

Vývoj a stav hlbinného úložiska RAO v Slovenskej Republike z hľadiska geologického poznania

Igor Slaninka¹, Jozef Hók² a Jozef Franzen³

Status and development of deep geological repository in Slovak republic from geological point of view

During the operation of Slovak NPPs, production of approximately 2,300 metric tons of spent fuel expressed as heavy metal (18,654 spent fuel assemblies) is expected. In addition, about 5000 metric tons of radioactive waste unfit for near surface repository at Mochovce and destined for a deep geological disposal. The safe and long-term solution of back-end fuel cycle is so highly required.

One of the most favorable solutions is Deep Geological Repository (DGR). The site for a DGR, along with repository design and the engineered barrier system must ensure long-term safety of the disposal system.

A preliminary set of site-selection criteria for a DGR was proposed in Slovakia, based on worldwide experience and consistent with IAEA recommendations. Main groups of criteria are: 1) geological and tectonic stability of prospective sites; 2) appropriate characteristics of host rock (lithological homogeneity, suitable hydrogeological and geochemical conditions, favourable geotechnical setting, absence of mineral resources, etc.); 3) conflict of interests (natural resources, natural and cultural heritage, protected resources of thermal waters, etc.).

Based on the previous geological investigations, three distinct areas (five localities) were determined as the most prospective sites for construction of a DGR so far. Three of them are built by granitoids rock (Tribeč Mts., Veporske vrchy Mts. and Stolické vrchy Mts.), other consist of sedimentary rock formations (Cerova vrchovina Upland and Rimavska kotlina Basin). Objective for the next investigation stage is to perform more detailed geological characterization of the prospective sites.

Key words: Deep Geological Repository, Nuclear Waste Management, Radioactive Waste Disposal

Úvod

Vzhľadom k celej rade špecifických vlastností vysoko rádioaktívnych odpadov (ďalej len RAO), vrátane vyhoreného jadrového paliva (ďalej VP) je nevyhnutné spoľahlivým a trvalým spôsobom zabrániť ich negatívnemu vplyvu na životné prostredie a na človeka. Najpreferovanejšie riešenie vo svete je ich bezpečné uloženie v hlbinnom geologickom úložisku (ďalej HÚ). HÚ je definované ako jadrové zariadenie pre ukladanie odpadov, ktoré je umiestnené pod úrovňou zemského povrchu, v stabilnej geologickej formácii a zabezpečuje dlhodobú izoláciu rádionuklidov od biosféry. Izolácia RAO je sprostredkovaná kombináciou technických a prírodných bariér (tzv. multibariérový systém). Pre výstavbu samotného HÚ je potrebný homogénny blok horniny o rozmeroch cca 1 km x 1 km x 1 km. Ukladanie RAO sa odporúča realizovať v hĺbkach niekoľko sto metrov (cca 300 až 700 m). Pre bezpečnosť hlbinného geologického úložiska, je dôležité poznať charakter a vlastnosti geologickej bariéry v uvažovanej hĺbke. Úlohou geologickej bariéry, ako najdlhšie pôsobiacej v multibariérovom systéme ochrany HÚ, je izolovať okolité prostredie od škodlivých vplyvov RAO. Izolačná a ochranná funkcia tejto bariéry by mala byť dostatočná po celý stanovený čas (uvažovaných 100 000 rokov), pokiaľ úroveň radiácie nepoklesne na akceptovateľnú úroveň.

Cieľom výberu lokality je vyhľadanie takej geologickej bariéry, ktorá spolu s vhodným technickým riešením úložiska a inžinierskymi bariérami zabezpečí radiačnú ochranu v súlade s požiadavkami deklarovanými národnými dozornými orgánmi, legislatívou EÚ a štandardmi Medzinárodnej agentúry pre atómovú energiu (MAAE). Vhodná, resp. definitívna lokalita pre HÚ sa môže získať objektívnym hodnotením viacerých potenciálnych lokalít. Pri hodnotení je nevyhnutná identifikácia najlepšej možnej lokality z pohľadu súčasného stavu dosiahnuteľných relevantných hodnotiacich poznatkov spôsobom, ktorý presvedčivo preukáže súlad hodnotenia s požiadavkami na ochranu životného prostredia. Vo všeobecnosti prevládajú dva typy horninového prostredia, s ktorými sa počíta pre HÚ. V prvom prípade sú to magmatické horniny kryštalínika (hlavne granitoidy), v druhom prípade sedimenty - súdržné zeminy (ily), resp. poloskalné sedimentárne horniny (ilovce, slieňovce).

Cieľom tohto príspevku je poskytnúť základné informácie o stave riešenia danej problematiky vo svete a zhrnutie základných poznatkov získaných v doterajších etapách výskumu a prieskumu v Slovenskej republike. Príspevok je orientovaný hlavne na geologické aspekty ukladania RAO.

¹ Ing. Igor Slaninka, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, Slovenská Republika

² Ing. Jozef Hók, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Slovenská Republika

³ Ing. Jozef Franzen Ministerstvo životného prostredia SR, sekcia geológie a prírodných zdrojov, Slovenská Republika (Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 18. 1. 2007)

Stav riešenia problematiky HÚ RAO a VP vo svete

Svetový prehľad geologických problémov ukladania rádioaktívnych odpadov bol opakovane publikovaný v Národnom laboratóriu O. L. Berkeley (USA, Whitherspoon, 1991, 1996, 2001, Whitherspoon, Bodvarsson, 2006). Pretrvávajúci záujem o riešenie danej problematiky je možné preukázať na množstve publikovaných prác. V roku 1991 sa na tejto publikácii podieľalo príspevkami 19 krajín, roku 1996 už 26 krajín a 32 krajín v roku 2001. V poslednej časti tejto série, v roku 2006, to bolo 25 krajín. Samozrejme táto séria publikácií reprezentuje len malú časť publikovaných prác a poskytuje len prehľad o stave poznania vo svete.

Na základe príspevkov, zaoberajúcich sa aktuálnym stavom riešenia problematiky ukladania RAO a VP, ktoré odzneli na medzinárodnom workshope v apríli 2001 v Berkeley, sa konštatuje nasledovné (Whitherspoon, 2001):

- v ostatných rokoch sa v mnohých krajinách začali riešiť široko spektrálne výskumné a prieskumné aktivity za účelom nájdenia vhodnej geologickej štruktúry pre HÚ RAO a VP. Pritom sa oproti minulosti (Whitherspoon, 1991, 1996) dosiahol významný pokrok vo vývoji a aplikácii rôznych nových technológií
- na základe dosiahnutých výsledkov sa za jeden z kľúčových aspektov považuje zriaďovanie a prevádzka podzemných laboratórií. Tieto umožňujú priamy prístup k horninovému masívu v hĺbke a jeho charakterizáciu z hľadiska hostiteľského prostredia pre RAO. Zatiaľ čo v roku 1996 existovalo len 6 krajín s dlhodobším využívaním takýchto laboratórií, v roku 2001 už proklamovalo využívanie, resp. zriaďovanie podzemného laboratória 13 krajín. Zároveň sa zintenzívňuje zahraničná spolupráca na báze dvoj- a viacstranných výskumných projektov, viazaných predovšetkým na možnosti využívania podzemných laboratórií v **Belgicku** (Mol – ílové prostredie – Boom clay), **Švajčiarsku** (Grimsel – granitoidy; Mt. Terri – íly – Opalinus clay), **Švédsku** (Åspö – granitoidy), **Francúzsku** (Meuse – sedimenty - argility), **Kanade** (Manitoba, Ontario – granitoidy), **USA** (Yucca Mts. – sedimenty - vulkanický tuf), **Japonsku** (Mizunami – kryštalinické horniny, Horonobe – sedimentárne horniny) atď.
- veľký dôraz sa kladie aj na vývoj vhodných kontajnerov pre inžiniersku bariéru
- najväčší pokrok sa za ostatné obdobie dosiahol v aplikácii programov oboznamovania verejnosti, ktoré boli v minulosti nedocenené a viedli k negatívnemu stanovisku verejnosti k predmetnej problematike. Kontinuálna informovanosť ľudí, najmä žijúcich v blízkosti perspektívnych oblastí na zriadenie HÚ, môže v konečnom dôsledku viesť k ich súhlasnému stanovisku a umožniť praktickú realizáciu HÚ. Príkladom zanedbania práce s verejnosťou pri procese výberu vhodnej geologickej štruktúry pre HÚ je prípad z **Veľkej Británie**, kde na základe viacnásobného odmietavého postoja verejnosti musel byť v roku 1997 definitívne zastavený projekt „**Sellafield**“ v štádiu tesne pred vybudovaním podzemného laboratória. Napriek tomu bolo v októbri 2006 britskou vládou podporené, ako najvhodnejšie riešenie, geologické ukladanie RAO a zároveň bolo označené ako najbezpečnejší spôsob riešenia problému rádioaktívneho odpadu. Naopak, príkladom veľmi dobrej práce s verejnosťou je konečný súhlas verejnosti, spečatený rozhodnutím parlamentu z 18. mája 2001 o vybudovaní HÚ pre definitívne ukladanie RAO a VP na lokalite **Olkiluoto** vo **Fínsku**.

Okrem vyššie uvedených krajín, sa problematika ukladania RAO a VP dlhodobo (od šesťdesiatych rokov 20. stor.) rieši aj v **Nemecku**, kde boli predbežne vybrané 2 horninové prostredia pre HÚ (Fe-sedimentárna formácia bane Konrad, soľný dóm – Gorleben). Súčasťou zmeny stratégie v energetickej politike (plánuje sa ukončenie výroby elektrickej energie v jadrových elektrárnach) sa rozhodlo popri 2 existujúcich lokalitách hľadať ďalšie riešenia pre HÚ v iných geologických prostrediach. Pre ďalší vývoj boli publikované nasledovné základné princípy (Whitherspoon – Bodvarsson, 2006): bezpečnosť nakladania s radioaktívnymi odpadmi je prvoradá, hlbinné úložisko je jediné vhodné riešenie problému s RAO, radioaktívne odpady budú uložené na území Nemecka a riešenie konečného uloženia RAO nesmie byť odložené do budúcnosti.

V USA, konkrétne v **Novom Mexiku** je od 26. marca 1999 v prevádzke prvé HÚ pre ukladanie odpadu kontaminovaného transuránmi (prvkami ťažšími ako urán). Je situované v hĺbke 650 m, vo vrstevnatej soľnej formácii a má kapacitu 2 milióny m³ jadrového odpadu.

Výrazný posun sa docielil aj pri HÚ v lokalite **Yucca Mountain** v Nevade, tvorenú vulkanickým tufom. Na základe výsledkov vyše dvadsaťročných výskumov predmetnej lokality posúdil prezident USA, G. W. Bush Yucca Mountain ako dostatočne kvalifikovanú pre podanie žiadosti o udelenie licencie na zriadenie HÚ RAO a VP. Svoje odporúčanie predložil Kongresu Spojených štátov 15. 2. 2002. S takýmto postupom však nesúhlasia oficiálni zástupcovia štátu Nevada, ani environmentalisti.

Stručné zhodnotenie predchádzajúcich etáp v rámci vyhľadávania vhodnej geologickej štruktúry pre HÚ RAO a VP v Slovenskej republike

Výskumné a prieskumné programy za účelom vyhľadávania vhodnej geologickej štruktúry pre HÚ RAO a VP sa v Slovenskej republike realizovali od deväťdesiatych rokov 20. storočia v rámci rezortov Ministerstva hospodárstva (MH SR) a Ministerstva životného prostredia (MŽP SR), a to prostredníctvom viacerých organizácií, napr. Lukaj et al., 1998; Hraško et al., 1999; Kováčik et al., 1999; Kováčik et al., 2001; Hók et al., 2001. V predchádzajúcom období MH SR financovalo tieto programy prostredníctvom Slovenských elektrární, a. s., pričom spomedzi viacerých organizácií sa na riešení geologických problémov významnou mierou podieľa skupina odborníkov zo Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra v Bratislave (ŠGÚDŠ). MŽP SR čiastočne financovalo dané programy prostredníctvom Sekcie geológie a prírodných zdrojov (SGaPZ), pričom hlavným vykonávateľom bol taktiež ŠGÚDŠ. Dané programy sa navzájom dopĺňali, pričom vo finančne menej náročných projektoch realizujúcich sa prostredníctvom MŽP SR sa dával dôraz najmä na metodické aspekty, ktoré sa následne implementovali do rozsiahlejších a finančne náročnejších programov riadených SE a. s. V súčasnosti je vo vývoji hlbinného úložiska RAO určitá stagnácia, spôsobená najmä zmenami v štruktúre a kompetenciách jednotlivých organizácií zapojených v procese vývoja hlbinného úložiska. Medzi najdôležitejšie zmeny je možné zaradiť najmä novelizáciu legislatívy (Atómový zákon 541/2004 a iné), zmeny v Národnom jadrovom fonde (ktorý predstavuje hlavný zdroj financií), presun kompetencií so Slovenských elektrární na Jadrovú vyradovaciu spoločnosť, a.s. (riadenie vývoja hlbinného úložiska). Významným medzníkom bude aj plánované vytvorenie špecializovanej agentúry, v kompetencií ktorej bude aj vývoj hlbinného úložiska.

Výskumné a prieskumné aktivity sa v predchádzajúcich etapách pri výbere vhodnej geologickej štruktúry pre HÚ riadili schváleným a neskôr inovovaným kritériálnym hodnotiacim procesom (Matejovič et al., 2001) výberu lokality. Proces hodnotenia v sebe zahŕňa postupne narastajúcu kvalitatívnu mieru hodnotenia (odporúčania - požiadavky - kritériá) regionálnych celkov v časovej postupnosti.

Odporúčania – všeobecne (medzinárodne) akceptované zásady a podmienky vhodnosti geologického prostredia alebo územia. Je vhodné, ak sú splnené, ale nie sú predpísané.

Požiadavky – špecifikované zásady a podmienky vhodnosti geologického prostredia alebo územia záväzné pre výber územia alebo lokality.

Kritériá – kvalitatívne a kvantitatívne definované podmienky vhodnosti, ktoré majú limitujúci charakter pre výber lokality.

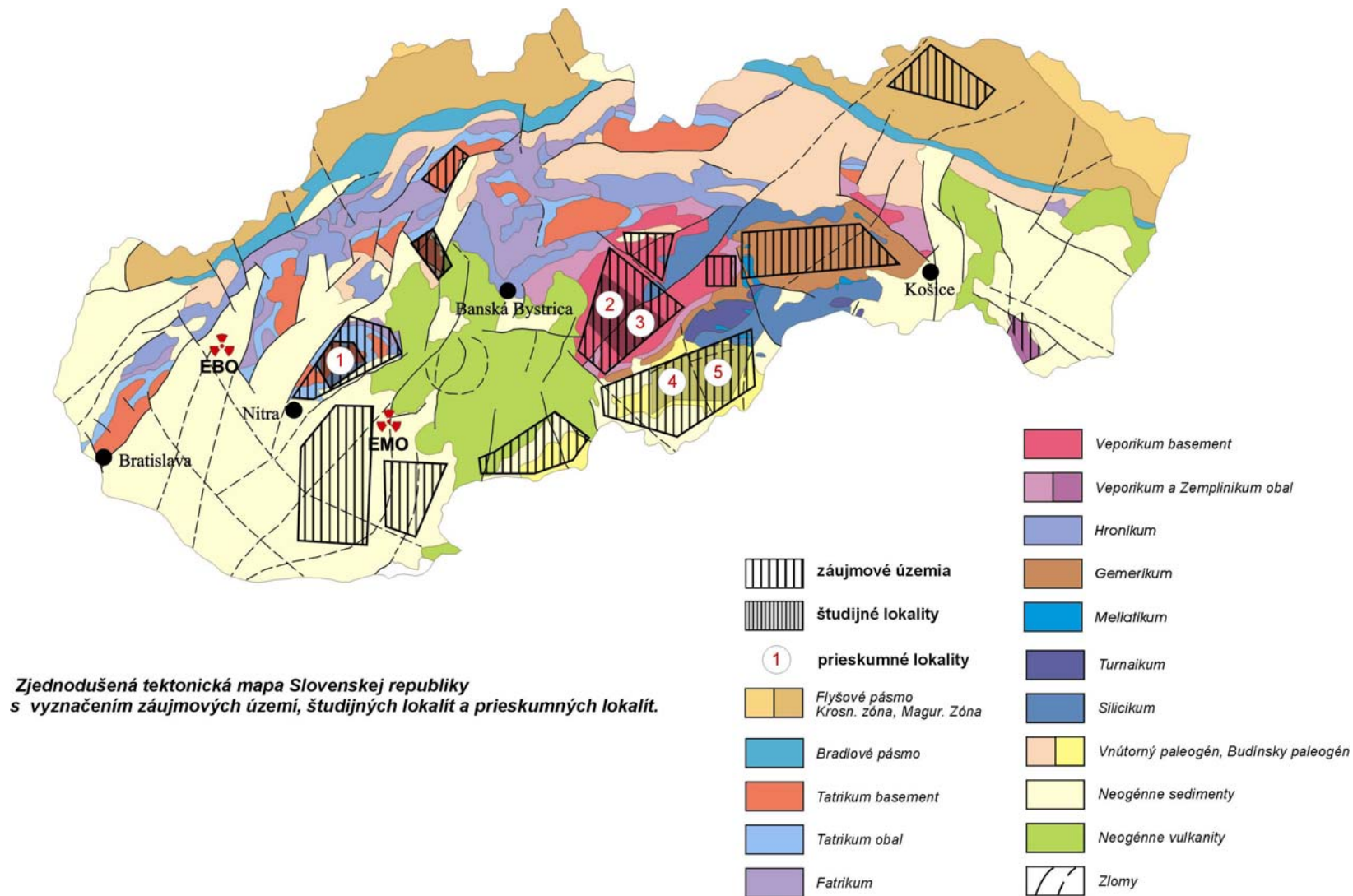
Postupným procesom hodnotenia bolo v rámci Slovenskej republiky vybraných celkom 12, rozmermi pomerne rozsiahlych záujmových území (obrázok 1). V hodnotiacom procese boli využité predovšetkým archívne materiály a prevažovali odporúčania. V rámci záujmových území boli následne prednostne hodnotené bližšie špecifikované územia s menšou rozlohou a v nasledujúcej etape hodnotenia boli záujmové územia redukované plošne aj počtom na 6 študijných lokalít (obrázok 1; Hraško et al., 1999; Kováčik et al., 1999). Pri výbere boli uplatnené predovšetkým požiadavky a výber zahŕňoval terénny výskum v obmedzenom resp. nevyhnutnom rozsahu. Následným procesom bolo vybraných celkom 5 lokalít odporúčaných ako prieskumné lokality (obrázok 1; Hók et al., 2001; Kováčik et al., 2001a, b). Pri výbere prieskumných lokalít bol aplikovaný základný terénny výskum a vo veľmi obmedzenom rozsahu začalo nevyhnutné dlhodobé monitorovanie vybraných lokalít (napr. vertikálne pohybové tendencie). Použitý kritériálny aparát a hodnotené kategórie sú veľmi zjednodušeným spôsobom uvedené v tab. 1.

Tab. 1. Kritériálny aparát a hodnotené kategórie.

Tab. 1. Assessed area categories and sitting criteria or requirements.

Hodnotené kategórie	Spôsob hodnotenia
územie Slovenskej republiky	prevažne odporúčania
záujmové územia	odporúčania a požiadavky
študijné lokality	požiadavky a kritériá
prieskumné lokality	požiadavky a kritériá
kandidátske lokality	prevažne kritériá
definitívna lokalita	kritériá

V súčasnom stave hodnotenia výberu lokality pre HÚ sme pred etapou definovania kandidátskych lokalít. Spomenuté hodnotenie vyžaduje získať predovšetkým informácie pre kvantifikáciu kritérií, ktoré majú limitujúci charakter pre výberový proces. Zásadne to ovplyvní spôsob získavania relevantných informácií hlavne vzhľadom k nepretržitému monitorovaniu územia v časovom diapazóne niekoľkých rokov. Výskumné a prieskumné aktivity za účelom získavania relevantných informácií je potrebné vnímať ako nepretržitý proces, zabezpečovaný stabilným pracovným kolektívom počas celého procesu hodnotenia. Hodnotiaci proces zároveň vyžaduje kontinuálnu zahraničnú spoluprácu v danej konkrétnej odbornej oblasti. Z ďalších aktivít ohľadom HÚ v SR treba spomenúť napr. problematiku vývoja inžinierskej bariéry (VÚJE Trnava) ako aj problematiku práce s verejnosťou, ktorej sa venoval hlavne DECOM, s. r. o.



Obr. 1. Zjednodušená tektonická mapa Slovenskej republiky s vyznačením záujmových miest, študijných a prieskumných lokalít.

Fig. 1. Simplified tectonic sketch of Slovak part of Western Carpathian. Status of deep geological repository siting in 2004: 1 - Tribec Mts.; 2 - Veporske vrchy Mts.; 3 - Stolicke vrchy Mts.; 4 - Rimavska kotlina Basin; 5 - Cerova vrchovina Upland.

Vážnym problémom sa javí skutočnosť, že v súčasnosti sa nerieši žiadna podstatnejšia geologická úloha s problematikou HÚ RAO, financovaná z domácich zdrojov, čo nepriaznivo ovplyvňuje postup a kvalitu výskumu a spôsobuje výrazne meškanie v porovnaní s pôvodne stanoveným harmonogramom prác.

Doterajšie výsledky komplexného výskumu a prieskumu vybraných potenciálnych lokalít pre vybudovanie HÚ RAO a VP jednoznačne ukazujú na ich perspektívnosť a nabádajú nás pokračovať v nastúpenej ceste smerom k výberu kandidátskych, resp. definitívnej lokality pre HÚ. Ďalšiu etapu prác by bolo vhodné realizovať najmä prostredníctvom rezortu MH SR a Národného jadrového fondu. V menšej miere prostredníctvom rezortu MŽP SR - SGAZ pričom je dôležitá ich vzájomná prepojenosť cez odborné riešiteľské pracovisko. Úloha MŽP SR je najmä v garancii správnosti metodického a odborného postupu pri geologickom výskume a prieskume, stanovení referenčných podmienok pre budúci proces hodnotenia potenciálneho vplyvu na životné prostredie a dohľad nad zabezpečením ochrany životného prostredia.

V ďalšom období sa navrhuje pokračovať vo výskume a prieskume v oboch skúmaných horninových prostrediach (granitoidy a sedimenty) na 5 najperspektívnejších prieskumných lokalitách:

- Centrálna časť Tribeča (granitoidy)
- Južná časť Veporských vrchov (granitoidy)
- Juhozápadná časť Stolických vrchov (granitoidy)
- Východná časť Cerovej vrchoviny (sedimenty)
- Západná časť Rimavskej kotliny (sedimenty)

V rámci geologických prác navrhujeme realizáciu v nevyhnutnej následnosti prác, ktorá zabezpečí racionálne získanie a využitie výsledkov. Cieľom tejto etapy je navrhnúť horninové prostredie vhodné pre kandidátske lokality / lokalitu pre vybudovanie HÚ.

Nevyhnutnosť kontinuálneho riešenia vývoja HÚ

Dôležitosť vhodného výberu lokality a charakterizácie vlastností geologického prostredia pre vývoj HÚ predstavuje dlhodobý a po stránke odbornej, personálnej a technickej veľmi náročný proces.

V prvom rade je to nutnosť vysokého štandardu spoľahlivosti a kvality získaných údajov (časová náročnosť na ich získanie) o potenciálnom hosťiteľskom prostredí v slovenských podmienkach v zmysle platných domácich a zahraničných predpisov (napr. štandardy organizácií MAAE, resp. International Commission on Radiological Protection). Na ich základe bude možné prijať zodpovedné rozhodnutie o vhodnej kandidátskej, prípadne definitívnej lokalite HÚ aj s nevyhnutnou podpornou odbornou argumentáciou pre dotknuté domáce aj zahraničné inštitúcie, prípadne verejnosť. V tom je zahrnutá aj nevyhnutnosť dlhodobých neprerušovaných monitorovacích prác pre relevantné hodnotenia v rámci hydrogeologického, hydrogeochemického, inžinierskogeologického a geomorfologického výskumu, čo zabezpečuje zvýšenie interpretačnej úrovne informácií a overenie získaných údajov, možnosť vstupu do modelov, ich verifikácia a kalibrácia. Tieto dlhodobé sledovania nebude možné v budúcnosti v žiadnom prípade nahradiť vzhľadom k tomu, že ich hodnota je priamo úmerná dĺžke pozorovania.

Dodržanie následnosti jednotlivých druhov prieskumných prác (geofyzikálny prieskum, vrtné práce, testovanie a hodnotenie vrtných prác in-situ aj v laboratórnych podmienkach – hodnotenie vrtu, atď.) vyžadujúce postupné dopĺňanie a predbežné hodnotenie údajov, je základom pre efektívne a odborné hodnotenie jednotlivých lokalít. Po personálnej a aj po technickej a technologickej stránke je však veľmi náročné a vyžaduje časovú kontinuitu a stabilitu.

Zahraničná spolupráca

V rámci vývoja hlbinného úložiska je nutná úzka kooperácia s obdobnými programami v zahraničí za účelom dosiahnutia medzinárodnej akceptácie výsledkov výskumu a splnenia prísnych medzinárodných požiadaviek bezpečnosti riešenia ukladania RAO. Na riešiteľský kolektív sú kladené značné odborné a personálne nároky. Postupné budovanie a nevyhnutnosť kontinuálneho vývoja riešiteľského kolektívu a nutnosť aktívnej dlhodobej a stabilnej spolupráce so zahraničím sú predpokladom úspešného zvládnutia riešenia problematiky vývoja HÚ. Medzinárodná spolupráca jednoznačne patrí k výrazným akceleračným vo výskume a prieskume vhodných geologických štruktúr pre HÚ. Významnú úlohu hrajú hlavne krajiny, ktoré prevádzkujú podzemné laboratóriá umožňujúce priamy prístup k horninovému masívu v hĺbke a jeho charakterizáciu z hľadiska hosťiteľského prostredia, napr. realizáciou experimentov „in situ“.

ŠGÚDŠ sa podieľa na medzinárodnej spolupráci v súvislosti s HÚ RAO a VP prakticky od polovice 90.-tych rokov 20. storočia, a to hlavne v rámci programu SE, a.s., spolu s VÚJE Trnava a prostredníctvom Medzinárodnej agentúry pre atómovú energiu (MAAE) so sídlom vo Viedni. Najintenzívnejšia a prakticky kontinuálna spolupráca existuje medzi Slovenskou republikou a Belgickom. Belgicko v nej zastupujú hlavne „Belgická agentúra pre rádioaktívny odpad a vyhorené palivo“ (ONDRAF / NIRAS), BELGATOM a

„Výskumné centrum pre atómovú energiu“ (SCK / CEN) v meste Mol. V rámci tejto spolupráce sa každoročne realizujú krátkodobé stáže, zamerané najmä na:

- porovnanie relevantných parametrov ílového hostiteľského prostredia na Slovensku (séčenský šlír – lučenské súvrstvie) a Belgicku (Boom clay),
- „in situ“ experimenty v podzemnom laboratóriu,
- hydrogeologické a hydrogeochemické modelovanie.

V rokoch 2002-2006 bol schválený a realizovaný medzinárodný projekt financovaný MAAE vo Viedni. Projekt s názvom „**Zlepšenie výberového procesu pre hlbinné geologické úložisko v sedimentárnom horninovom prostredí Slovenskej republiky**“. Cieľom projektu bol najmä zlepšenie spolupráce slovenských špecialistov s odborníkmi s krajin z rozvinutým programom HÚ RAO, so zameraním sa na sedimentárne prostredie.

Radou guvernérov MAAE bol v koncom roku 2002 schválený aj interregionálny projekt „**Training in Radioactive Waste Disposal Technologies in Underground Research Facilities**“. Jeho hlavným cieľom je podpora medzinárodnej spolupráce a prenos poznatkov a technológií využívaných v krajinách s pokročilým výskumom v oblasti podzemných laboratórií na krajiny, ktoré túto možnosť nemajú. Na projekte sa zúčastňuje šesťnásť krajín z celého sveta. ŠGÚDŠ bol ustanovený za organizáciu zastupujúcu Slovensko. Bez výraznejšej domácej podpory rozvoja HÚ však nie je možné očakávať progres vo vývoji HÚ na Slovensku a tým aj oddialenie bezpečného riešenia problému RAO.

Aj z tohto dôvodu potrebujeme na racionálnu a efektívnu kontinuálnu medzinárodnú spoluprácu „projektovo zabezpečiť“ domáce výskumno-prieskumné aktivity, za účelom získavania konkrétnych údajov z našich skúmaných lokalít.

Záver

Doteraz použité finančné prostriedky na geologický výber lokality u nás predstavujú len nepatrný zlomok prostriedkov vynakladaný inými krajinami na vývoj HÚ. Napriek tomu naše výsledky predstavujú veľmi dobrý základ pre ďalšie, časovo a finančne náročnejšie práce. **Ťažiskom prác ďalších prác bude najmä rozšírenie prieskumu z povrchu do hĺbky presahujúcej rozmery HÚ (do hĺbky cca 700 - 1000 m) a jeho komplexné vyhodnotenie.**

Porovnanie geologických podmienok v SR a v krajinách západnej Európy nám dáva reálny predpoklad na definovanie vhodnej lokality HÚ v rovnako kvalitných a prípadne lepších geologických podmienkach, čo zabezpečí najbezpečnejšie riešenie konečného ukladania RAO. Tento predpoklad je doposiaľ potvrdený aj výsledkami medzinárodnej spolupráce.

V zahraničí vo všeobecnosti prevláda názor, že národné HÚ pre definitívne ukladanie RAO a VP predstavuje najefektívnejší aj najlacnejší spôsob likvidácie vysoko aktívnych odpadov pre každú krajinu s perspektívou dominantnej výroby elektrickej energie prostredníctvom jadrových elektrární.

Geologická bariéra pre svoju nezastupiteľnú izolačnú, ochrannú a bezpečnostnú funkciu má veľmi dôležité miesto v koncepte HÚ. V rozmanitých prírodných a geologických podmienkach Slovenska sa vyskytuje množstvo geologických jednotiek s premenlivými charakteristikami horninového prostredia. Správny výber kandidátskych a definitívnej lokality HÚ je preto proces z hľadiska odborného, technického, personálneho ako aj časového veľmi náročný, vyžadujúci dlhodobú koncepciu, kontinuálnosť a stabilitu procesu. Kvalitné a relevantné informácie zistené v procese vývoja HÚ predstavujú základ konečného riešenia problému vyhoreného rádioaktívneho odpadu ako aj vysoko aktívnych odpadov.

Spôsob výskumu a výberu lokality HÚ je orientovaný smerom k možnosti ukladania vyhoreného jadrového paliva, ale aj k definitívnemu uloženiu vysoko aktívnych odpadov vzniknutých pri prepracovaní vyhoreného jadrového paliva. Použitelnosť získaných informácií o hodnotených lokalitách je multifunkčná, pričom treba zdôrazniť konzervatívny prístup v procese hodnotenia a výberu, t.j. uvažuje sa najkritickejší možný scenár.

Na základe vyššie uvedených skutočností je možné jednoznačne odporúčať uberanie sa cestou výskumu a prieskumu perspektívnych geologických štruktúr s cieľom definovania kandidátskych a neskôr aj definitívnej lokality pre HÚ RAO a VP. Z tohto dôvodu považujeme za nevyhnutné v čo najkratšom čase začať ďalšiu etapu výskumu a prieskumu pre daný účel.

Literatúra - References

Hók, J., Lacika, J., Madarás, J., Kohút, M., Nagy, A., Ivanička, J., Siman, P., Král, J., Töröková, I., Urbánek, J.: Neotektonický a geomorfologický vývoj študijných lokalít – I. časť. *Manuskript, archív ŠGÚDŠ Bratislava, 171 pp, 2001.*

- Hraško, Ľ, a kolektív: Zhodnotenie vhodných geologických štruktúr na definitívne ukladanie rádioaktívnych a toxických odpadov na území SR. ZS. Geologická služba SR Bratislava. *Manuskript, Archív Geofondu*. 266 s, 1999.
- Kováčik, M., Madarás, J., Fendek, M., Rapant, S., Lexa, J., Elečko, M., Határ, J., Hraško, Ľ., Hók, J., Ivanička, J., Kohút, M., Kováčik, M., Nagy, A., Siman, P., Gedeon, M., Helma, J., Marcin, D., Jelínek, R., Liščák, P., Jánová, V., Ondrášik, M., Hrašna, M., Král, M., Žáková, E., Petro, M., Marsina, K., Michalko, J., Bodiš, D.: Hodnotenie vybraných území – II. časť. (Etapa VYL-01-98). Vývoj hlbinného úložiska vyhoreného jadrového paliva a vysokorádioaktívnych odpadov v podmienkach Slovenskej republiky pre obdobie r. 1998-2000. Geologická služba Slovenskej republiky. *Manuskript – archív Slovenské elektrárne*. 319 s, 1999.
- Kováčik, M., Hraško, Ľ., Ivanička, J., Kohút, M., Madarás, J., Nagy, A., Siman, P., Töröková, I., Hók, J., Gedeon, M., Helma, J., Marcin, D., Švasta, J., Durmeková, T., Frankovská, J., Kováčik, M., Král, M., Liščák, P., Petro, L., Wagner, P.: Hodnotenie študijných lokalít – 1. časť. Projekt: Vývoj hlbinného úložiska vyhoreného jadrového paliva a vysoko aktívnych Ra – odpadov v podmienkach Slovenskej republiky pre obdobie 1998 – 2000. Úloha: Výber lokality. Číslo etapy: VYL-01-00. Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava. *Manuskript – archív Slovenské elektrárne*. 1-310, 2001.
- Lukaj, M., Šefara, J., Tkáčová, H., Filo, M., Tkáč, J., Valušiaková, A.: Vývoj hlbinného úložiska vyhoreného jadrového paliva a vysokorádioaktívneho odpadu. Etapa VYL-03-97: Hodnotenie vybraných území. *Geocomplex, a. s. Bratislava*, 1998.
- Matejovič, I., Gedeon, M., Hók, J., Lukaj, M., Kováčik, M., Salzer, P., Senčáková, E.: Inovácia kritérií pre hodnotenie lokalít realizácie hlbinného úložiska. *Manuskript, archív DECOM Slovakia s.r.o., Trnava*, 47 s., 2001.
- Witherspoon, P., A., ed.: Geological Problems in Radioactive Waste Isolation: A Worldwide Review, *Berkeley National Laboratory, Report LBL-29703*, 1991.
- Witherspoon, P., A., ed.: Geological Problems in Radioactive Waste Isolation: Second Worldwide Review, *Berkeley National Laboratory, Report LBNL-38915*, 1996.
- Witherspoon, P., A., ed.: Geological Challenges in Radioactive Waste Isolation: Third Worldwide Review, *Berkeley National Laboratory, Report LBLN 49767*, 2001.
- Witherspoon, P., A., Bodvarsson, G. S. (eds.): Geological Challenges in Radioactive Waste Isolation: Fourth Worldwide Review, *Berkeley National Laboratory, Report LBNL 59808*, 2006.