

TECHNICKE ASPEKTY PROJEKTU HLUBINNEHO ULOZISTE

RADIOAKTIVNICH ODPADU V ČR

Příprava projektu hlubinného úložiště radioaktivních odpadů v České republice začala již na počátku 90-tých let minulého století. V roce 1993 byl zahájen první koordinovaný program vývoje hlubinného úložiště, který přinášel první výstupy především z oblasti lokalizace úložiště. Přijetím atomového zákona (č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření) převzal zodpovědnost za bezpečné ukládání radioaktivních odpadů stát. V souladu s tímto zákonem zajišťuje SÚRAO jako organizační složka státu řadu funkcí souvisejících s bezpečným nakládáním se všemi druhy radioaktivních odpadů a s výzkumem a vývojem v oblasti nakládání s radioaktivními odpady. Součástí je i projekt přípravy hlubinného úložiště.

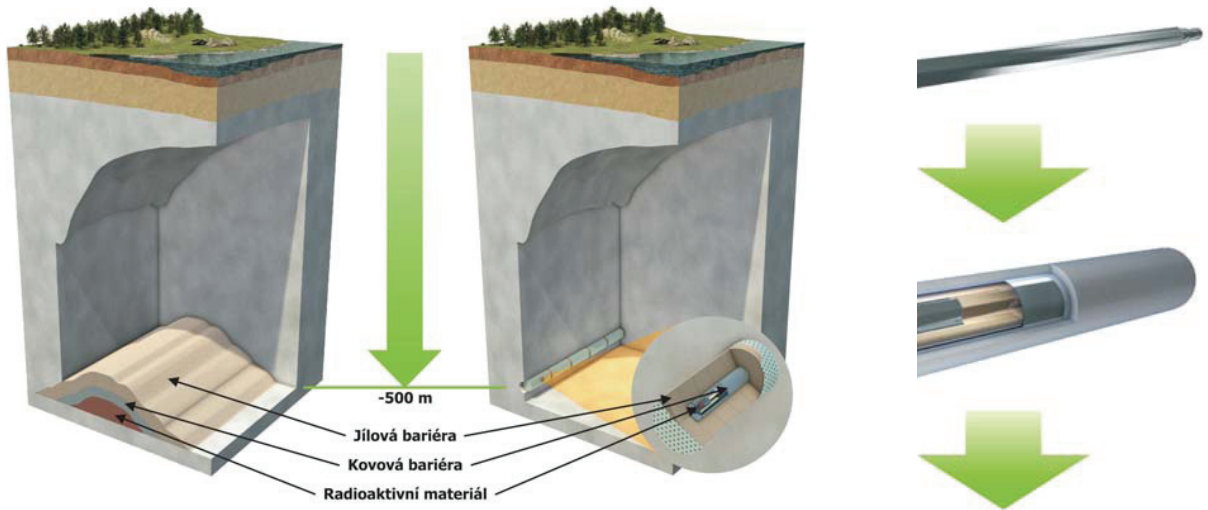
Hlubinné úložiště radioaktivních odpadů je místo, kde má být natrvalo uloženo vyhořelé jaderné palivo z jaderných reaktorů a v menší míře také vysokoaktivní odpady vznikající v jaderné energetice, průmyslu, výzkumu a zdravotnictví.

V České republice se předpokládá jeho umístění ve vhodném žulovém masivu zhruba 500 metrů pod zemským povrchem. Zahájení výstavby je plánováno na rok 2050 ale do té doby je nutno pokračovat již v započaté výzkumné, průzkumné a projektové činnosti a také vést dialog s veřejností související s vyhledáváním vhodné lokality pro umístění úložiště a přípravou jeho výstavby.

Bezpečnost hlubinného úložiště

Hlubinné úložiště nemůže být postaveno a provozováno bez věrohodného prokázání bezpečnosti. Bezpečnostní rozbory prováděné pomocí matematických modelů se opakovaně zpřesňují s pomocí nově získávaných poznatků a údajů z praktických měření a výzkumů. **Systém bezpečnostních bariér** Několikánásobný systém bariér použitých v hlubinném úložišti zajišťuje, že radioaktivita zůstane oddělena od okolí. Bariéry se skládají z geologické, zcela přírodní části a z inženýrských bariér vytvořených člověkem. Vzájemně se podporují tak, aby zajišťovaly bezpečnost úložiště na dostatečně dlouhou dobu stovek tisíc let.

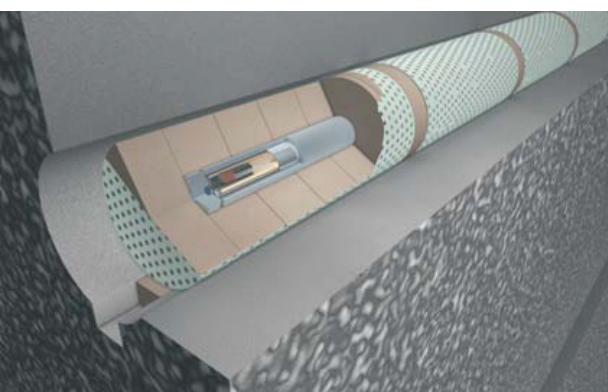
System technických a přirodních bezpečnostních bariér



Palivové články: Jsou vyrobeny tak, aby vydržely extrémní podmínky v reaktoru. Palivové tablety u oxidu uraničitého jsou uzamčeny v proutcích z odolné slitiny zirkonia.

Kovové ukládací kontejnery: V nich budou uzavřeny kazety s vyhořelým palivem i další vysokoaktivní odpady. Budou z antikoročních, chemicky stabilních materiálů (např. speciální oceli s obsahem niklu, titanu, chromu či uhlíku, titanu, mědi).

Bentonitový (jílový) obal: Vyplní prostor mezi kontejnerem a okolní horninou. Bentonit ve vlhkém prostředí bobtná a utěsňuje kontejner v úložné komoře.



Přirodní bariéra – horninový masiv: Odpad bude ukládán do stabilní žulové horniny půl kilometru pod povrchem. Tato přírodní bariéra je tím nejstabilnějším prvkem bezpečnosti celého úložného systému. Důkladný geologický průzkum prokáže vhodnost horninového prostředí a zároveň vyloučí blízkost rizikových geologických jevů, jako je například seismická aktivita či geologické zlomy. Bude bránit

nejen šíření radionuklidů, ale také poškození úložných prostor například leteckou havárií či jinými vnějšími vlivy.

Průzkumné práce – hledání vhodné lokality

Postup vyhledávání vhodné lokality pro hlubinné úložiště se řídí doporučeními Mezinárodní agentury pro atomovou energii a dalších mezinárodních institucí. Dělí se na dvě etapy – výzkumnou a průzkumnou. Etapa výzkumu – hledání potenciálně vhodných území a zjišťování vlastností horninového prostředí – začala již v osmdesátých letech 20. století. V devadesátých letech byly zpracovány první studie. Po roce 2000 výzkumné práce pokračovaly a v současné době je již tato etapa dokončena. Výsledkem je vytipovaných 6 až 8 potenciálně vhodných lokalit, které je třeba dále ověřit ve druhé etapě. Etapa průzkumu – získávání a ověřování údajů o geologických strukturách a podzemních prostorech přímo v terénu na vytipovaných lokalitách – je plánována od roku 2011 dále. Geologický průzkum, který má potvrdit, či vyloučit vhodnost vytipovaných lokalit, obsahuje následující kroky:

- Měření na povrchu – pochůzky specialistů v terénu.
- Odběr vzorků horniny – mělké vrty do hloubky 5 metrů.
- Několik vrtů do hloubky 500 metrů.
- Jeden či dva vrty do hloubky až 1 000 metrů (průměr vrtů je několik centimetrů).

Způsob rozhodování o výběru lokality pro hlubinné úložiště Výsledky geologického průzkumu budou jedním ze základních podkladů pro rozhodování o vhodnosti lokality. Vedle geologických parametrů je však velmi důležitá řada „negeologických“ kritérií. Mezi ně patří například reálná technická možnost vybudování povrchového areálu úložiště a jeho dopravní dostupnost, zajištění bezpečnosti či posouzení vlivů na životní prostředí a na životní úroveň v dané lokalitě. Nedílnou součástí výběru bude souhlasné stanovisko dotčených obcí. Součástí závěrečného hodnocení samozřejmě budou i ekonomické parametry. Některá z hodnocených kritérií (například bezpečnostní) jsou takzvaně „vylučující“ – jejich nesplnění automaticky znamená vyloučení lokality z dalšího výběru. Další kritéria (například ekonomická) budou hrát roli při porovnávání vhodnosti lokalit a při doporučení dvou nejvhodnějších (hlavní a záložní). Poté se předpokládá veřejná debata a rozhodnutí o dalším postupu. Jako podklad pro veřejnou diskuzi a rozhodování bude zpracována dokumentace obsahující:

- Možné projektové řešení hlubinného úložiště v dané lokalitě.
- Předběžný bezpečnostní rozbor prokazující, že hlubinné úložiště splní požadavky na bezpečnost.
- Studii

proveditelnosti prokazující technickou a ekonomickou realizovatelnost projektu spolu s hodnocením jeho sociálně-ekonomických dopadů. • Studii vlivu na životní prostředí.

Pokračování průzkumu na vybrané lokalitě V dalších letech se předpokládá pokračování detailních průzkumných prací v lokalitě vybrané a odsouhlasené jako nejvhodnější. Vlastnosti a vhodnost horninového prostředí budou zkoumány a testovány přímo v horninovém masivu i v laboratořích. Předpokládá se, že součástí pozdějšího průzkumu bude vybudování podzemní laboratoře několik set metrů pod zemí. Zde by bylo možné v reálných podmínkách ověřit předpokládané vlastnosti horniny. Při výstavbě laboratoře by se zároveň ověřily nejvhodnější stavební postupy a razicí techniky, které by mohly být využity k budování úložiště.

Technické řešení hlubinného úložiště

Koncepční řešení hlubinného úložiště v ČR se podobá obdobným projektům v zahraničí. Konečná podoba úložiště, např. umístění budov, potřebná plocha na povrchu atd., bude velmi záležet na podmínkách v konkrétní zvolené lokalitě. Snahou SÚRAO vždy bude co nejvíce zohlednit požadavky obcí a občanů a začlenit stavbu co nejšetrněji do okolního prostředí. Pokud to bude možné, může být například velká část zařízení umístěna pod zemí, což by podstatně zmenšilo potřebnou plochu na povrchu.

Nadzemní areál Velikost areálu bude záviset jak na jeho koncepčním řešení, tak terénních podmínkách a možnostech v konkrétní lokalitě. Například nejnovější verze referenčního projektu 2011 pracuje s rozlohou areálu 23,4 ha, přičemž plocha aktivních provozů, kde se předpokládá manipulace s přivezenými kontejnery CASTOR, je jen 2,1 ha velká. Zbytek tvoří plochy pro manipulaci s vytěženou horninou, administrativní budovy a plochy železniční vlečky. Pokud by se manipulovalo s horninou mimo areál, tak jeho plocha může být dokonce poloviční nebo i menší. Předpokládá se, že vyhořelé jaderné palivo a další radioaktivní materiály budou po přijetí do areálu úložiště překládány do speciálních vysoce odolných ukládacích kontejnerů, transportovány do podzemí a tam uloženy. Souběžně s ukládáním by v podzemí probíhalo budování dalších úložných prostor.

Podzemní areál Podzemní ukládací prostory budou s povrchovým areálem propojeny svislými přístupovými šachtami a zároveň tunelem ve tvaru šroubovice. Bude tak oddělena cesta pro dopravu úložných kontejnerů od cest sloužících k těžbě ukládacích prostorů, přístupu pracovníků do podzemí, zajištění větrání a ústupových cest pro zajištění bezpečnosti. Ukládací chodby (vrty) budou vybudovány v hloubce zhruba 500 metrů (podle geologických podmínek ve vybrané lokalitě) ve stabilní geologické formaci. Jejich délka může být až 300 metrů. Možný způsob ukládání kontejnerů s vyhořelým jaderným palivem je znázorněn na obrázku. Konečný výběr vhodného způsobu ukládání bude proveden podle nejvhodnější dostupné

technologie v době rozhodnutí o výstavbě (okolo roku 2050). **Ukládací kontejnery** Důležitou roli má při zajištění dlouhodobé bezpečnosti hlubinného úložiště speciální ukládací kontejner s dlouhodobou životností. Musí vyhovět řadě požadavků, mimo jiné na dlouhodobou těsnost, odolnost vůči chemickému prostředí v úložišti a vůči okolnímu tlaku. Materiál, ze kterého bude ukládací kontejner vyroben, proto musí být mechanicky odolný, musí vzdorovat všem typům koroze a musí si zachovávat své vlastnosti i po dlouhodobém vystavení radioaktivitě. Při projektování kontejneru mohou odborníci čerpat zkušenosti například z návrhu švédsko-finského dvouplášťového kontejneru s ocelovým vnitřkem a měděnou obálkou nebo z návrhu japonského ocelového silnostěnného kontejneru. Současný referenční projekt SÚRAO pracuje s ocelovým kontejnerem. Ukládací kontejnery budou obklopeny jílovitým materiálem (bentonitem), který bude dobře odvádět teplo z jejich povrchu, utěsní je v ukládacích vrtech a ochrání před kontaktem s vodou. Tím vzniknou takzvané superkontejnery.

Závěrečné shrnutí

Skladování a ukládání radioaktivních odpadů má již více než šedesátiletou historii. Vyhořelé palivo z jaderných elektráren je sice možné skladovat po mnoho desítek let, popřípadě je přepracovat a částečně znovu použít, ale na konci všech možných postupů vždy zůstanou vysokoaktivní odpady, které je nutno izolovat od okolního prostředí na desítky až stovky tisíc let. Z několika zkoumaných variant izolace vysokoaktivních odpadů se jako bezpečnostně, technicky i ekonomicky nejvhodnější ukázalo jejich ukládání do hlubinných horninových struktur. Zde je možné dlouhodobě zachovat celistvost uložených kontejnerů a zabránit šíření radionuklidů. V současné době jsou k dispozici spolehlivě vyzkoušené technologie využitelné při skladování radioaktivních materiálů i při výstavbě hlubinných úložišť. Většina vyspělých zemí provozujících jadernou energetiku již také pro tyto účely shromáždila a dále průběžně ukládá na svých jaderných účtech dostatek finančních prostředků. Platí to i o České republice. V několika zemích (například ve Švédsku a Finsku) se již podařilo nalézt vhodnou lokalitu pro umístění hlubinného úložiště, prokázat jeho bezpečnost a dosáhnout dohody s místními obcemi o možnosti zahájení výstavby. Pro ostatní státy, včetně České republiky, toto zůstává úkolem pro nadcházející roky až desetiletí.

