

HLUBINNÉ ÚLOŽIŠTĚ RADIOAKTIVNÍHO ODPADU A VYHOŘELÉHO JADERNÉHO PALIVA (OD EMOCÍ K HLEDÁNÍ ŘEŠENÍ)

Dana Drábová

„Na každý lidský problém existuje snadné řešení – elegantní, přijatelné a naprosto špatné“ (Murphy)

Na počátku nového tisíciletí se náš svět dramaticky mění. Žijeme v době pozoruhodného a chvílemi až omračujícího technického pokroku, ne vždy zcela srozumitelného současníkům. Stále více se propojují ekonomiky jednotlivých zemí, zesiluje se globalizace a roste pocit odcizení mezi občany a institucemi. Udržitelný svět není sice nedosažitelným snem, současně však všechny kritické analýzy soudobého stavu a předpovědi dalšího možného vývoje životního prostředí, společnosti a ekonomiky přinášejí především vážné otázky ve vztahu k našemu současnému směřování, mnohdy i katastrofické scénáře tohoto světa. Další osud oborů založených na využívání jaderné energie a ionizujícího záření může být velmi dobrým příkladem tohoto rozporu, do jisté míry hlavolamu, před kterým lidstvo stojí.

Slovo záření vyvolává v lidech skoro automaticky představu jaderných zbraní, reaktorů v jaderných elektrárnách, radioaktivního odpadu a následně představu neurčitěho počtu vyvolaných rakovin. Jestliže lidé o záření vůbec přemýšlejí pak v naprosté většině případů spíše s obavami než se snahou tomuto jevu objektivně porozumět a využívat ho pro svůj vlastní prospěch. Zde se projevují zvláštnosti vnímání rizika jaderné energetiky a záření vůbec. Jde totiž o riziko málo poznané a pochopené, nedobrovolné a potenciálně (i když s velmi malou pravděpodobností) ohrožující mnoho lidí. Vztah mezi ozářením a rizikem bývá často přerukován z nedostatku znalostí či dokonce účelově. Takové přerukování vyvolává zbytečné obavy a působí tak větší škody než účinky záření samotného. Zeptáme-li se přitom autorů těchto názorů na prameny, ze kterých čerpají informace, pak nejčastěji uváděnými zdroji jsou denní tisk, televize, zábavné časopisy nebo náhodné fámy a klevety. Tyto zdroje se jen zřídka snaží prostřednictvím jim dostupných faktů přispět ke vzdělání. Spíše tíhnou ke zdůrazňování toho nebezpečného a vzrušujícího aspektu problému, který dokáže působit na emoce, tudíž v naprosté většině případů především negativně. Není proto překvapující, že lidé opírají své názory na záření především o široce publikované následky velkých dávek záření v důsledku výbuchu jaderné zbraně nebo jaderné havárie. Většinou přitom nejsou schopni rozlišit mezi těmito velmi málo pravděpodobnými událostmi a každodenním používáním zdrojů záření ve zdravotnictví a v průmyslu či vystavením organismu každodenním ozářením souvisejícím s přírodní radioaktivitou.

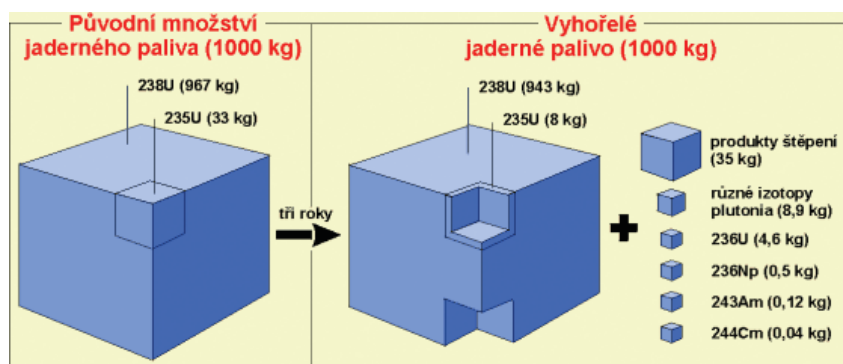
Nejlepší cestou z této situace je osvěta. Skupina odborníků v jaderných i v příbuzných oborech musí veřejnosti umožnit přístup k faktům a ukázat, jak těmto faktům porozumět. Jen tak bude veřejnost schopna účastnit se odpovědně v rozhodování o zdravotní péči, ochraně životního prostředí, energetice a dalších problémech naší společnosti. Pochopitelně, že kvalifikovaný rozhodovací proces založený na znalostech skutečných faktů, se u profesionálů z oblasti územního plánování, navrhujících, uvádějících do provozu a likvidujících stavby s jadernými souvislostmi, předpokládá zcela automaticky.

Učiňme pokus o osvětu v často diskutované otázce radioaktivních odpadů a trvalého ukládání vyhořelého jaderného paliva.

I když oba problémy nepředstavují žádnou akutní hrozbu pro životní prostředí, jsou vnímány jako Achillova pata dalšího rozvoje jaderné energetiky. Zmocnili se jich urputní odpůrci jaderné energetiky a našli v nich argument pro zastavení, případně likvidaci celého odvětví. To, že jich umně využívají jako novodobého bubáka jim často přináší nemalou podporu veřejnosti.

Nakládání s radioaktivními odpady vyžaduje důkladnou diskuzi a snahu nalézat kompromisy. Jde o oblast, která vyžaduje hluboké pochopení pojmů jako je odolnost, zranitelnost, dynamické vztahy mezi přírodou, technikou a společností. Příběh, který nakládání s radioaktivními odpady provází, je dokladem míry, do jaké je jaderný průmysl ovlivňován faktory daleko přesahujícími faktory vědecké a technické. Do procesu rozhodování stále více vstupují společenské, etické a ekonomické úvahy. Svou podstatou jde o problematiku dlouhodobou, která nastoluje těžko jednoznačně zodpověditelné otázky odpovědnosti k dalším generacím a zajištění jejich rovných práv. Tyto otázky nejsou slučitelné s časovými horizonty, ve kterých uvažují a rozhodují jak naši volení zástupci, tak ti, kteří veřejnost takovými problémy straší. Jak technici, tak veřejnost posuzující problém v extrémně dlouhodobém časovém výhledu tedy musí být osoby všestranně vzdělané zahrnující do svého konání všechny shora uvedené aspekty.

Zde je na místě si říci, že odpady vznikají při každé lidské činnosti. Ve srovnání s jinými nebezpečnými odpady produkovanými lidskou činností je podíl radioaktivních odpadů a vyhořelého jaderného paliva poměrně malý. Radioaktivní odpady vznikají nejen v jaderné energetice, ale i při používání radionuklidů a ionizujícího záření v lékařství, zemědělství, průmyslu nebo výzkumu. Vyhořelé palivo z jaderných elektráren bývá považováno za odpad, ale již dnes je jasné, že tento odpad se brzy může stát cenným zdrojem surovin nebo palivem pro jiný typ elektrárny (i z tohoto důvodu tedy o něm hovoříme stále jako o palivu, nikoliv o odpadu). Vyhořelé palivo z jaderných reaktorů tvoří méně než 1 % objemu všech radioaktivních odpadů na světě, avšak obsahuje přes 90 % veškeré radioaktivity. Jeden reaktor s výkonem kolem 1000 MW produkuje ročně kolem 30 tun vyhořelého paliva. Protože palivo má vysokou hustotu, představuje to přitom objem jen asi 1,5 m³. Palivo vyňaté z reaktoru obsahuje stále ještě 95 % nespotebovaného uranu, z toho 1 % štěpitelného



Obr. 1

235U a 1 % štěpitelného izotopu plutonia 239Pu. Ostatní štěpné produkty, které dnes považujeme za odpad, tedy představují jen asi 1 200 kg (obr. 1). Hlavní podíl radioaktivity nesou mezi těmito štěpnými produkty cesium 137Cs a stroncium 90Sr, oba s poločasem rozpadu kolem 30 let. V důsledku radioaktivního rozpadu vyhořelé palivo postupně ztrácí radioaktivitu a četné radioizotopy přecházejí na neaktivní prvky, jejichž oddělení z odpadu by v budoucnu mohlo být zajímavé. Je to např. platina, ruthenium, rhodium, paladium, stříbro, prvky vzácných zemin atd.

V mezinárodním měřítku je dnes za nejrealnější variantu zneškodnění vyhořelé jaderné paliva a vysoce aktivních odpadů považováno jejich uložení v hlubinném úložišti. Jako hlubinná úložiště se označují uměle vyhloubené nebo pečlivě upravené stávající podzemní prostory. Jsou umístěna do hlubokých stabilních geologických vrstev zcela mimo dosah biosféry. Jednoznačná přednost před úpravou starších důlních děl se dává zbudování úložiště nového, neboť doly bývají v místech geologických poruch a tudíž nejsou dostatečně chráněny před průnikem spodní vody a jinými vlivy. Úložiště musí být zbudováno v neporušeném geologickém prostředí v oblasti, kde nehrozí vulkanická činnost, zemětřesení, zaplavení nebo zalednění. Cílem hlubinného ukládání vyhořelé jaderné paliva a vysoce aktivních odpadů je zajistit trvalou izolaci uložených materiálů od životního prostředí bez úmyslu jejich vyjmutí. Princip hlubinného úložiště je založen na pasivní bezpečnosti bez dalšího dohledu člověka. Izolaci odpadů od biosféry je nutno zajistit na období delší než 10 tisíc let, (spíše na 100 tisíc let), což je za hranicí lidské představivosti. Těžko můžeme předpokládat i to, že by se informace o použití nějaké lokality zachovala po tak dlouhou dobu. Proto všechno směřuje ke znemožnění jakéhokoliv kontaktu budoucích pokolení s uloženým materiálem. Tomuto kontaktu a proniknutí radionuklidů k člověku a životnímu prostředí brání několik bariér.

Úložný systém se proto skládá z vhodné kombinace inženýrských (umělých, vytvořených člověkem) a přírodních (geologických) bariér. První umělou bariérou je zadržení radionuklidů v odolné a nerozpustné chemické formě, druhou bariérou tvoří obal. Obaly pro vysokoaktivní odpady se vyrábějí z kovu, bývá to ocelový, silnostěnný nerezavějící kontejner nebo měděná nádoba. Další technickou bariérou tvoří betonové přebaly, do kterých se kontejnery ukládají. Přírodní bariérou je vlastní geologická formace, v níž je úložiště vybudováno. Čím lepší jsou vlastnosti této bariéry (pevnost, nerozpustnost, tepelná stabilita), tím jednodušší a lacinější mohou být technické bariéry. V přírodě to funguje, což si můžeme ukázat na malém příkladu. Že uvažovat o hlubinném úložišti jako o velmi bezpečné variantě má smysl, se ukázalo při

výzkumu uranových ložisek v Africe v lokalitě Oklo (Gabun). Před dvěma miliardami let se zde vlivem geologických podmínek samovolně rozběhla štěpná řetězová reakce, jaká dnes řízeně probíhá v jaderných reaktorech. Odhaduje se, že probíhala asi 500 tisíc let a zanechala po sobě celou mozaiku odpadních produktů. Přesně těch samých, o jejichž bezpečné izolaci od biosféry se vede diskuse v případě vyhořelé paliva z jaderných elektráren či zbytků po jeho přepracování. A tyto odpadní produkty zůstaly po dvě miliardy let tam, kde vznikly, nebo se přemístily jen

na nepatrnou vzdálenost do okolní horniny. Rychlost pohybu těch nejhbitějších se odhaduje na deset metrů za milion let. Ačkoli u přírodního reaktoru v Oklo neexistovaly žádné umělé bariéry a navíc zde protékala voda, vytvořila si příroda sama bezpečný sklad vyhořelé paliva.

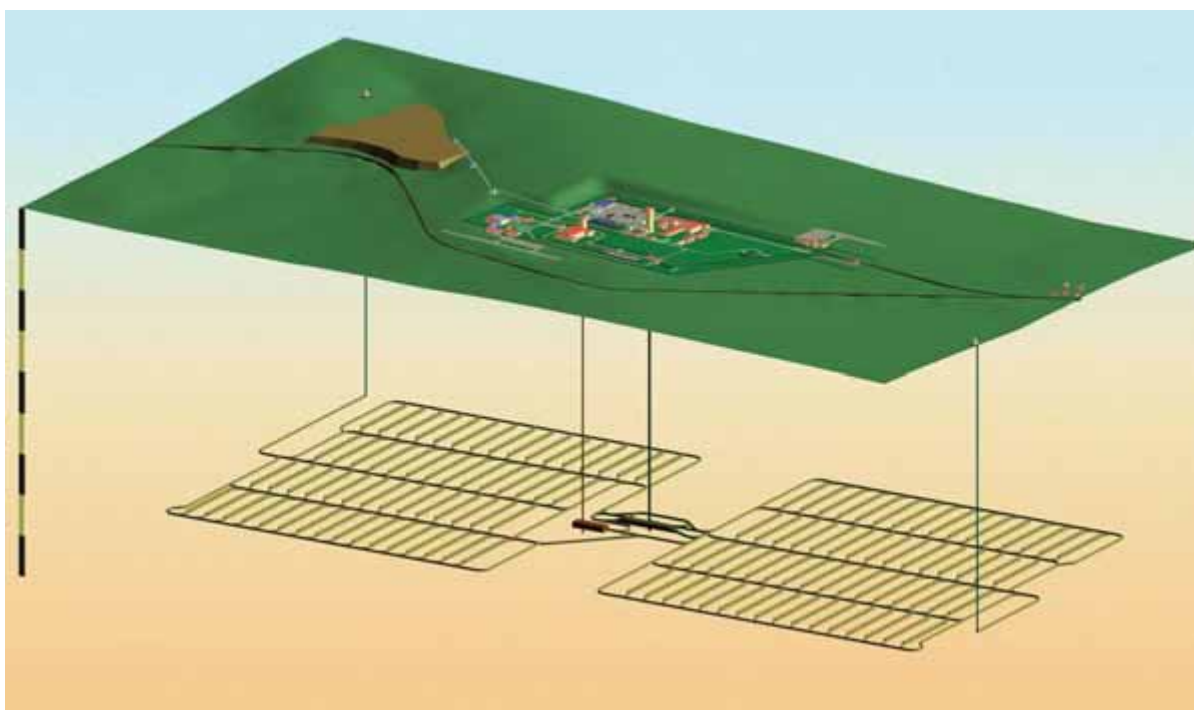
Všechny státy využívající jaderné technologie stále hledají přijatelný přístup pro dlouhodobé nakládání s radioaktivními odpady, které produkují.

Mezinárodní podzemní laboratoř v granitovém masivu v Äspö (Švédsko) vybudovaná před deseti lety má za cíl vytvořit realistický model budoucího podzemního úložiště. Například teplo vznikající ve vyhořelém palivu je imitováno pomocí elektrického odporu. To umožňuje zkoumat řadu otázek spojených s nutností izolovat vyhořelé palivo po desítky tisíc let. Jak se bude hornina chovat pod vlivem tepla a záření? Může dojít k ovlivnění spodních vod? Co lze učinit pro omezení koroze odpadu samotného a kontejnerů v němž je umístěn? Jaký materiál zvolit pro výplň šachet, do kterých budou kontejnery uloženy? Je zřejmé, že vybudování úložiště musí předcházet finančně i časově náročná výzkumná a vývojová činnost jejíž součástí jsou i terénní průzkumné práce.

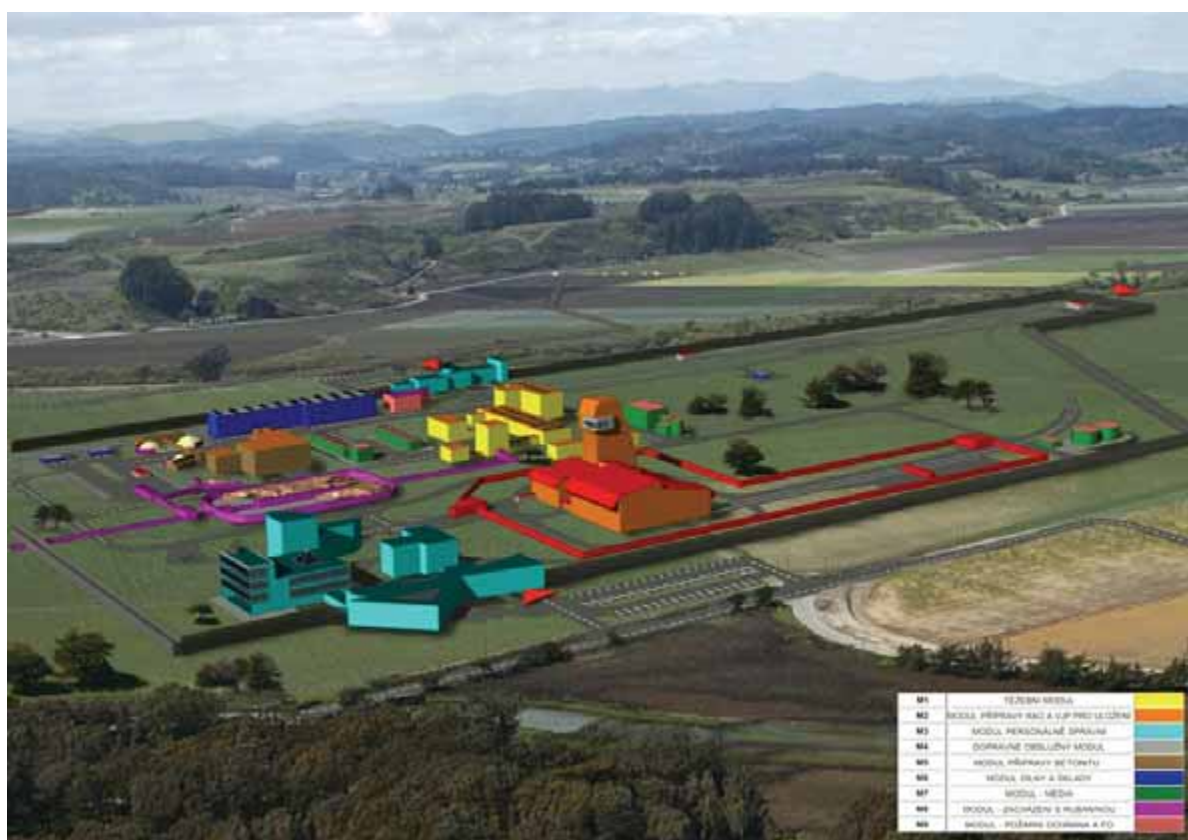
Finsko už přijalo politické rozhodnutí o vybudování hlubinného úložiště. Po dlouhé a z mnoha pohledů pozoruhodné demokratické diskusi, padla volba na Olkiluoto, kde stojí jedna ze dvou finských jaderných elektráren. Práce by měly být zahájeny v roce 2010, dokončení úložiště rovněž v granitovém masivu je naplánováno na rok 2020. Finský parlament schválil zákon, který ukládá zhodnocení výsledků činnosti úložiště v roce 2050 a následné rozhodnutí, zda půjde skutečně o trvalé uložení vyhořelé paliva. Finové si tak ponechali potřebnou pružnost a možnost přehodnotit své rozhodnutí v závislosti na potřebách a dostupných technologiích, které je dnes obtížné předvídat.

Skandinávské země jsou dnes v Evropě nejdále. Řada dalších států (Belgie, Francie, Německo, Španělsko), které v současnosti využívají jadernou energetiku pro výrobu elektřiny, již deklarovala nebo má dokonce uzákoněno, že směřují k hlubinným úložištím. Pouze několik z nich však učinilo významný pokrok při vlastním výběru vhodné lokality. Uplatňování principu „ne na mém dvorku (NIMBY)“ se přirozeně nemohlo vyhnout ani této vysoce kontroverzní a zpolitizované oblasti. Situaci nepomáhá ani fakt, že rozhodnutí vlastně není akutně třeba, vysokoaktivní odpady a vyhořelé palivo lze bez problémů dlouhodobě (po desítky let) skladovat v dočasných skladech. To umožňuje nepohodlná rozhodnutí odkládat.

Protože nakládání s radioaktivními odpady je svou povahou problematika dlouhodobá, je třeba, aby státy přijaly strategii, která



Obr. 2



Obr. 3

by vytvořila pro tyto činnosti jasný rámec. U nás je tento rámec dán „Konceptem nakládání s radioaktivními odpady a vyhořelým jaderným palivem v ČR“, která byla schválena usnesením vlády ČR č. 487 z 15. května 2002. Před schválením koncepce proběhlo posouzení jejího dopadu na životní prostředí zahrnující i účast veřejnosti. Podle mého názoru však veřejná diskuse nebyla dobře připravena a nebyl jí věnován dostatek času. Nevytvořil se tak pro-

stor pro hledání odpovědí na řadu praktických otázek, které by pomohly zejména zástupcům obcí vytvořit si představu o skutečných dopadech této velké průmyslové stavby na život v dané lokalitě. Nejde totiž jen o otázky bezpečnosti (i když z pohledu státního dozoru je vždy bezpečnost na prvním místě), ale i o průběh a rozsah stavebních prací, zásahy do infrastruktury, rozvoj služeb, vliv na tradiční využití území, ovlivnění tvářnosti krajiny, zvýše-

né požadavky na dopravu apod. Ekonomické a sociální dopady musí být rovněž široce uplatňovaným kritériem.

Zmíněná koncepce předpokládá, že bude nalezena vhodná lokalita úložiště v grafitických horninách. Do roku 2050 budou probíhat výzkumné a vývojové práce výběru lokality a územní příprava. Pokud bude lokalita nalezena a proběhne příslušná územní příprava, mohou být v roce 2053 zahájeny stavební práce a v roce 2065 zahájen provoz první části úložiště.

Na tomto místě je velmi důležité říci, že samotný výběr vhodné lokality je mimořádně složitý několikastupňový proces. Lze jej rozdělit do tří etap. Až na jeho konci budeme vědět, zda se vůbec v ČR nachází území vhodné pro pokračování prací, tedy pro zahájení územního řízení.

První etapa probíhala v letech 1992 a 2002. Na základě starších geologických dat bylo v ČR vytipováno cca 30 oblastí pro další průzkum.

Druhá etapa byla naplánována na roky 2003 až 2006. Spočívala v provedení geologického průzkumu bez vrtných činností. Na jejím konci měl být zúžený seznam potenciálně vhodných lokalit. Vzhledem k odporu veřejnosti byly práce na průzkumu pozastaveny a o jejich pokračování hodlá vláda rozhodnout až po důkladné diskusi s potenciálně dotčenými obcemi.

Výsledkem třetí etapy, která měla probíhat v letech 2007 až 2014 měla být podrobná charakterizace vybraných lokalit pomocí geologických prací s vrtnými činnostmi. Předpokládalo se že v roce 2015 bude možno zanést dvě vhodné lokality (pokud budou nalezeny) do územních plánů a začít připravovat podklady pro územní řízení.

Jak by mohlo hlubinné úložiště vypadat ilustrují obrázky 2 a 3. Povrchová část by měla mít rozlohu cca 20 ha, podzemní v hloubce zhruba 500 m se bude rozkládat na ploše cca 150 ha.

Co říci závěrem?

Uložení vyhořelého jaderného paliva nebo vysokoaktivních odpadů je dnes považováno za technicky zvládnutý postup. V nedávné době se objevila idea vybudování mezinárodního (regionálního) úložiště; tato varianta však má řadu nedořešených problémů ekonomických a zejména legislativních a politických (většina států zakazuje ukládání cizích radioaktivních odpadů na svém území). Podmínkou pro zřízení mezinárodního hlubinného úložiště je zavedení nového, proti dnešnímu rozšířeného mezinárodního systému záruk, nutností je rovněž souhlas státní a lokální správy, přičemž problémem zůstává jejich trvalá platnost.

V celém procesu hledání udržitelného řešení pro nakládání s radioaktivními odpady a vyhořelým palivem nehrají rozhodující roli problémy technické či inženýrské. Největší neznámou zůstává způsob jakým bude možno dosáhnout přijatelnosti již existujících nebo i nových technických řešení pro veřejnost. A také míra udržitelnosti poněkud sobeckého přístupu těch, kteří dnes bojují pod vlajkou NIMBY.

Pro článek byly použity materiály Mezinárodní agentury pro atomovou energii, Evropské komise a materiály laskavě poskytnuté Správou úložišť radioaktivních odpadů. Jestliže se chcete dozvědět více, doporučuji navštívit velmi obsáhlé internetové stránky této instituce – www.surao.cz – kde naleznete i celou řadu odkazů na další zdroje.

*Ing. Dana Drábová
Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Praha*