

Energetická abeceda pro začátečníky

Zdeněk Bochníček, Přírodovědecká fakulta MU v Brně

Jsem rozhodným zastáncem jaderné energetiky. Přesto, že z lidského hlediska se mohou snažit pochopit obavy, které tato technologie budí, stěží v nich nacházím racionální jádro. Pokusím se vyložit proč.

Je pravda, že lidé velmi odlišně vnímají riziko, a těžko na tom něco změníme. Proč taky. Na druhé straně soudný člověk, i když je na riziko velmi citlivý, by se měl nejvíce obávat těch nejvíce nebezpečných věcí. Jinak je jeho strach iracionální a těžko může být argumentem ve věcné diskusi. A tak vidím značnou dávku nerozumu v argumentaci těch, kteří zdůrazňují jedno riziko, aniž by uvažili i rizika jiná.

S rozvojem civilizace se výrazně změnilo spektrum rizik, která nás ohrožují. Nemusíme se bát divoké zvěře, dnes dobře léčitelných a tedy banálních chorob. Těžko na nás s příchodem zimy padá nejistota zda ji přežijeme či nikoliv. Ale pohodlí, relativní bezpečí, rozvinutá lékařská péče a prodloužení života není zadarmo. Za luxus rychlé a komfortní dopravy platíme mrtvými na silnicích (cca 1400 obětí v ČR za jeden rok) a znečištěním životního prostředí. Kdybychom snížili maximální povolenou rychlost v obci na 30km/h a na dálnicích na 70km/h, jistě by počet obětí významně klesl současně s poklesem emisí (při vhodné konstrukci vozidel přizpůsobené této maximální rychlosti). Proč to neuděláme? Asi toto riziko akceptujeme. Stojí nám to za to.

Hlavním zdrojem energie lidstva je spalování fosilních paliv (uvádí se až 90%). Toto však může vést ke globální katastrofě (skleníkový efekt), vyčerpání zdrojů surovin pro chemický průmysl a v každém případě způsobí našim potomkům nemalé problémy. Myslím, že nejdůležitější ekologický úkol pro člověka je maximální omezení spalování fosilních paliv. Jaké jsou však jiné možnosti?

Lze, myslím, velice lehce dokázat, že tzv. alternativní zdroje nejsou s to nahradit spalování fosilních paliv. Zkusíme to.

Slunce. Množství energie dopadající ze Slunce na povrch Země je gigantické. Není však snadné je využít k výrobě elektřiny. Jedinou reálnou možností je fotovoltaický jev. Velmi dobře rozumím tomu, má-li někdo fotovoltaiku jako své hobby. Pokud si při tom ale myslí, že maličkým kousíčkem přispívá k ochraně přírody, velice se mýlí. Výroba slunečních panelů není k přírodě tolerantní a 7 let solární článek pouze splácí dluh energie, která byla spotřebována při jeho výrobě. Pokud takový nadšenec použije pro skladování energie olovené akumulátory, škodí pravděpodobně přírodě více než ten, který umývá auto v horské říčce. Pro názornou představu. Pokud bychom chtěli nahradit roční produkci 1000MW bloku elektrárny, museli bychom v České republice pokrýt 60 km² plochy fotovoltaickými články. Lze odhadnout, že by k tomu bylo nutné asi 100 000 tun křemíku (a řádově více oceli nebo jiného konstrukčního materiálu). Odhadneme-li dobu výstavby na 10 let, museli bychom mít továrnu (v podstatě chemičku) s roční produkcí 10 000 tun křemíku. I kdyby tato továrna pracovala neustále, přesto by díky omezené životnosti článků po cca 20 - 30 letech pouze obnovovala staré panely a výkon elektrické energie ze slunečních panelů by pravděpodobně nepřesáhl 2000 - 3000 MW (středováno za celý rok). Přitom asi čtvrtina energie vyrobené solárními panely by byla spotřebována jen touto jedinou továrnou.

Je naivní se domnívat, že bychom takto vyráběli elektřinu bezpečně a ekologicky čistě. Polovodičový průmysl pracuje s velmi toxickými a nebezpečnými látkami. Představu o tom, jak obrovskou továrnu bychom museli provozovat, dá následující srovnání: Všichni

současní světoví výrobci křemíkových desek dohromady by potřebovali na výrobu 60 km² slunečních panelů dobu více než dvacet let. Je tedy zřejmé, že velkovýroba elektrické energie ze slunečního záření je nepřijatelná, nejen z ekonomických, ale hlavně z ekologických důvodů.

Vítr. Jednoduchým výpočtem zjistíme, že za ideálních podmínek a při rychlosti větru 5m/s má větrná elektrárna s průměrem rotoru 50m výkon 60 kW. Kdybychom chtěli takto nahradit jen jeden 1000MW blok, museli bychom postavit 17 000 větrných elektráren této velikosti. Při rozmístění do čtvercové sítě na území České republiky by hrana čtverce byla asi 2 km. Ekologové by byli první, kdo by protestoval. A měli by moji podporu.

Voda. To jsou v myslích ekologů zejména malé vodní elektrárny. Jejich potenciál je však velmi závislý na přírodních podmínkách a u nás je téměř zanedbatelný – asi 200 MW trvalého výkonu (2% potřeby státu). Kdo tomuto číslu nevěří, může si to odhadnout sám z průtoku řek vytékajících z našeho území a střední nadmořské výšky České republiky.

Biomasa. Energetický potenciál biomasy v České republice je poměrně velký. Je přibližně roven polovině naší spotřeby elektrické energie. To ovšem neznamená, že je možné z biomasy tuto polovinu vyrobit. Díky omezené účinnosti parních turbin bychom uspokojili asi šestinu našich potřeb elektrické energie. Potenciál biomasy je však spíše v produkci tepla, kde je schopen pokrýt asi pětinu spotřeby. Spalování biomasy je neutrální vzhledem k emisi CO₂ a lze jej lehce přizpůsobit okamžité potřebě. Je nerozumné, že zatím se biomasa u nás podílí na výrobě tepla jen zanedbatelným dílem. Je jednodušší a bohužel stále ještě levnější otočit termostatem u plynového kotle a o nic jiného se nestarat.

Všechny alternativní zdroje využívají energie, která je velmi málo koncentrována. Musíme ji tedy muset sbírat z velkého objemu nebo plochy. Lze těžko očekávat, že rozvoj technologie na tomto principiálním omezení něco změní. Vždy bude třeba vyrobit alternativní elektrárny obrovských rozměrů nebo množství a to nebude laciné finančně ani ekologicky. Navíc tok energie z většiny alternativních zdrojů je velmi nerovnoměrný a lidstvo dosud nevyřešilo problém relativně bezpečného a čistého skladování energie. Jen z tohoto důvodu je nasazení alternativních zdrojů ve větším měřítku zatím zcela nepřijatelné.

Skutečně není a dlouho nebude jiná náhrada za klasické tepelné elektrárny než elektrárny jaderné. To je zcela zřejmé a lze to dokázat na základě několika všeobecně dostupných údajů a středoškolské fyziky. Ten, kdo přesto hledá v alternativních zdrojích argumenty proti jaderným elektrárnám buď neví, o čem mluví, a nebo spoléhá na to, že to neví ti, jež chce oslovit.

Úspory. Zcela souhlasím s tím, že energií je třeba šetřit a jedním z důvodů, proč to lidé nedělají, je její nízká cena. Je třeba, aby cena energie odrážela nejen výrobní náklady, ale v případě fosilních paliv i fakt, že se nenávratně spotřebovává přírodní bohatství Země a zvyšuje riziko celoplanetární katastrofy. Pokud bychom skutečně takto počítali cenu energie z fosilních zdrojů, těžko by elektrárny spalující uhlí, plyn nebo ropu mohly cenově konkurovat elektrárnám jaderným. I energie biomasy by se stala konkurenceschopnou. Problém je však ještě jinde. Jen menší část fosilních paliv spotřebováváme na výrobu elektřiny. Srovnatelné množství spalujeme v automobilech a asi dvojnásobek při vytápění budov a ohřevu teplé vody. Zde by mohly nefosilní (jaderné) zdroje sehrát významnou roli. Jestli to myslíme s omezením spalování fosilních paliv skutečně vážně, jsou i tři Temelíny málo. I když budeme šetřit a rozumně využívat obnovitelných zdrojů ze všech sil.

Technicky je velmi snadné topit a ohřívat vodu elektřinou, je to i velmi komfortní pro uživatele. Vytápění a ohřev vody má obrovský potenciál akumulace energie v době mimo energetické špičky, který je bezpečný a zcela ekologický. V zimních měsících by bylo možné jen v domácnostech "uschovat" produkci všech našich současných elektráren za celou noc. Takto by bylo možné pomoci překonat hlavní problém velkých jaderných elektráren – stabilizace rozvodné soustavy při konstantním zdroji energie a nerovnoměrném odběru. Lze také očekávat, že se v budoucnosti podaří vyřešit problém "skladování" energie, například elektrolytickým rozkladem vody na vodík a kyslík s následným spalováním vodíku v palivových článcích nebo spalovacích motorech. Pak by okamžité přebytky elektrické energie mohly být využity k výrobě vodíku, který by se stal palivem v dopravních prostředcích. Jakmile se vodíková energetika začne rozvíjet, bude elektrické energie velmi zapotřebí. Šetřit energií určitě ano, ale současně zvyšovat podíl energie vyrobené z nefosilních zdrojů na celkové spotřebě lidstva.

Je třeba, abychom si co nejdříve uvědomili, jaké bohatství je uloženo ve fosilních zdrojích a jaké nebezpečí může vyplynout z jejich spalování. "Ekologická daň" uvalená na fosilní paliva by mohla být využita na vývoj technologií zpracování jaderného odpadu, zateplení budov, čističky odpadních vod a využití alternativních zdrojů všude tam, kde je to ekonomicky a ekologicky únosné (například ohřev vody ve slunečních kolektorech nebo spalování biomasy).

Je mi jasné, že výše prezentované úvahy jsou zatím jen utopické vize. Ale každý krůček tímto směrem považuji za správný. Stavba jaderné elektrárny, zateplování domů, montáž slunečních kolektorů pro ohřev vody jsou takovými krůčky.

Jaderný odpad. Existence nebezpečného jaderného odpadu je pravděpodobně nejsilnějším argumentem odpůrců jaderné energetiky a často můžeme slyšet prohlášení jako "Dosud nebyl vyřešen problém jaderného odpadu" nebo "Nesmíme zanechat potomkům starost o jaderný odpad".

První větu je v jisté interpretaci možné považovat za pravdivou, ovšem ti, kteří ji vyslovují, podbízejí interpretaci jinou. Máme technicky připravenou alespoň jednu metodu na likvidaci vyhořelého jaderného paliva – trvalé uložení. To, že s jedinou výjimkou zatím trvalá úložiště nebudujeme, má dva důvody: vyhořelé palivo je třeba několik let chladit a dočasně se proto ukládá do vodních bazénů v blízkosti reaktoru. Později se přemísťují do meziskladů, nejčastěji přímo v areálu jaderné elektrárny, kde setrvávají 40 až 50 let. Druhým důvodem je fakt, že vyhořelé jaderné palivo je cennou surovinou. V dnešních reaktorech jsme schopni využít jen 5% energie. Není škoda vyhořelé palivo izolovat od biosféry a nedát našim potomkům šanci je využít? V současnosti se vyvíjí metoda transmutace jaderného odpadu, která by problém s jeho likvidací definitivně vyřešila. Transmutace je metoda, při které se produkty štěpení s dlouhým poločasem rozpadu mění na jiné prvky s poločasem rozpadu mnohem kratším. Tyto produkty pak již není nutné izolovat po velmi dlouhou dobu od živé přírody. Zařízení navíc produkuje energii podobně jako atomový reaktor a může tedy při své činnosti vyrábět elektrický proud. Je pravděpodobné, že bude možné "spalovat" také v přírodě hojnější uran U^{238} a zejména thorium, jehož jsou na světě obrovská ložiska. Zásoby těchto prvků by stačily pokrýt energetické potřeby lidstva na desetitisíce let. Zda-li uspějeme, bude určeno hlavně tím, s jakou rozhodností se tímto směrem vydáme. Nemyslím, že by lidstvo bylo v otázce likvidace jaderného odpadu bezradné. Spíše vyčkává, protože již dnes proveditelné trvalé uložení nemusí být tím nejvýhodnějším řešením.

Větu druhou není možné nazvat jinak než pokrytectví. Znamená to snad, že nebýt jaderných odpadů, zanecháme našim potomkům neposkvřenou rajskou zahradu? To určitě ne. Civilizace navždy a nevratně změnila tvář Země a v každém případě odkazuje svým potomkům nemalé starosti, mnohem vážnější než ty, které mohou způsobit pečlivě uložené

jaderné odpady. Jaderné odpady nediskvalifikují jadernou energetiku. Naopak, jsou argumentem pro její podporu. Mají totiž jednu obrovskou výhodu: jsou vysoce koncentrované, stotisíckrát více, než odpady z klasických tepelných elektráren (asi 2 m³ z celoročního provozu 1000 MW bloku jaderné elektrárny) a to nám dává možnost se o ně zodpovědně a kvalifikovaně postarat. Jistě, jaderné odpady jsou velmi nebezpečné; stěží můžeme požadovat, aby nám z produkce tak obrovského množství energie zůstala jen hromádka zcela neškodného kamení. Něco za něco.

Neměl bych nejmenší výčitky zanechat zde potomkům několik co nejlépe zabezpečených úložišť jaderného odpadu (byť ne stoprocentně, to nelze nikdy). To je nejlepší, co můžeme udělat. Mnohem horší je odpad rozptýlit do biosféry, jak to lehkomyšlně děláme téměř ve všech ostatních případech. Co bychom dali za to, kdybychom mohli alespoň část toxických látek námi rozptýlených po Zemi posbírat, koncentrovat a někde trvale uložit. I takovou skládku by bylo nutné nadlouho izolovat od biosféry, i ona by byla potenciální hrozbou. Přesto by to stálo za to udělat. Bohužel, už to není možné. S úložišti koncentrovaného odpadu můžeme dát našim potomkům možnost odpad znovu využít a nebo jej v případě potřeby lépe zabezpečit. Po rozptýlení jsme my, i ti co přijdou po nás, zcela bez šance. Nebezpečné není to, co je v malém objemu uloženo kdesi hluboko pod zemí. S tím lze ještě něco udělat. Nebezpečné je to, co přijímáme každým nádechem, každým soustem, co je všude kolem nás, co už nikdo nikdy neposbírá.

Riziko. Lidstvo energii potřebuje a bude jí potřebovat stále víc. Celý rozvojový svět čeká s nadějí na zlepšení životní úrovně, který je podmíněný růstem spotřeby energie. K odstranění bídy a hladu nejsou potřeba jen peníze, ale i energie. Každý způsob její výroby je zásahem do životního prostředí a zdrojem rizika pro člověka. Větrné elektrárny i solární panely musí někdo vyrobit a namontovat, biomasu je třeba vytěžit a dopravit na místo spotřeby. Ze spalování fosilních zdrojů může plynout nebezpečí globální katastrofy na Zemi, která by se dotkla samotné existence civilizace v dnešní podobě. Na druhé straně havarijní události spojené s jadernými elektrárnami byly a vždy budou jen lokálními jevy. Černobylská havárie neměla žádný významnější globální důsledek, jako jej neměly atmosférické zkoušky jaderných zbraní v padesátých letech a jako je nemělo zcela nekontrolované vyhoření 12 000 tun uranu v přírodním reaktoru v africkém Oklo. Navíc klasické tepelné elektrárny jsou při běžném provozu zdrojem asi stonásobně většího rizika, než elektrárny jaderné.

Jsem přesvědčen, že bychom se měli jednoznačně rozhodnout nést riziko spojené s provozem jaderných elektráren. V první řadě je riziko velmi malé, řádově menší v porovnání s ostatními zdroji energie, a zcela zanedbatelné s jinými riziky, která nás denně ohrožují - doprava, kouření, znečištění ovzduší, nesprávná životospráva. A za druhé je to poctivé, morální a zodpovědné k našim potomkům. V jaderných elektrárnách spotřebováváme surovinu, kterou nelze rozumně využít jiným způsobem. Jejich provoz prakticky nezatěžuje životní prostředí. Produkuje extrémně koncentrovaný a tedy kontrolovatelný odpad, který v žádném případě nezpůsobí globální zhoršení životního prostředí. Riziko spojené s jejich provozem nesou jen ti, kteří jsou za něj placeni (zejména při těžbě a zpracování surovin) a nebo ti, kteří elektřinu spotřebovávají (obyvatelé daného regionu). Spálením fosilních paliv postihneme i potomky těch, kteří dnes ve své chýši nemají ani jednu žárovku. Pravda, naši a snad ani příští generace se to nedotkne. A zřejmě o to jde. Nejsme dnes ochotni přijmout i nesmírně malé riziko lokální události, raději přenecháme našim vzdálenějším potomkům reálnou hrozbu globální katastrofy. Je to sobecké a nemorální. Nakonec stejně sobecký a nemorální může být i výsledek referenda a populistická politika, jejíž nejvzdálenějším horizontem jsou příští volby.

Je paradoxní, jak citlivě lidé vnímají riziko spojené s provozem jaderných elektráren a jak lhostejní jsou k rizikům jiným. Můžeme pro to najít několik důvodů. V první řadě je to

strach z neznámého, hojně živený některými skupinami. Také pozůstatek z dob studené války a následek psychologického šoku po bombardování japonských měst. Ale hlavním důvodem je neinformovanost. Málokdo tuší, jak silné je přirozené pozadí ionizujícího záření – v některých oblastech na světě (Indie, Brazílie) je mnohonásobně vyšší, než jaké je dnes v okolí Černobylu – a také tam žijí lidé. Nakonec nemusíme chodit tak daleko. V České republice byly nalezeny případy, kdy koncentrace radonu v bytě odpovídala téměř stonásobně vyšší dávce, než je současná černobylská. Větrání je mnohem účinnější metoda ochrany proti záření, než demonstrace u jaderných elektráren nebo na státních hranicích, politický kapitál získaný větráním je ovšem minimální. Zkreslené jsou i představy o následcích havárie v jaderné elektrárně – statisíce mrtvých a devastace rozsáhlých území. Avšak katastrofický scénář nadprojektové tedy nejhorší myslitelné katastrofy v JE Temelín počítá s evakuací do 10 km od elektrárny. Černobylská elektrárna nebyla standardní jadernou elektrárnou a standardní nebyla ani reakce státní moci po katastrofě.

Jadernou energetiku hodnotíme velmi přísně a klademe na ni požadavky, které jsou nemyslitelné a nesplnitelné u ostatních lidských činností. Kdybychom slyšeli politika, jak říká, že nepojede vlakem, protože ho nikdo nepřesvědčil o stoprocentní bezpečnosti, asi bychom pochybovali o jeho zdravém rozumu. Ne tak ovšem, když se obdobně vyjádří o jaderné elektrárně. Tato naše úzkostlivost má i pozitivní důsledky, takže jaderná energetika je jedna z nejbezpečnějších činností provozovaných člověkem.

Zkáza Titaniku, havárie chemičky v indickém Bhopálu s deseti tisíci oběti, požár lanovky v Kaprunu. To vše byly velmi tragické události. Přesto pořád stavíme lodě, provozujeme chemické továrny a lanové dráhy. Prostě to patří k našemu životu, něco nutně potřebujeme a něčím se jenom bavíme. Jak je možné, že se po výbuchu v Enschede nevzedmula vlna odporu proti zábavné pyrotechnice jako takové? Jen Černobyl zůstává trvalým mementem přes to, že následky jsou překvapivě malé. Zpráva, že za 15 let na následky Černobylu zemřely dle odhadu asi tři tisíce lidí, zní děsivě. Ovšem za stejnou dobu se přibližně stejný počet lidí na Ukrajině otrávil houbami a stejný počet na světě zahynul pod sněhovými lavinami. Jen v České republice za 15 let zemřelo více než 300 000 lidí na následky kouření a 20 000 zahynulo na silnicích. To nám nevádí?

Černobylská havárie byla bezpochyby tragédií lidskou. Byla by také tragédií lidstva, pokud by způsobila odklon od jaderné energetiky, ale jaderné energetice prospěla, ta se stala díky ní bezpečnější.

(původní autorská verze článku, který po redakčních úpravách vyšel v příloze Orientace Lidových novin dne 3. 3. 2001)