procent, vznikala velká množství hlušiny. Otevřená uranová ložiska obsahovala vysoké koncentrace radioaktivního plynu radonu a jiných radionuklidů, které se uvolňovaly při dobývání. Důsledek – těžká radiologická trvalá zatížení nejen horníků samotných, ale také okolí a jeho obyvatel. Chemické postupy extrakce uranu s tekutými činidly, která zatěžují okolí, povrchové vody a podzemní vodu, problémy zostřily.

Situace se nejprve zlepšila boomem civilního jaderného průmyslu, který nastal v sedmdesátých letech. Vlady od té doby nebyly jedinými odběrateli štěpného materiálu. Mohl se rozvinout soukromý trh s uranem, takže vojensko-strategické zvláštní postavení těžby uranu již nemohlo být vyzdvihováno jako důvod pro zvlášť drsné podmínky těžby. Ukončením studené války se poměry ještě jednou zásadně změnily. Vojenská poptávka po uranu se zhroutila. Již nepotřebné zásoby ve skladech v USA a v zemích bývalého Sovětského svazu byly dodány na civilní trh se štěpnými materiály. Kromě toho byly kvůli úspěchům v procesu jaderného odzbrojování brzy k dispozici velké zásoby uranu s vysokým podílem štěpného materiálu z vyražených sovětských a amerických jaderných zbraní. Důsledkem byl a je snad dosud nejrozsáhlejší realizovaný program konverze válečných zbraní do civilního ekonomického cyklu. Vysoce výbušná látka do bomb se ve velkém stylu „ředí“ přírodním nebo takzvaným ochuzeným uranem (uran-238, ze kterého byl předtím extrahován štěpitelný izotop uran-235) a dále se používá jako palivo v konvenčních jaderných elektrárnách. V důsledku této zcela nové situace na trhu s uranem významně klesla na světovém trhu cena uranu pro reaktory. Přežila již pouze ložiska se srovnatelně vysokými koncentracemi uranu. Až do roku 2005 téměř jedna polovina uranu štěpeného celosvětově v jaderných elektrárnách již nepocházela z obohacené „čerstvé“ uranové rudy, nýbrž z válečné pozůstalosti supervelmocí.

Na druhé straně lze předvídat, že vojenské zásoby uranu z doby studené války budou za několik let spotřebovány. Opětovný silný růst cen uranu již začal a ještě zesílí. Vedle znovuotevření uzavřených dolů by se při dalším provozu současných jaderných elektráren nebo dokonce při výstavbě globálního arzenálu reaktorů musela otvírat nová, stále méně výnosnější ložiska. Ta budou produkovat stále méně uranu a stále více pochybné hlušiny s nadprůměrným obsahem radioaktivních izotopů – problém pro zdraví lidí a životní prostředí v dotčených regionech. Kromě toho potřebuje průmysl pro rozšíření kapacit těžby uranu čas, který by v případě rychlé výstavby celosvětové kapacity jaderných elektráren neměl. Protože snahy o exploraci – podobně jako v dobách levné ropy – se také u uranu v důsledku nabídky vojenských přebytků masivně snížily, existuje dnes pouze relativně málo známých ložisek. Kromě toho mezi nálezem ložiska uranu a začátkem těžby uplyne v průměru ještě minimálně deset let.

Blížící se problém v zásobování uranem se zostruje na základě velké nerovnováhy mezi těžebními zeměmi a zeměmi spotřeby. Na celém světě jsou Kanada a Jihoafrická republika jedinými dvěma státy,

kteře využívají jadernou energii k výrobě elektřiny a nejsou odkázány na dovozy uranu. Nejdůležitější národy využívající jádro k výrobě nemají k dispozici téměř žádný vlastní uran (Francie, Japonsko, Německo, Jižní Korea, Velká Británie, Švédsko, Španělsko) nebo mají podstatně méně kapacit než kolik potřebuje trvalý provoz jejich reaktorů (USA, Rusko). Jaderná energie není, s ohledem na zásobování palivem, téměř nikde na světě domácím zdrojem energie. Zvláště Rusko se vystavuje nebezpečí, že již za 15 let sklouzne do vážné krize v zásobování uranem. To je okolnost, která by mohla osvětlit provozovatele jaderných elektráren v EU, kteří od Ruska v současné době odebírají přibližně třetinu svého paliva. Vedle Ruska by se do problémů se zásobováním mohly dostat také Čína a Indie, pokud obě budou budovat svůj arsenál reaktorů tak, jak oznámily.

Budování nových reaktorů diskutované v několika zemích a prosazované mnohými vládami by problémy s palivem zhoršilo. Protože zásoby uranu jsou nedostatečné a z větší části je lze dobývat pouze s vysokými náklady, musí rozhodnutí o vstupu do plutoniového hospodářství velmi brzy následovat určitá strategie výstavby přepracovatelských zařízení a výstavba rychlých množivých reaktorů. Takovýto vývoj by problémy současnosti zosťřil. Nakonec by znásobil množství vysoce radioaktivních odpadů, které je nutno skladovat trvale. Hledání trvalých úložišť by se muselo rozšířit na více lokalit s adekvátně vyšší kapacitou uložení.

## Nukleární ochrana klimatu: Naivní rady

Rozhodující pro nově rozpoutané diskuze v několika průmyslových státech týkající se budoucí role jaderné energie je její potenciál k redukci globálních skleníkových plynů. Jaderné elektrárny při svém provozu vytvářejí pouze málo oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>). Příznivci jaderné energie je proto považují za nepostradatelný stavební kámen k potlačení globálního oteplení klimatu. Skleníkový efekt vzbuzuje naději, že stagnace jaderné energetiky trvající již desetiletí bude muset být nejprve zastavena a nakonec zvrácena. „Energetická agenda, která trvá až za hrob,“ zřejmě přemýšlí Wulf Bernotat, předseda představenstva düsseldorfského koncernu E.on Ruhrgas, „se musí zabývat cílovým konfliktem mezi vystoupením z jádra a drastickou redukcí emisí CO<sub>2</sub>.“<sup>11</sup> Obojí současně nejde. To je pouhá iluze. Ale stejně jako mnoho dalších protagonistů tradičního energetického hospodářství tím pracuje šéf největšího soukromého energetického koncernu na světě na nejdůležitějším argumentu k pokračování nukleární produkce elektřiny. Zní: Ochrana klimatu je bez využívání jaderné energie odsouzena k zániku.

Podle přesvědčení naprosté většiny expertů již není pochyb o realitě efektu klimatických změn. K jeho omezení na míru snesitelnou pro lidstvo a globální ekosystémy to znamená zabránit globálnímu zvýšení teploty o více než dva stupně celsia oproti předprůmyslové době – jsou v následujících desetiletích nevyhnutelná zásadní omezení emisí CO<sub>2</sub>. V průmyslových státech navrhuji odborníci v oblasti klimatu redukce ve výši 80 % do poloviny 21. století. V rozvíjejících se prahových zemích musí být přinejmenším omezen masivní nárůst. Lidnaté země na jihu nesmí při své oprávněné snaze po blahobytu jednoduše kopírovat energeticky intenzivní cestu vývoje průmyslových států severu, která se zakládá na využívání energie z fosilní zdrojů. Nicméně je nutno zodpovědět otázku: Je potenciál jaderné energie k potlačení globálních klimatických změn tak velký a nemá skutečně žádnou alternativu, že je proto nutné přijmout nepopíratelná velká rizika této techniky?

Situace se komplikuje kvůli skutečnosti, že globální klimatický efekt a možnost závažných havárií v jaderných zařizích sice představují velká rizika nejrůznějšího druhu, jejich naplnění by ale měla vždy za následek bezpříkladné a trvalé devastace. Zatímco se oteplování klimatu bez masivní změny kurzu v příštích desetiletích s velkou jistotou zrychlí a způsobí na celém světě různé, převážně ale dramatické změny k horšímu, pravděpodobnost vzniku velké havárie jaderné techniky je jen těžko předvídatelná. Když havárie nastane, má také pustošivé, dlouho trvající a pro dotčenou zemi samotnou sotva zvládnutelné důsledky. Je nutné také počítat s nezanedbatelnými zpětnými dopady na světovou

ekonomiku. To prokázala již katastrofa v Černobyli, která se ovšem udála spíše na okraji ekonomických jaderných oblastí.

Podle statistiků vídeňského atomového úřadu MAAE bylo na konci roku 2005 na celém světě v provozu 443 atomových reaktorů s výkonem téměř 370 000 megawatt. Ale výstavba, především v západních průmyslových zemích, již po desetiletí stagnuje. OECD vychází z toho, že se na této skutečnosti do roku 2030 mnoho nezmění. Počítá s průměrným nárůstem globální kapacity ve výši 600 megawatt za rok. Současně s budováním nových kapacit by musely být vyřazeny z provozu staré reaktory. Ročně by tedy muselo být vybudováno navíc přibližně 4000 až 5000 megawatt, tedy tři až čtyři velké jaderné elektrárny. Protože podle prognóz Mezinárodní energetické agentury IEA (organizace OECD) světová potřeba elektřiny ve stejném období opět silně vzroste, sníží se podíl jaderné energie na světové produkci dokonce z přibližně 17 % v roce 2002 na pouhých 9 % v roce 2030. Odborný časopis Nuclear Engineering International vystavil v červnu 2005 ještě další účet: V té době již 79 reaktorů dodávalo elektřinu do sítí více než 30 let. To je důvod k tomu, že bude prý „prakticky nemožné udržet počet jaderných elektráren v dalších 20 letech na konstantní úrovni“<sup>12</sup>. Aby bylo možné jen stabilizovat daný stav, muselo by se kvůli příslušným vyřazením z provozu v příštích deseti letech naplánovat, vybudovat a zprovoznit 80 nových reaktorů – každých šest týdnů jeden. V dalším desetiletí by muselo být k síti připojeno dokonce 200 reaktorů – každých 18 dnů jeden. Atomová síla jako prostředek proti klimatickému kolapsu se tak v krátké i střední době stává iluzí.

Nicméně, v několika dlouhodobých studiích byly vyvinuty scénáře, ve kterých je redukční potenciál jaderné energie zkoumán za podmínek ambiciózních globálních cílů na ochranu klimatu. Zdesetinásobení produkce jaderné energie do roku 2075 by například znamenalo, že až do poloviny století by bylo každý rok připojeno k síti 35 nových velkých reaktorů. Strategie výstavby, která je v porovnání s předchozím již téměř umírněná, na 1,06 miliónu megawatt (1060 gigawatt) elektrického výkonu do roku 2050, by odpovídala ztrojnásobení výkonu jaderných elektráren oproti danému stavu. Ve srovnání s výstavbou globálního arzenálu uhelných a plynových elektráren by se tak mohlo v roce 2050 ušetřit přibližně pět miliard tun CO<sub>2</sub>. Takovéto úvahy mají společné jedno: Nemají vůbec nic společného s nukleární realitou a zkušenostmi z minulosti.

Svět by musel v roce 2050 ušetřit 25–40 miliard tun CO<sub>2</sub>, pokud vezmeme za základ odhadům prognózy IEA a požadavky vědců v oblasti klimatu z Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Pokud by skutečně na celém světě počínaje současností byly všechny disponibilní prostředky směřovány do rozvoje jaderné energetiky, aby bylo například možné realizovat shora zmíněný scénář ztrojnásobení produkce elektřiny z jádra do roku 2050, mohl by tento způsob výroby elektřiny v polovině století přispět k uvolnění klimatu nejméně 12,5–20 %. To není zanedbatelné, na druhé straně ani to není důvod, aby bylo možné jiné opce, které mohou přispět k utlumení klimatického efektu, označit za zbytečné. Takový úspěch by byl draze vykoupen nejen ekonomicky. Tak by kromě toho:

- vznikl velký počet nových ohnisek vážných havárií po celé zeměkouli;
- byly v rozvojových, prahových a krizových oblastech vytvořeny nové cíle pro válečné a teroristické útoky;
- problémy s trvalými úložišti a nebezpečí nekontrolovaného dalšího šíření jaderných zbraní ve všech světových regionech získaly nový rozměr;
- kvůli omezeným zásobám uranu dnes nejvíce rozšířené lehkovodní reaktory byly již brzy celoplošně vystřídány plutoniovým hospodářstvím s přepracováváním a s rychlými množivými reaktory, které je ještě zranitelnější vůči katastrofálním nehodám a teroristickým nebo válečným zásahům;
- byly vloženy enormní finanční prostředky místo do boje proti chudobě v krizových regionech světa do výstavby jaderné infrastruktury.

O takové strategii by bylo možné eventuelně diskutovat tehdy, pokud by nebyly k dispozici srovnatelně účinné strategie pro utlumení klimatického efektu. Ambiciózních cílů pro utlumení efektu skleníkových plynů je podle realistických odhadů možné dosáhnout bez přispění jaderné energie. Redukce o 40–50 miliard tun oxidu uhličitého (při zredukované potřebě 25–40 miliard tun) je možné do poloviny 21. století, dosáhnout, pokud:

- selepší efektivita energií v budovách;
- průmysl sníží svou energetickou a materiálovou náročnost na standard již dnes disponibilní techniky;
- se adekvátně zvýší energetická účinnost v sektoru dopravy;
- budou lépe čerpány volné kapacity efektivity v energetickém sektoru při výrobě a v aplikaci;
- se při výrobě elektřiny bude využívat více zemní plyn místo uhlí nebo ropných produktů („fuel switch“);
- se v oblasti výroby elektřiny a tepla systematicky uplatní obnovitelné zdroje ze slunce, větru, vody, biomasy a geotermálních zdrojů;
- a konečně bude „clean coal-technologie“ (při které se oxid uhličitý vznikající při spalování uhlí v elektrárnách odlučuje a ukládá) vyvinuta do stadia využitelnosti v praxi a pokud se bude využívat ve velkých technologických celcích.

Z nákladných výzkumů poradní komise Německého spolkového sněmu z roku 2002 vyplynulo, že průmyslová země jako je Německo je schopná snížit emise CO<sub>2</sub> o 80 % do poloviny století pomocí různých strategií a nástrojů. Všechny varianty naznačují, že zvyšování energetické účinnosti v energetice by mělo být doprovázeno masivním budováním zařízení využívajících energii z obnovitelných zdrojů. Naproti tomu komise nenašla žádné opěrné body pro tvrzení, že pro úspěšnou strategii ochrany klimatu by mohly mít rozhodující význam pokračování nebo dokonce rozvoj jaderné energetiky.

Zvyšování podílu jaderné energie na celkové produkci se může pro záchranu klimatu ukázat dokonce jako kontraproduktivní. Pro strategii snížení objemu skleníkových plynů nesporné stavební kameny – energie z obnovitelných zdrojů a energetická účinnost jsou velmi obtížně slučitelné s centrálními jadernými elektrárnami, sloužící ke krytí základního zatížení. „Fluktuující“ obnovitelné zdroje energie vítr a slunce k sobě potřebují od určitého rozsahu jejich využívání elektrárny s flexibilním řízením výkonu, jako například moderní plynové elektrárny, aby bylo možné vyrovnávat kolísání ve výkonu, a elektrickou síť, která odráží proměnlivou geografickou polohu a celkově decentrální strukturu výroby elektřiny.

Vedle toho, že by se rozvoj jaderné energetiky – opravdový boom, nikoliv stagnace na současné úrovni, mohl stát účinným nástrojem v ochraně klimatu, je třeba brát v úvahu velké ekonomické nejistoty. Neboť toto průmyslové odvětví by muselo za několik desetiletí zvládnout přechod od současných lehkovodních reaktorů k množivým reaktorům a přepracovatelským závodům, což se již jednou nepodařilo. Navíc, neexistuje žádná jiná technologie, jejíž provozování se uskutečňuje pod takovým Damoklovým mečem: Jedna jediná závažná havárie nebo teroristický útok by stačily, aby se národně nebo dokonce mezinárodně s konečnou platností zhroutila akceptace této technologie. Velká část reaktorů by pravděpodobně musela být předčasně vyřazena z provozu. Ve svém důsledku brání nekonečný spor o jadernou energii v důležitých průmyslových státech přijetí konzistentní efektivní strategie. Na národní i mezinárodní úrovni by bylo možné a rozumné přijmout politickou strategii, která rovnoměrně minimalizuje obě velká rizika – globální změny klimatu a vznik vážných jaderných havárií. Specifický potenciál rizik jaderné energie činí každou strategii na ochranu klimatu zranitelnější a méně inovativní, než je strategie bez nukleární opce. Konflikt mezi jadernou energií a ochranou klimatu se proto objevil pouze jako záminka zastánců jaderné energie. Je vykonstruovaný. Není nutné volit mezi čertem a ďáblem.



# Levná jaderná energie: Když platí účet stát

Jaderné elektrárny patří jako více či méně důležitá součást zásobování elektřinou k základu ekonomického systému zemí, které ji využívají. Proto tam, kde nehrají roli strategické nebo vojensko-strategické zájmy, rozhoduje o jejich budoucnosti především energetická potřeba země. Za normálních okolností se tak děje na základě střízlivých provozně-ekonomických úvah. Otázka, zda se nukleární produkce elektřiny vyrovná licenci k tištění peněz nebo se stane spíše sudem bez dna, se posuzuje na základě příslušných okolností: Pokud reaktor již dvacet let spolehlivě produkuje elektřinu a existuje důvod k domněnce, že to bude dělat ještě jednou tak dlouho, odpovídá spíše to první. V každém nukleárním podniku je ovšem skryté riziko katastrofy, a tak pokud má platit výše uvedené, je nutné aby nedošlo k vážné havárii. Pokud se musí jaderná elektrárna teprve postavit a má se navíc zahájit provoz nové konstrukční řady, potom se doporučuje dát od takového projektu ruce pryč. Ledaže se podaří převést neodhadnutelné finanční náklady na třetí subjekt.

Pro investory, kteří dnes v tržně-ekonomickém prostředí stojí před rozhodnutím investovat do výstavby energetických zdrojů, ať již do nahrazení stávající kapacity nebo do výstavby nové, nepatří jaderné elektrárny zcela určitě k jejich první volbě. Zkušenosti hovoří za vše: V USA konstruktéři reaktorů nepřijali od roku 1973 žádnou objednávku, která by později nebyla opět anulována. V západní Evropě čekali výrobci reaktorů, kromě Francie, až do roku 2004 celé jedno čtvrtstoletí na zakázku na novou jadernou elektrárnu. Nyní existuje jedna ve finském Olkiluoto. Podle údajů MAAE bylo v roce 2005 na světě rozestavěno 28 jaderných elektráren s celkovou kapacitou přibližně 27 000 megawatt. Téměř jedna polovina těchto záměrů je rozestavěna již 18–30 let. O celé řadě těchto investic se již nikdo nedomnívá, že budou někdy dodávat proud – normálně se něčemu takovému říká stavební ruiny. Zbývající projekty elektráren, s jejichž dokončením se v nejbližších letech bude moci vážně počítat, vzniká většinou ve východní Asii, tedy v prostředí, které není tržní nebo které je tržní pouze velmi podmíněně. Zkrátka – situace týkající se zakázek na nové jaderné elektrárny je zdrcující. Jak dalece je tristní si ještě více uvědomíme, vezmeme-li v úvahu, že na celém světě se již od přelomu tisíciletí zvyšují výrobní kapacity přibližně o 150 000 megawatt instalovaného výkonu elektráren. Jaderná energie na tom měla podíl rovných 2%. V USA byly k síti mezi lety 1999 až 2002 připojeny konvenční elektrárny na fosilní paliva o výkonu 144 000 megawatt. V Číně byl během tří let mezi roky 2002 a 2005 nově zřízen uhelný energetický park s celkovým výkonem 160 000 megawatt. Dokonce větrný průmysl, který se nachází teprve na začátku svého rozvoje přinesl pouze v roce 2005 na celém světě výkon nových elektráren více než 10 000 megawatt.

Tak jako se okrajově jeví role jaderné energie s ohledem na gigantický přírůstek globální kapacity elektráren, tak rozhodně bojují provozovatelé za zachování stávajících reaktorů daleko přesahující původně naplánované životnosti. A to průměrně stáří všech reaktorů provozovaných v roce 2005 dosáhlo 22 let. Tato skutečnost nezabránila bývalému předsedovi představenstva společnosti Siemens Heinrichu von Piererovi v boji ve volbách do spolkového sněmu téhož roku, aby kandidátce na kancléře Angele Merkelové navzdory konsensu o odstoupení Německa od jaderné energie nekladl na srdce doby provozu 60 let. Většina zastánců jaderné energie v Evropě a v Americe se k prodloužení životnosti elektráren staví pozitivně. Pro většinu ze 103 jaderných elektráren v USA jsou podle údajů MAAE adekvátně prodloužené životnosti buď již schváleny, požadovány nebo o ně bude zažádáno. Von Pierer uvedl pro svůj výpad důvody „ekonomického rozumu“. A ty skutečně existují. Dokud se nevyskytnou žádné vážné havárie, dokud nebudou zapotřebí drahé opravy nebo výměna centrálních komponent jako například parních generátorů z důvodů opotřebení nebo koroze, do té doby se může téměř bezkonkurenčně výhodně vyrábět elektřina ve starých, dávno odepsaných reaktorech o výkonu 1000 megawatt. Prodloužení životnosti navíc posune takzvanou „tlustou čáru za využíváním energie z jádra“. Míněno je vyřazení a zbourání velkých reaktorů, které mohou být skutečnou výzvou nejen

z hlediska bezpečnostní techniky, ale i z hlediska financí. Protože běžné provozní palivové náklady jaderných elektráren nejsou tak významné, počítají provozovatelé s dalšími tučnými výnosy. Pokud by reaktory v Německu mohly zůstat připojeny na síť místo ve smlouvě vyjednaných 32 let nakonec 45 let, což odpovídá průměrné životnosti velkých elektráren na fosilní paliva, vyplynul by pro odvětví další zisk ve výši přibližně 30 miliard Euro. Taková čísla vysvětlují diskuzi o prodlužování životnosti podporovanou příznivci jaderných elektráren ve všech zemích. S možnou renesancí jaderné energie toto handrkování nemá ovšem nic společného. Spíše naopak. Požadavky „doby dohry“ dokládají, že provozovatelé jaderných elektráren se z ekonomických důvodů hrozí investic do nových jaderných elektráren. Místo investic do nových nebo jiných než jaderných technologií, žijí podniky z podstaty, bez ohledu na rostoucí náchylnost svých reaktorů k poruchám.

Úpadek konjunktury jaderné energie trvající již po desetiletí není tak v žádném případě zastaven. V USA a v západní Evropě existuje několik nových stavenišť u finského pobřeží Baltského moře. K nim se ještě vrátíme. Současně se v posledních letech hromadí nákladné ekonomické studie, které poukazují na to, že nové jaderné elektrárny mohou konkurovat elektrárnám na fosilní paliva. Mají však jeden nedostatek: Těmto prognózám věří zatím eventuelně autoři a jejich zadavatelé, nikoli potenciální investoři nových elektráren. To je důvod, proč bychom měli pochybovat o skutečných nákladech nové generace jaderných elektráren: Neexistují téměř žádná spolehlivá data o významných nákladech, zvláště o nákladech na výstavbu, nákladech na likvidaci a zbourání jakož i o běžných nákladech na provoz a údržbu. To na jedné straně souvisí s tím, že prakticky všechny zveřejněné odhady analytici hodnotí s vysokou mírou skepse. Neboť tyto číselné řady pocházejí zpravidla od výrobců, kteří chtějí elektrárny prodat, a proto navenek kalkulují spíše příliš nízkou. Nebo pocházejí od vlád, svazů a skupin lobbistů, které neoblíbenou jadernou energii chtějí občankám a občanům učinit atraktivní minimálně prostřednictvím údajně očekávané nízké ceny za elektřinu.

Ale existují také objektivní problémy na druhé straně zájmů: Protože dosud každá nová konstrukční řada reaktorů musela bojovat s dětskými nemocemi a v důsledku toho s dlouho trvajícím odstávkami, což pochopitelně stojí spoustu peněz, potenciální investoři s obrovskou nelibostí podrobně zkoumají optimistické předpovědi výrobců nových reaktorů. „Performanci“ nové elektrárny nelze předpovědět. To platí ještě více pro nové typy reaktorů, které se zakládají na nové, tedy nevyzkoušené technice. Zatímco se u téměř všech jiných technologických vývojech pohybují výrobci po „učebnicové křivce“ relativně plynule a předvídatelně ke stále výhodnějším cenám, začínají výrobci reaktorů půl století po startu komerčního štěpení jádra stále znovu od začátku. V sedmdesátých a osmdesátých letech minulého století proto výrobci reaktorů nabízeli stále větší reaktory, v částečně oprávněné domněnce, že v nich bude elektřina vyráběna levněji než v menší jednotkách. Ale uchýlení se k „economy of scale“ problém nakonec nevyřešilo. Jasný trend k reaktorům stále výhodnějším z hlediska nákladů přetrvává dodnes. Mezitím se situace zkomplikovala tím, že kvůli setrvalé stagnaci na trhu s jadernými elektrárnami existují konstrukční řady elektráren s pokročilými technologiemi pouze jako náčrty nebo jako počítačové animace. Jaderná energie se tak stává vysoce rizikovou technologií nejen z hlediska bezpečnostní, ale také z hlediska financování.

Kapitálové náklady jsou vedle nákladů na výstavbu druhým velkým balíkem při financování jaderné elektrárny. Také tento problém se liberalizací trhů s energiemi v důležitých průmyslových státech vyostřil. Neboť zatímco investoři v dobách velkých, státem zajištěných monopolních struktur mohli vycházet z toho, že jejich kapitál by byl i při špatné performanci reaktoru nakonec vždy refinancován spotřebiteli elektřiny, na liberalizovaném trhu s elektřinou již tomu tak není. Jaderná energie se svými mimořádně vysokými počátečními investicemi a desetiletí trvajícím dobami návratnosti kapitálu se nehodí do prostředí liberalizovaných trhů. V mnoha zemích, ve kterých vysoce efektivní plynové elektrárny v obou minulých dekadách zažily masivní boom jsou skutečně zřizovací náklady na instalovanou kilowatthodinu výrazně nižší. Zařízení jsou většinou vyráběna za „kontrolovaných podmínek“ sériově, protože lhůta mezi zadáním projektu a začátkem provozu je krátká. Navíc, když náklady na



palivo zemní plyn, které činí vyšší podíl na celkových nákladech než palivo uran v jaderných elektrárnách, byly srovnatelné, neměly jaderné elektrárny prakticky žádnou šanci.

Celá řada dalších nepředvídaných okolností činí z jaderných elektráren pro každého investora hru vabank. Lhůty mezi rozhodnutím o investicích a spuštěním komerčního provozu nejsou u žádné jiné technologie elektráren ani přibližně tak dlouhé. Mohou existovat obrovské problémy v plánování, zpoždění při schvalování, protože kompetentní úřady pod dohledem veřejnosti postupují zvláště puntičkářsky. Rozhodnutí o stavbě nejnovějšího britského reaktoru Sizewell B padlo například v roce 1979, komerční provoz byl spuštěn o 16 let později. Když jde do provozu prototyp, není nikdy jisté, zda skutečně přinese předem vypočtený výkon, na kterém ale samozřejmě na konci závisejí příjmy. Ještě důležitější je spolehlivost, se kterou je reaktor po celou svou dobu provozu k dispozici. Na rozdíl od kapitálových nákladů je takzvaná disponibilita přístupná kontrole. Kdy bude jaderná elektrárna v provozu a jak dlouho bude vyřazena z provozu kvůli revizním pracím, kvůli výměně palivových článků nebo v důsledku poruch, je zpravidla známo. Disponibilita se vypočítává ze skutečně vykonaných hodin plného zatížení v porovnání s provozem reaktoru bez jakéhokoli přerušení, uvedeno v procentech. Disponibilita předpokládané výrobci se přitom zvláště u reaktorů první konstrukční řady projevily zpravidla jako příliš vysoké. Pokud reaktor místo předpokládané dostupnosti 90 % dosáhne pouze 60 %, stoupnou náklady o jednu třetinu. K tomu přibudou další náklady na údržbu a opravy. Pouze přibližně dvě procenta všech reaktorů dosahuje dostupnosti ve výši 90 % nebo více, přibližně sto se dostane na více než 80 %.

Také slib provozovatelů v euforických dobách rozkvětu, že jaderné elektrárny jsou v provozu prakticky automaticky, a proto vůči jiným elektrárnám srovnatelného výkonu vykazují příznivější běžné náklady, se projevil jako příliš optimistický. Palivové náklady činí pouze relativně nízký podíl celkových nákladů na provoz. Zvýší se ovšem tehdy, pokud se místo „čerstvých“ palivových článků s oxidem uranu používají palivové články s takzvaným směsným oxidem s určitým podílem oxidu plutonia z přepracování. Naproti tomu jsou provoz a údržba nákladné, protože v porovnání s plynovými elektrárnami vznikají vyšší osobní náklady. V USA bylo na konci osmdesátých let a na počátku devadesátých let minulého století dokonce několik jaderných elektráren vyřazeno z provozu, protože se ukázalo jako výhodnější zřízovat a provozovat nové plynové elektrárny.

V porovnání s jinými technologiemi elektráren vznikají u jaderných elektráren obrovské náklady ještě také několik desetiletí po ukončení provozu. Jsou to náklady na likvidaci radioaktivních odpadů, na kontrolu vyřazených reaktorů, a konečně na zbourání reaktoru. Všechny tyto prostředky musí být získány během provozu a musí být zajištěny pro pozdější využití. Kalkulované náklady na zajištění proti možným haváriím jsou v různých zemích odlišné. Jejich odhad je ztížen zvláště tím, že nefunguje normální oddiskontování po zde očekávaná období. Při diskontní sazbě 15 % není možné vzít v úvahu náklady, které vznikají po 15 letech nebo mnohem později. Protože ale vzniknou v reálném světě našich dětí, je tato skutečnost dalším důvodem nejistoty při financování reaktorů a při určování nákladů na výrobu elektřiny z jádra.

Diskuze o možném znovuoživení konjunktury jaderné energetiky sedmdesátých let minulého století, která byla zahájena v několika zemích, neodpovídá realitě. Na druhé straně chybí diskuze o prodloužení životnosti stávajících reaktorů.

Konkrétní nové projekty jsou absolutní výjimkou. Převážná část elektráren, které jsou v současné době zřizovány, se zakládá na indické, ruské nebo čínské technologii. Vedoucí západní výrobci se stejně jako dříve dívají do zakázkových knih zejíčích prázdnotou. Americký podnik Westinghouse získal za čtvrtstoletí jednu jedinou objednávku reaktoru. Pro Framatome-ANP (ze 66 % ve vlastnictví francouzského atomového koncernu Areva a ze 34 % ve vlastnictví společnosti Siemens) a jeho předcházející podniky je finský reaktor Okiluoto po 15 letech první objednávkou vůbec. Debata o renesanci jaderné energie je tak více než samotnými výrobci reaktorů podněcována politiky a publicisty, kteří věří, že s jadernou energií a při zachování starobylých struktur energetického hospodářství krátkodobě budou

moci lépe dodržet závazky k ochraně klimatu. To má ovšem své důsledky. Neboť čím intenzivněji politika a veřejnost tlačí na znovuoživení nukleární techniky, tím méně křečovitě vyžadují potenciální investoři státní pomoc.

V USA sází Bushova administrativa nejen na prodlužování životnosti stárnoucího arzenálu reaktorů, ale po výskytu problémů v zásobování elektřinou v důležitých státech jako Kalifornie a po mimořádných zhroutilých sítích směřuje rovněž ke stavbě nových reaktorů. Sezóna pustošících hurikánů v roce 2005 podnítila diskuzi o klimatických změnách a vedla k dalšímu oživení debat o rozvoji jaderné energetiky v USA. Zatím ale nebyla podána žádná nová žádost o stavbu. Několik konsorcií se sice snaží o získání kombinované licence ke stavbě a provozu nových reaktorů, ale bez státní podpory, jak neúnavně zdůrazňují, nejde nic. Samotná schvalovací procedura nové konstrukční řady spolkně pravděpodobně přibližně 500 milionů dolarů. Jak drahé budou samotné reaktory, dosud nikdo neví. Podniky preventivně požadují od státu miliardové subvence, které prezident Bush mezitím avizoval. Nový energetický zákon schválený v létě 2005 v Kongresu předpokládá pro jadernou energetiku finanční pomoc ve výši 3,1 miliardy dolarů po dobu deseti let. Tímto má stát mimo jiné převzít odpovědnost za rizika související s možnými zpožděními. Již dříve potenciální investoři vyžadovali od Bushovy administrativy určitý druh „zcela bezstarostného balíku“: Jako podmínku pro svou angažovanost požadovali nezdanitelné financování a následný odběr elektřiny za státem garantované ceny. Kromě toho má stát převzít odpovědnost za riziko vážné havárie a v neposlední řadě vyřešit otázku trvalého úložiště. Ve Francii státní koncern EDF, který byl mezi tím částečně zprivatizován, v roce 2004 po dlouhých průtazích určil jako lokalitu pro pilotní zařízení Evropského tlakovodního reaktoru EPR Flamanville v departmánu Manche. Tendence státu hradit financování jako obvykle ale oproti dřívějším dobám ochabla. Dřívější šéf EDF Francois Rousseley kromě toho oznámil, že v dohledné době nepůjde při stavbě takového reaktoru tolik o elektřinu, ale spíše o to, „aby se zachovala evropská průmyslová kompetence v této oblasti“<sup>13</sup>. Jinými slovy, důvodem stavby pilotního zařízení EPR ve Francii nejsou motivy energetické, nýbrž průmyslově-politické.

Politické motivy hrály podstatnou roli i při rozhodnutí finského parlamentu pro nový reaktor. Hnacím motorem byl již po dvě dekády nepřetržitě rostoucí hlad po elektřině, který Finsku dopřál více než dvojnásobně vysokou spotřebu elektřiny na hlavu oproti průměru EU. Současně sílily politické obavy, že se země dostane v energetické oblasti do příliš velké závislosti na ruském plynu, a obava, že bez intenzivnějšího využívání jaderné energie nebude možné dodržet národní závazek k ochraně klimatu v rámci Kjótského protokolu. Zakázka francouzsko-německému výrobcu reaktorů Framatome-ANP na zřízení pilotního zařízení Evropského tlakovodního reaktoru EPR na finském pobřeží Baltského moře přišla nakonec od poskytovatele elektřiny TVO. Podnik je ze 43 % ve vlastnictví státu. Minimálně od doby oficiálního zahájení stavby v srpnu 2005 je projekt Olkiluoto 3 mezinárodní „nuclear community“ považován za důkaz, že jaderné elektrárny jsou konkurenceschopné i na liberalizovaném trhu s elektřinou. To je ale přinejmenším pochybný závěr, protože je nepravděpodobné, že by měl takový reaktor za zcela normálních konkurenčních podmínek šanci.

Financování bylo umožněno konstrukcí, při které přibližně 60 účastníků, většinou poskytovatelů elektřiny, na oplátku za své podíly poskytlo záruku odebírat elektřinu z této elektrárny za srovnatelně vysoké ceny. Kromě toho se TVO a Framatome-ANP dohodly na fixní ceně za reaktor „zhotovený na klíč“, která má činit 3,2 miliard Euro. Takovéto podoby smlouvy, která je pro kupujícího stejně tak atraktivní jako nezvyklá, bylo možné dosáhnout jen proto, že Framatome-ANP po více než jednom desetiletí vývoje EPR potřeboval rozhodnutí o stavbě doslova a do písmene za každou cenu. Již před zahájením stavebních prací se ukázalo, že konsorcium výrobců Areva/Siemens stanovilo vysloveně troufalý kalkulační rámec, aby bylo možné prototyp reaktoru prosadit před elektrárnami na fosilní paliva a jinými poskytovateli z jaderné oblasti.

Výkon reaktoru EPR byl stále více zvyšován již během vývoje v devadesátých letech minulého století. Pouhá výše výkonu se měla postarat o hospodárnost. Nyní je EPR s projektovaným výkonem ve výši

1750 megawatt (brutto) a se vstupem 1600 megawatt zdaleka nejvýkonnější jadernou elektrárnou na světě – což ostatně značně ztěžuje integraci do většiny elektrických sítí. Soubor dalších prognóz, které učinily reaktor papírově konkurenceschopným vůči jiným, i nejaderným opcím je možné chápat jako obtížně vyplatitelnou směnku do budoucna. Bylo slíbeno: Doba výstavby pouhých 57 měsíců, dostupnost z 90 %, stupeň účinnosti 36 %, technická životnost 60 let, potřeba uranu snižená vůči předchozím reaktorům o 15 %, snížení provozních nákladů a nákladů na údržbu oproti současným reaktorům.

Každé z těchto zadání je mezi odborníky považováno za extrémně optimistické. Ani kýžená doba výstavby ani slíbená dostupnost nebyly pilotními reaktory nikdy předtím dosaženy. Je pravděpodobné, že také toto německo-francouzské společné dílo nebude ušetřeno zpoždění při stavbě, dětských nemocí v raném provozu a neplánovaných odpojení. Přesto mají být náklady na provoz a údržbu po dobu životnosti 60 let nižší než u dnes pracujících standardních reaktorů. Bezpečnostní zařízení, takzvaný „core-catcher“, má učinit EPR bezpečnější, nikoliv však dražší než jeho předchůdce.

Je téměř vyloučené, že je možné všechny tyto sliby do budoucna v Olkiluoto realizovat. I za optimálního dodržování všech zadání je kalkulovaná cena 3,2 miliard Euro považována za příkrášlenou. Měla být původně dosažena až při „sériové výrobě“ přibližně deseti bloků reaktorů. Toho za normálních okolností nelze dosáhnout. V ostatních oblastech hospodářství pro takovou tvorbu cen existuje jasný termín: Dumping.

Pokud by se náklady na výstavbu odchýlily od plánu, stane se obchod kvůli fixní ceně sjednané s finským zákazníkem pro Framatome-ANP velmi rychle ekonomickou noční můrou. Volání po státě pak na sebe nenechá dlouho čekat a to jak v přípravě, tak při zajišťování financí. V souvislosti se zajištěním financování zde hrála velkou roli Bayerische Landesbank se sídlem v Mnichově, kterou z padesáti procent vlastní spolkový stát Bavorsko. V Mnichově má své hlavní sídlo také výrobce reaktorů Siemens. Banka je partnerem mezinárodního konsorcia, které finský EPR podporuje úrokově zvýhodněným úvěrem (informace o úrokové sazbě 2,6 %) ve výši 1,95 miliard Euro. Francouzská vláda matku společnosti Framatome-ANP Areva podpořila garancí za exportní úvěr ve výši 610 milionů Euro – původně rezervovanou pro investice v politicky a ekonomicky nestabilních zemích – prostřednictvím agentury pro exportní úvěry Coface. European Renewable Energies Federation (EREF) kvůli viditelně koncentrované podpoře z několika států obzvláště zainteresovaných na projektu podala u Evropské komise stížnost kvůli porušení evropských pravidel hospodářské soutěže.

Jedna věc je ale jasná: Bez státní podpory by rozhodování o finském reaktoru dopadlo jinak. V tomto případě přichází pomoc ze zemí výrobců a ze země kupujícího. Viditelně je jaderná energie konkurenceschopná pouze tam, kde jsou ve značné míře přidělovány subvence. Nebo ve státech, ve kterých je nukleární technologie více nebo méně součástí státní doktríny, kde tedy náklady hrají podřadnou roli. Všude tam, kde bude v budoucnu ve fungujícím prostředí tržního hospodářství obrácena pozornost na výstavbu nových reaktorů, se musí počítat s tím, že si investoři budou nárokovat státní pomoc – na zajištění proti růstu nákladů při výstavbě, během provozu proti neočekávaně dlouhým dobám vyřazení z provozu, při kolísání palivových nákladů a kvůli jen obtížně kalkulovatelným nákladům na vyřazení z provozu, na bourání a likvidaci. Konečně, státy by měly být připravené zvládnout důsledky závažné havárie s masivním uvolněním radioaktivity. Žádný podnik na světě to nemůže udělat sám. Pojišťovny převezmou v jednotlivých zemích s ohledem na očekávané celkové náklady různou, ale v každém případě spíše směšnou část odpovědnosti za škody.

Tímto zaujímá jaderná technika unikátní pozici. Půl století po jejím komerčním startu zažehnutým miliardovými subvencemi požadují a nakonec obdrží její protagonisté pro nový start státní subvence. Stejně tak, jako kdyby šlo o pobídkové financování pro jejich zavedení na trh. Tento mimořádný přístup je neslýchaným způsobem podporován také a zejména politiky, kteří jinak neustále a hlasitě volají po „více trhu“ v energetice. Jsou to titíž, kteří v mnoha průmyslových státech táhnou do pole

s argumenty z čisté nauky o trhu a vystupují proti skutečně nutné pomoci při zavádění obnovitelných zdrojů energie na trh. Přece ale existuje jeden rozhodující rozdíl: Jaderná energie má svou budoucnost za sebou, obnovitelné zdroje energie ji mají před sebou.

## Závěr: Renesance oznámení

Diskuze o jaderné energetice zažívá v současné době v řadě důležitých států nové oživení, zejména pod vlivem sílících klimatických a energetických krizí. „Renesance jaderné energie“ je předzvěstí budoucího zásadního rozhodnutí. Arzenál jaderných elektráren zřízených po celém světě během první a dosud poslední konjunktury jaderné energie se blíží k hranici své projektované životnosti. V příštích deseti letech a zejména v dekadě následující po nich, se musí nahradit nukleární kapacita jaderných elektráren, která se dle plánu rychle smršťuje. Diskutuje se o nových, nejaderných zdrojích nebo o budoucím rozvoji jaderné energetiky. Nejdůležitější otázkou současnosti pro některé země využívající jádro je, zda chtějí své staré reaktory udržovat u sítě i po původně plánované době životnosti. Tato opce je atraktivní pro energetické podniky, které tak mohou stornovat rozhodnutí o zatěžujících miliardových investicích a mohou profitovat z příznivých provozních nákladů na výrobu elektřiny u odepsaných starých reaktorů.

Prodlužování životnosti nadměrně zvyšuje rizika katastrofy. Žádný manažer pochopitelně nepočítá s tím, že by mohlo zrovna v jeho podniku dojít k vážné havárii a zřejmě si ani neuvědomuje tíhu odpovědnosti. Pokud budou všechny nebo většina jaderných elektráren provozovány déle, značně vzrůstá celkové riziko. A to je v rozporu se zájmem veřejnosti.

Budoucí rozhodnutí o otázce, jakým způsobem bude zajištěno globální zásobování energií ve světě vyznačujícím se růstem obyvatelstva a extrémními rozdíly mezi světem blahobytu a chudoby, daleko převyšuje otázku budoucí manipulace s jadernou energií. Odpovědnost mají všechny rozvinuté průmyslové země a mnoho prahových zemí, které jadernou energii dosud vůbec nevyužívají nebo ji nevyužívají ve významném rozsahu. Již nyní je jisté, že nový systém se již nebude výlučně a bezpečy ani přednostně zakládat na velkých elektrárenských jednotkách. Riziková technologie z poloviny minulého století nemůže pomýšlet na to, že by v budoucnu našla uplatnění.

Dodnes neexistuje žádná renesance jaderné energie. To, co existuje, je renesance oznámení o jaderné energii. Na pozadí dvacátého výročí havárie v Černobylu existuje také renesance konfliktů souvisejících s tímto způsobem získávání energie a pro mnohé renesance nadějí. Existuje znovuoživení politicko-společenské diskuze v řadě států důležitých pro budoucnost jaderné energie. Její výsledek je nejistý. Projekt elektrárny ve Finsku nic nedokazuje. Dosud zahájená výstavba nových reaktorů ve světě ani nestačí, k tomu, aby byl udržen konstantní příspěvek jaderné energie do globální produkce elektřiny v absolutním měřítku, natož v relativním. Nové projekty jaderných elektráren dosud existují jen tam, kde je tato forma výroby elektřiny částí státní doktríny, nebo tam, kde jsou státní místa ochotna přispívat na zajišťování bezpečnostně-technických a finančně-technických rizik. Pro toho, kdo chce dnes postavit novou jadernou elektrárnu nebo – jako v USA – kdo je k tomu nabádán politikou, je pomoc státu téměř stejně nepostradatelná jako v dobách průkopníků jaderné energie v šedesátých letech 20. století.

Zní to paradoxně: Zavedení jaderné energie na trh se svého času podařilo proto, že neexistoval trh s elektřinou, který by byl nehospodárný. Protože poskytování elektřiny bylo v té době na jedné straně kvůli monopolu sítě považováno za „přirozený monopol“ a na druhé straně patřilo k veřejné péči o člověka, nesly jej státní nebo státu blízké, v každém případě ale monopolní podniky. Vždyť ve většině průmyslových zemích to byl také stát, který na počátku z otevřeně nebo skrytě vojenských, později ze smíšených nebo výlučně průmyslově-politických motivů při zavádění jaderné energie určoval takt.



Veřejný sektor převzal obrovské náklady na výzkum, vývoj a zavedení nové technologie na trh buď přímo sám, nebo svým vlivem na tvorbu ceny za elektřinu zajistil přesun elektřiny ke spotřebiteli. Na liberalizovaném trhu s elektřinou není výstavba nových jaderných elektráren pro podniky dodnes atraktivní.<sup>14</sup> Existují výhodnější opce, s přibližně srovnatelnými ekonomickými riziky. Proto se v tržně-hospodářském prostředí nestaví žádné nové jaderné elektrárny ani tehdy, když se zvyšuje energetická potřeba a plánují se nové kapacity, ledaže veřejný sektor opět, jako při zavádění jaderné energie, převzme velkou část rizik. To je finská cesta. Proto ji také nelze zevšeobecnit, protože na fungujícím trhu výrobců jaderné energie konkurenti z jiných odvětví nadále nečinně nestrpí jednostrannou státní podporu padesát let staré technologie. Finský projekt je mimořádný ještě v jednom ohledu – výrobce reaktorů Framatome-ANP téměř dvacet let po spuštění vývoje Evropského tlakovodního reaktoru EPR konečně ukazuje jeden demonstrační reaktor, u kterého navíc mateřské společnosti Areva a Siemens viditelně nejsou ochotny převzít zodpovědnost za finanční rizika. Připomeňme, že v roce 1992 společnosti Siemens a Framatome společný projekt velkohubě vychvalovaly jako „německo-francouzskou jadernou elektrárnu pro Evropu a světový trh“, která má nejprve dobýt „domácí trhy“ na obou stranách Rýna a poté „třetí země“. U obou pilotních reaktorů se mělo se stavbou začít do roku 1998. A již v roce 1990 německý Wirtschaftswoche pod titulkem „Nukleární renesance“ oznamoval konec úpadku jaderné energetiky.

Nestranné nové hodnocení všech aspektů jaderné energie vede také dnes, na počátku 21. století, k jednoznačnému závěru. Je v podstatě stejný jako před 30 lety. Rizika katastrofy, která z jaderné energie tehdy učinila nejspornější formu výroby elektřiny, nezmizela. Nová teroristická nebezpečí kategoricky vylučují rozšiřování této technologie do nejistých regionů světa. Globální výstavba nukleární produkce elektřiny by ještě rychleji než zachování daného stavu vedla ke snížení zásob uranu, případně by si vynutila celoplošný přechod na množivou technologii. Tato nová technologická orientace by musela být doprovázena takzvanou plutoniovou cestou. Zvýšilo by se riziko havárií s katastrofickými následky, teroristických útoků a šíření jaderných zbraní. V minulosti se také téměř všechny státy po prvních neúspěších množivé cesty vzdaly. Ani otázka množivých reaktorů neřeší trvalé uložení vyhořelého jaderného paliva. Řešení ale musíme najít, protože odpady jsou již na světě. Stejně nebudeme moci nikdy říci, že jsme problém odpadů vyřešili absolutně. Pouhá tato skutečnost by měla být dostatečným důvodem k tomu, aby se tento problém lidstva nevyostřoval dalším zvětšováním objemu odpadů.

Jaderná energie nemůže také vyřešit problém klimatu. I ztrojnásobení globální nukleární kapacity do poloviny 21. století by znamenalo pouze skromný příspěvek k ulehčení klimatu. Kvůli mnohonásobnému zvýšení rizika, nedostatku průmyslových kapacit a obrovským nákladům by bylo toto řešení nerealistické a nezodpovědné.

Jako mnohem pravděpodobnější scénář, zejména s ohledem na stáří současných reaktorů, se jeví prudký pokles globálního výkonu reaktorů v následujících desetiletích. Z mnoha prognóz vyplývá, že globální energetická strategie, která sází především na více efektivnosti v energetickém hospodářství, v průmyslu, v sektoru dopravy a při poskytování tepla a která důsledně rozvíjí obnovitelné energie, je schopna dodržet požadavky expertů v oblasti klimatu na snížení emisí CO<sub>2</sub> i bez příklonu k jaderné energii. S tímto spojená výzva je zcela nová a vyžaduje si takovou celosvětovou klimatickou politiku, do níž budou zapojeny všechny státy, které se podstatnou měrou podílejí na emisích skleníkových plynů. Zdůrazňovaný konflikt „ochrana klimatu versus výstup z jádra“ je chimérou vytvořenou jaderného průmyslu.

Je zřejmé, že bez masivních státních intervencí nebude v dohledné době existovat žádná renesance jaderné energie. To ovšem neznamená, že je vyloučena. Neboť více než elektroenergetické hospodářství, které chce dále využívat především staré, odepsané investice, je to politika, která pod vlivem rychle rostoucích cen energií a v očekávání tvrdých závazků k ochraně klimatu vnáší do hry jadernou energii. Oba prvky již léta živí debatu v USA, byly iniciátorem pro novou výstavbu reaktoru ve Finsku, pro ofenzívu ke zvrácení dohody o výstupu z jaderné energetiky v Německu a nově pro diskusi o výstavbě nových reaktorů ve Velké Británii. Politici se přiklánějí k tomu, dále pracovat ve stejných strukturách a s akéry, které znají. Mnozí z nich se proto nebudou ostýchat, aby více než polovinu století po startu komerční produkce

elektriny z jádra ještě jednou poskytlí dotace na zavádění jaderné energie na trh – jako kdyby to bylo to nejpřirozenější na světě. Navíc budou znovu probíhat diskuze o výstavbě nových jaderných elektráren.

Nové reaktory skleníkový efekt neutlumí důsledně, ani nemohou trvale utlumit ceny energií. Místo toho budou dále zostřovat rizika katastrof a účinné strategie budou odsunuty na vedlejší kolej. Jinými slovy: Jako za vrcholných časů rané diskuze o jaderné energii v sedmdesátých a osmdesátých letech 20. století budou mít odpůrci jaderné energie lepší argumenty na své straně.

## Literatura

- Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“ des 14. Deutschen Bundestages (2002): Bericht der Enquete-Kommission. Bundestags-Drucksache 14/9400
- ESA 2005. Euratom Supply Agency. Annual Report 2004  
<http://europa.eu.int/comm/euratom/ar/ar2004.pdf>
- Diehl, Peter (1995): Uranium Mining in Europe – The Impacts on Man and Environment. WISE News Communiqué 439/440 (September, Sonderedition)
- IAEA – International Atomic Energy Agency (2001): Analysis of Uranium Supply to 2050. Wien: STI/PUB/1104, [http://www.pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1104\\_scr.pdf](http://www.pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1104_scr.pdf)
- IEA – International Energy Agency (2001): Nuclear Power in the OECD. Vienna.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2000): Special Report Emissions Scenarios. Cambridge.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2005): IPCC Special Report on Carbon dioxide Capture and Storage. Cambridge.
- Hahn, L. (1999): Kernkraftwerke der Welt – Bestand, Funktionsweise, Sicherheitsprobleme; in: Gefahren der Atomkraft. Ministerium für Finanzen und Energie des Landes Schleswig-Holstein, 2. aktualisierte Auflage, Kiel.
- Hirsch, H., O. Becker, M. Scheider, and A. Froggatt (2005): Nuclear Reactor Hazards, Ongoing Dangers of Operating Nuclear Technology in the 21st Century. Greenpeace International.
- Koch, Egmont R. (2005): Atomwaffen für Al Qaida. Berlin.
- Krause, Joachim (1998): Strukturwandel der Nichtverbreitungspolitik. München.
- Lovins, A. B. (2005): Nuclear power: economics and climate-protection potential. Rocky Mountain Institute ([www.rmi.org/sitepages/pid171.php@E05-08](http://www.rmi.org/sitepages/pid171.php@E05-08))
- Münkler, H. (2003): Die neuen Kriege. Frankfurt/Main, Wien und Zürich.
- Pehnt, M., M. Cames et al. (2005): Micro Cogeneration. Towards decentralized energy systems. Berlin/Heidelberg.
- Schneider, M., and A. Froggatt (2004). The World Nuclear Industry Status Report 2004. Commissioned by the Greens-EFA Group in the European Parliament (December). Brussels.
- Shell (2002): Energy Needs, Choices and Possibilities Scenarios to 2050. Scenarios to 2050. Shell International.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2000): Strategies for Managing Global Environmental Risks. Berlin/Heidelberg.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2003): Climate Protection Strategies for the 21st Century: Kyoto and beyond. Special Report. Berlin.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2004): Towards Sustainable Energy Systems. London: Earthscan.



## Poznámky

- 1) Citováno podle Petera Millera: *Our Electric Future – A Comeback for Nuclear Power*, National Geographic, srpen 1991, str. 60 a násl.
- 2) Černobyl v Německu? V: Spiegel 20/1986; str. 35/36
- 3) Tolik bývalý prezident EDF Francois Roussely dne 23. listopadu 2003 před výborem pro hospodářství a životní prostředí francouzského národního shromáždění; citováno podle Mycle Schneidera.
- 4) Frankfurter Rundschau: 12. srpna 2005, str.11
- 5) Berliner Zeitung: 9. srpna 2005, str. 6
- 6) Nucleonics Week: 6. srpna 2003
- 7) Tamtéž
- 8) V: Klaus Michael Meyer-Abich/Bertram Schefold: *Hranice atomového hospodářství*, Mnichov 1986, str.14/16
- 9) Klaus Traube: *Plutonium-Wirtschaft?* Hamburg 1984, str. 12
- 10) Citováno podle B. Fischera, L. Hahna aj.: *Der Atommüll-Report*, Hamburg 1989, str. 77
- 11) Berliner Zeitung, 3. prosince 2005
- 12) Nuclear Engineering International, červen 2005
- 13) Francois Roussely, na uvedeném místě
- 14) Adolf Hüttl: *Německo-francouzská jaderná elektrárna pro Evropu a světový trh, Přednáška na zimmím zasedání Deutsche Atomforum, Bonn 1992, rukopis.*

## Nadace Heinricha Bölla

Nadace Heinricha Bölla, která je blízka německé Straně zelených, s hlavním sídlem na Hackesche Höfe v srdci Berlína, je samostatným právním politickým subjektem, který pracuje v duchu intelektuální otevřenosti. Prvotním cílem této nadace je podporovat politické vzdělávání a osvětu jak v Německu, tak i v zahraničí, a tak podporovat zapojení veřejnosti do demokratického rozhodování, sociálně-politickou aktivitu a vzájemné pochopení mezi kulturami.

Nadace rovněž poskytuje podporu umění a kultuře, vědě a výzkumu a rozvojové spolupráci. Při své činnosti se řídí základními politickými hodnotami jako jsou ekologie, demokracie, solidarita a nenásilí. Díky její mezinárodní spolupráci s velkým počtem partnerů – v současnosti je počet projektů asi 100 v téměř 60 státech – se nadace soustřeďuje na posílení ekologického a občanského aktivizmu na celosvětové úrovni. To umožňuje výměnu nápadů a zkušeností a prohlubování naší vnímavosti a ostražitosti vůči změnám.

Spolupráce Nadace Heinricha Bölla na programech sociálně-politického vzdělávání a osvěty v zahraničí probíhá dlouhodobě formou projektů. Dalšími významnými nástroji mezinárodní spolupráce jsou výměnné pobyty, které zdokonalují výměnu zkušeností a vytváření politických sítí, jakož i základní a pokročilé školící programy pro angažované. Nadace Heinricha Bölla má okolo 180 zaměstnanců na plný úvazek a přibližně 320 podporujících členů, kteří poskytují pomoc jak finanční, tak i nemateriální povahy. Ralf Fücks a Barbara Unmüßig tvoří současnou správní radu Nadace Heinricha Bölla. Generální ředitelkou je Dr. Birgit Laubach. Další dva orgány, které se podílejí na vzdělávací a osvětové práci Nadace Heinricha Bölla, jsou: „Zelená akademie“ a „Feministický ústav“.

Nadace v současnosti provozuje zahraniční kanceláře a kanceláře projektů v USA, na arabském Středním východě, v Afghánistánu, Bosně a Hercegovině, Brazílii, Kambodži, Chorvatsku, České republice, El Salvadoru, Gruzii, Indii, Izraeli, Keni, Libanonu, Mexiku, Nigerii, Pákistánu, Polsku, Rusku, Jižní Africe, Srbsku, Thajsku, Turecku a u úřadu EU v Bruselu.

Pro rok 2005 měla Nadace Heinrich Bölla k dispozici téměř 36 milionů € z veřejných fondů.

*Heinrich Böll Stiftung – kancelář v Praze, Spálená 23 zadní trakt – vchod Spálená 21, 110 00, Praha 1, Česká republika  
tel.: 251 814 173, fax: 251 814 174, e-mail: info@boell.cz*

*Heinrich Böll Foundation, Rosenthaler Str. 40/41, 10178 Berlin, Germany  
tel.: +49 30.28534.0, fax: +49 30.28534.109, e-mail: info@boell.de, Internet: www.boell.de/nuclear*

## Jaderná energie: Mýtus a skutečnost

Tématická řada šesti publikací k tématu jaderné energetiky, kterou vydává Nadace Heinricha Bölla, je příspěvkem do debaty o budoucnosti tohoto odvětví. Její vydání připadá na dvacáté výročí černobylské katastrofy. Publikace podávají aktuální přehled o situaci jaderného sektoru a vývoji diskuse o jeho budoucnosti v různých částech světa. Jejich cílem je poskytnout kvalitní informace politikům, úředníkům, novinářům, pracovníkům nevládních organizací i široké veřejnosti.

Nuclear Issues Paper Series

Editor: Felix Christian Matthes

Nuclear Power: Myth and Reality. By G. Rosenkranz

Nuclear Reactor Hazards. Nuclear Issues Paper Series

Editor: Felix Christian Matthes

Nuclear Power: Myth and Reality. By G. Rosenkranz

Nuclear Reactor Hazards. By A. Froggatt

The Nuclear Fuel Cycle. By J. Kreusch, W. Neumann, D. Appel, P. Diehl

Nuclear Energy and Proliferation. By O. Nassauer

The Economics of Nuclear Power. By S. Thomas

Nuclear Energy and Climate Change. By F. Ch. Matthes

Vydáno ve spolupráci s  wise

NUCLEAR ISSUES PAPERS AT THE [www.boell.de/nuclear](http://www.boell.de/nuclear)

---

České vydání vzniklo ve spolupráci se sdružením Jihočeské matky, Calla a Hnutím DUHA za finanční podpory Nadace Partnerství.