

Bezpečnostné bariéry a komplexný prevádzkovo-monitorovací systém Republikového úložiska rádioaktívnych odpadov Mochovce a perspektíva jeho rozšírenia

Michal Bartko¹ a Ladislav Éhn²

Safety barriers and complex operational monitoring system of the radioactive waste deposit of Slovakia RÚ RAO in Mochovce including its perspective and extension

The safety barriers and the complex monitoring system of the radioactive waste deposit RÚ RAO in Mochovce hand in the complex of geological monitor, static, hydrogeology, logical security, operational, mechanical, building, radiational and perspective point of view of RÚ RAO during operational status today and its enlargement based on not only long – term depositing of radioactive wastes but for next closure and clearance of Jaslovské Bohunice VI bloks.

Key words: radioactive waste, monitorin, statics, hydrogeology, safety barriers, special long – term containers, special galleries and shafts

Úvod

Republikové úložisko rádioaktívnych odpadov Slovenskej republiky je úložisko povrchového typu, určené pre uloženie pevných a spevnených nízko a stredne rádioaktívnych odpadov, vznikajúcich pri prevádzke jadrových zariadení a v iných inštitúciách, nachádzajúcich sa na území Slovenskej republiky a zaoberajúcich sa činnosťami, pri ktorých vznikajú rádioaktívne odpady. Areál úložiska je umiestnený asi 2 km severozápadne od areálu JE Mochovce.

Základnou bezpečnostnou požiadavkou na úložisko je, aby pri jeho prevádzke, počas inštitucionálnej kontroly (300 rokov) i po jeho ukončení nedošlo k takému úniku rádionuklidov do životného prostredia, ktorý by spôsobil radiačnú expozíciu vyššiu, ako sú hodnoty stanovené platnými zákonnými predpismi, európskymi a svetovými normami pre jadrovú bezpečnosť. Hlavný hygienik SR vydal v r. 1998 základný rádiologický limit ako efektívnu dávku pre jedného obyvateľa (0,1 mSv ročne v ktoromkoľvek roku po ukončení inštitucionálnej kontroly pri evolučnom scenári a 1 mSv ročne pri tzv. „narušiteľskej“ činnosti).

Scenár evolučného vývoja pritom popisuje normálny vývoj úložiska a predpokladá postupnú stratu funkčnosti vplyvom prirodzenej degradácie, následné vylúhovanie rádionuklidov, prechod cez ílové tesnenie do vodonosnej vrstvy a prechod do biosféry až k človeku.

Scenár narušiteľa vychádza z predpokladu, že po ukončení obdobia inštitucionálnej kontroly bude lokalita uvoľnená k neobmedzenému užívaniu (stavba budov s trvalým pobytom, stavba ciest a pod.)

Úložisko je vybudované v geologickej formácii s nízkou priepustnosťou a vysokou sorpčnou kapacitou. Táto formácia je hlavnou prírodnou bariérou a umelá vrstva zhutneného ílu je ďalšou bariérou proti úniku rádioaktivity. Medzi ňou a úložnými boxami je vybudovaný drenážny systém ústiaci do monitorovacích štôlní, ktorý umožňuje kontrolu prípadných únikov vôd z každého úložného boxu. Medzi ďalšie základné inžinierske bariéry proti úniku rádionuklidov do životného prostredia patrí nielen betónová štruktúra úložiska, ale aj jej hydroizolačne napenetrovaná betónová konštrukcia a vláknobetónový kontajner so spevnenou formou rádioaktívneho odpadu. Štôlne a šachty s vybavením a vystrojením sú taktiež ďalšou bariérou voči úniku rádionuklidov (konštrukcia štôlní je vyhotovená zo špeciálneho vibrovaného betónu so životnosťou min. 300 rokov, je napenetrovaná hydroizolačným materiálom a celé ostenie a podlaha štôlní sú natreté špeciálnym omývateľným náterom odolným aj voči rádionuklidom, ktorý zaistí aj v prípade úniku vôd na podlahu štôlní jej gravitačnú dopravu do zberných nádrží v šachtách, ktoré sú vytvorené rovnako ako štôlne). Drenážny systém je poistený aj voči sadaniu úložiska pomocou mechanicko-pružných prechodov medzi úložnými boxami a štôľňami a medzi štôľňami a zbernými šachtami formou nerezových výpustov zaústených v plastových chráničkách a obalených pružnými silikónovými dilatačnými a protiposuvovými prechodmi. Podobne zberná armatúra v štôľňach a šachtách je vybavená zbernými nádobami z nerezu

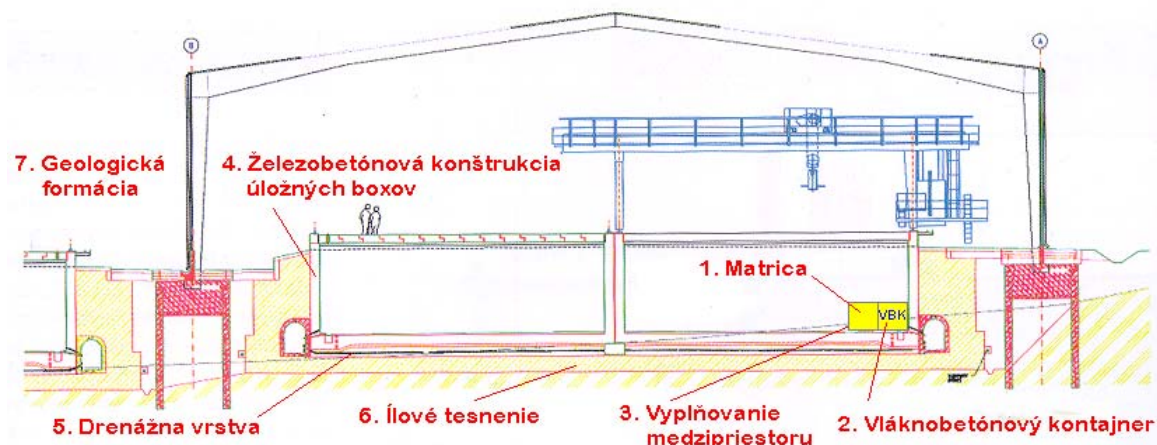
¹ doc.Ing.Michal Bartko,CSc., INTERGEO, a.s. Sládkovičova 7, 972 01 Bojnice, intergeo@intergeo.sk, www.intergeo.sk

² Ing.Ladislav Éhn, JAVYS Jaslovské Bohunice, RU RAO Mochovce, ehn.ladislav@javys.sk

(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 18. 1. 2007)

so signalizáciou prítomnosti rádionuklidov. Všetky tieto aj iné druhy prevádzkových parametrov sú monitorované.

Proti meteorologickým vplyvom je úložisko chránené halou, ktorá zabezpečuje dočasné prekrytie úložného priestoru počas celého procesu ukladania. Po ukončení ukladania bude hala nahradená definitívnym



prekrytím (obr. 1).

Obr. 1. Profil RÚ RAO v Mochovciach.
Fig. 1. The profile of RÚ RAO in Mochovce.

Úložisko je tvorené sústavou úložných boxov zoradených do dvoch dvojrádov, v každom po 40 boxov. Do jedného boxu je možné uložiť 90 vláknobetónových kontajnerov VBK. Celková kapacita úložiska je 7 200 kontajnerov s celkovým objemom 22 320 m³. Vláknobetónový kontajner má vnútorný objem 3,1 m³. Lisované a bitúmenované odpady sú v ňom fixované aktívnou alebo neaktívnou cementovou matricou.

Systém ochranných bariér úložiska

Republikové úložisko získalo súhlas ÚJD SR pre uvedenie do prevádzky v decembri 1999 a v septembri 2001 súhlas na trvalú prevádzku 1. dvojrada úložných boxov.

Kapacita vybudovaných VBK s RAO (z prevádzky, vyradovania a inštitucionálnych) s predpokladom na dobu cca 10 až 15 rokov. Nakoľko na uloženie všetkých RAO (vyhovujúcich kritériám prijateľnosti) bude potrebná kapacita cca 19 300 VBK, bude potrebné úložisko rozšíriť. Areál úložiska umožňuje rozšírenie na 10 úložných dvojrádov.

Hlavná činnosť prevádzky úložiska je zameraná na preberanie, kontrolu a ukládanie VBK s RAO a tiež monitorovanie vplyvu úložiska na životné prostredie. Ročne sa ukladá do úložiska 220 až 250 VBK s upraveným rádioaktívnym odpadom v závislosti na množstve spracovaných odpadov v Bohunickom spracovateľskom centre RAO (BSC RAO) v Jaslovských Bohuniciach (tab 1.).

Rok	Počet uložených VBK s RAO
2000 - 2001	122
2002	214
2003	240
2004	218
2005	238
2006	228
Celkový počet k 30. 12. 2006	1260

Komplexný prevádzkovo monitorovací systém RU RAO

Systém monitorovania vybraných parametrov RÚ RAO poskytuje informácie dôležité pre posudzovanie hodnotenie a zvyšovanie jeho bezpečnosti počas prevádzky, po jej ukončení a počas celého obdobia tzv. inštitucionálnej kontroly. Monitorované parametre, zložky, lokality meraní a odberov, ako aj ich frekvencie boli stanovené na základe analýzy možných ciest prípadného uvoľňovania rádionuklidov do životného prostredia, ako aj z poznatkov úložísk rádioaktívnych odpadov vo svete. Dôraz je položený na hydrosféru (drenážne, podzemné a povrchové vody), nakoľko táto cesta expozície je potenciálne

najvýznamnejšia. Cieľom monitorovania je včas odhaliť nežiaduce zmeny v životnom prostredí spôsobené existenciou RÚ RAO.

Monitorovanie RÚ RAO z časového hľadiska možno rozdeliť na tri etapy:

- predprevádzková (trvala do začatia ukladania RAO, teda od započatia výstavby úložiska do začatia jeho skúšobnej prevádzky v r.1999),
- prevádzková (trvá po celú dobu ukladania - RAO),
- postprevádzková (po uzatvorení úložiska - inštitucionálna kontrola, minimálne po dobu 300 rokov).

Tieto tri etapy sa vyznačujú nasledovným účelom monitorovania:

Predprevádzková:

- získanie súboru pozadia hodnôt a stanovenie vyšetrovacích úrovní monitorovania pre prevádzkovú etapu ako štatisticky významnej odchýlky od pozadia pred započatím výstavby úložiska,
- výber monitorovacích miest z pohľadu možného sledovania aj po výstavbe úložiska z hľadiska referenčnosti meraní,
- hľadanie kritických ciest, ktoré by mohli byť tzv. únikovými cestami pre rádionuklidy,
- optimalizácia metodík monitoringu,
- odborný zácvič personálu.

Prevádzková:

- kontrola autorizovaných limitov stanovených pre prevádzku,
- dokumentovanie radiačnej situácie v úložisku a jeho okolí počas ukladania,
- detekovanie neakceptovateľnej migrácie rádionuklidov dostatočne zavčasu, aby mohli byť uskutočnené opatrenia na minimalizáciu ich vplyvu a na ochranu životného prostredia,
- dokumentovanie jadrovej bezpečnosti, stability bariér a dotknutého životného prostredia v úložisku samotnom a jeho širšom okolí.

Postprevádzková:

- dokumentovanie radiačnej situácie v okolí úložiska po ukončení ukladania RaO a jeho uzatvorení,
- detekovanie neakceptovateľnej migrácie rádionuklidov dostatočne zavčasu, aby mohli byť uskutočnené opatrenia na minimalizáciu ich vplyvu a na ochranu životného prostredia.

Úlohou monitorovania RÚ RAO a jeho okolia je preukázať, že počas ukladania RAO, resp. po uzatvorení úložiska je zachovaná jeho integrita.

Projekt monitorovania je rozdelený na monitorovanie:

- drenážnych vôd,
- podzemných a povrchových vôd,
- ovzdušia,
- pôdy,
- potravinových reťazcov,
- vlhkosti ílovej vane,
- vplyvu erózie na oblasť úložiska,
- železobetónových konštrukcií úložiska,
- sadania úložiska.

Pri návrhu monitorovacieho programu boli zvažované také postupy, ktoré umožnia odlišiť prípadný vplyv RÚ RAO od vplyvu prevádzkovej JE EMO na okolité životné prostredie.

Monitorovanie drenážnych vôd

Pri potenciálnom úniku kontaminantov z RÚ RAO by bolo možné tieto najskôr zaregistrovať v drenážnych vodách, a preto hlavnú pozornosť treba sústrediť na ich kontrolu.

Drenážny systém je rozdelený na:

- kontrolovaná drenáž č. 1, KD 1 (drenážna vrstva v úložných boxoch)
- kontrolovaná drenáž č. 2, KD 2 (vrstva pod úložnými boxami)
- sledovaná drenáž, SD (vrstva na vonkajšej strane ílovej vane)

Monitorované charakteristiky sú: objemová aktivita ^3H , celková beta aktivita, gamaspektrometria, alfaspektrometria, stanovenie pH a konduktivity, monitorovanie hladín drenážnych vôd v zberných nádržiach SD a KŠ, chemické analýzy drenážnych vôd na Cl^- , SO_4^{2-} .

Monitorovanie podzemných a povrchových vôd

Monitorovanie podzemných vôd

V areáli RÚ RAO a jeho blízkom okolí je vybudovaných 46 monitorovacích vrtov. Monitorované sú aj hladiny podzemných vôd elektrokontaktnými hladinomerami a objemové aktivity rádionuklidov po odbere vzorky.

Pre odber vzoriek podzemných vôd sa používa prenosný pneumatický vzorkovač využívajúci stlačený vzduch, ktorý vytláča odoberanú vzorku vody. Na 6 miestach sa monitoruje aj pôdna vlhkosť. Pre vzorkovanie pôdnej vody sa používajú lyzimetre JAK LYZ 30.

Monitorované charakteristiky sú: objemová aktivita ^3H , celková objemová aktivita beta, gamaspektrometria, ^{90}Sr , alfaspektrometria, chemická analýza podzemných vôd na Cl^- , SO_4^{2-} , monitorovanie pH a vodivosti.

Monitorovanie povrchových vôd

Potenciálne kontaminované povrchové vody môžu byť tvorené zrážkovými vodami z intravilánu RÚ RAO, ktoré sú zvedené do dvoch nádrží zrážkových vôd s objemom po 490 m^3 .

Monitorovací program pre povrchové vody je realizovaný v 3 oblastiach:

monitorovanie vôd v nádržiach zrážkových vôd,
monitorovanie sedimentov v nádržiach zrážkových vôd,
monitorovanie povrchových vôd Čifárskeho rybníka.

Zrážkové vody z nádrží zrážkových vôd sú odvádzané kanálom do blízkeho Čifárskeho rybníka, kde sa vykonáva:

- 1, monitorovanie sedimentov Čifárskeho rybníka,
- 2, monitorovanie povrchových vôd v merných prepadoch kanála ústiaceho do Čifárskeho rybníka.

Monitorovanie ovzdušia

Pre úplnú charakteristiku radiačnej situácie vybranej lokality a jej vplyvu na okolie je potrebné (okrem hydrosféry) kontrolovať expozičné príkony gama žiarenia, aktivitu rádioaktívnych látok v prízemnej vrstve atmosféry (aerosoly, spád),

Monitorovanie pôdy

Raz ročne sú odoberané vzorky pôdy z areálu a okolia RÚ RAO z 10 odberných miest. Vzorky pôdy sa odoberajú odberovou lopatkou z definovanej plochy a hĺbky ($100 \times 200 \times 50 \text{ mm}$). Na upravených vzorkách pôdy sa realizujú gama spektrometrické merania.

Monitorovanie potravinových reťazcov

Najdôležitejšie zložky životného prostredia, v ktorých je potrebné sledovať koncentráciu rádionuklidov z hľadiska hodnotenia radiačného vplyvu RÚ RAO na okolité obyvateľstvo, sú okrem vody a vzduchu pôda, flóra, fauna, resp. potravinárske výrobky (chlieb, mäso, mlieko a pod.). Z článkov potravinového reťazca majú význam hlavne poľnohospodárske kultúry (obilniny, krmoviny) zavlažované vodou z Čifárskeho rybníka, resp. mlieko, ak pochádza od kráv, ktoré sú kŕmené zavlažovanými krmovinami.

Monitorovanie vlhkosti ílovej vane

Dostatočná a trvalá tesniaca účinnosť ílovej vane v RÚ RAO v Mochovciach je jednou zo základných podmienok jeho bezpečnej prevádzky. Cieľom monitorovania vlhkosti ílovej vane je priebežná kontrola jej zmien v čase a reálnych podmienkach.

Optimálna vlhkosť skúšaných zemín sa do značnej miery zhoduje s ich medzou plasticity, ktorá sa najčastejšie pohybovala v intervale $w_p = 15$ až 20% .

Monitorovanie vplyvu erózie na oblasť úložiska

Rozhodujúcim faktorom ukladania RAO do povrchových geologických formácií je vytvorenie najúčinnnejšej izolácie od človeka a prostredia, v ktorom sa pohybuje, a to minimálne po dobu, po ktorú odpad predstavuje nebezpečie pre ľudský organizmus.

Hlavnými činiteľmi rozrušovania ochranných bariér vytvorených človekom pre RÚ RAO sú voda a vietor. Pozornosť je potrebné venovať iba vizuálnemu pozorovaniu úrovne zachovania pokrytia

povrchových vrstiev úložiska navrhovanou vegetáciou, aby nedošlo k zhoršeniu ich životných podmienok a následne k zmenám, ktoré by mohli skrátiť životnosť definitívneho pokrytia.

Monitorovanie železobetónových konštrukcií úložiska

Základnou požiadavkou na železobetónové konštrukcie RÚ RAO je, aby si po celú dobu požadovanej životnosti zachovali statickú a funkčnú spôsobilosť, t.j., aby nedošlo k zníženiu, alebo strate ich nosnej schopnosti. Sledované sú deformačné charakteristiky úložiska počas jeho prevádzky, spojenej s navázaním odpadu a tak zvyšovaním zaťaženia v základovej škáre objektu. Na základe nameraných hodnôt sadania je podľa STN 731001 posudzovaná konštrukcia úložiska na medzný stav použiteľnosti.

Monitorovanie sadania úložných boxov

Monitorovanie sadania úložných priestorov RÚ RAO dáva významnú a pre posúdenie stavu veľmi závažnú informáciu o správaní sa základovej pôdy a jej reakcii na účinky zaťaženia. Cieľom monitorovania sadania je meranie zvislých posunov a ich hodnotenie. Na železobetónové konštrukcie bolo osadených 99 meracích značiek a 18 trvalo stabilizovaných vzťažných bodov. Na objekte sú realizované nasledovné merania:

- meranie vzájomných posunov dilatačných celkov dvojradu a meranie výškových posunov,
- určenie relatívnej priestorovej polohy jednotlivých dilatačných celkov v dvojrade, teda polohové meranie boxov,
- meranie deformácií v mikrotrhlinách štôlní.



Obr. 2. Pohľad do haly úložiska.
Fig. 2. View in the hall of deposit.



Obr. 3. Zakladanie kontajnera do boxu.
Fig. 3. Put of the container in the box.



Obr. 4. Pohľad na uložené kontajnery.
Fig. 4. View on safe containers.

Sadanie úložných priestorov

V marci 2001 bolo vykonané základné meranie železobetónových konštrukcií a sadania úložných priestorov. V rámci tejto etapy merania bolo zabudovaných do monitorovaných stavebných konštrukcií 99 meracích značiek a 18 trvalo stabilizovaných vzťažných bodov bolo umiestnených na objekte haly. Taktiež

bolo do oboch monitorovacích štôlní osadených 51 dilatometrických bodov guľového tvaru s antikoróznou úpravou.

Po zrealizovaní týchto úprav je možné vykonávať nasledovné merania:

- meranie vzájomných posunov dilatačných celkov dvojradu A a B,
- meranie vzájomných posunov dilatačných blokov monitorovacích štôlní - vetvy A, B,
- určenie relatívnej priestorovej polohy jednotlivých dilatačných celkov v dvojrade A, B,
- definovanie priestorovej polohy meraných bodov úložiska vzhľadom na sieť vzťažných bodov umiestnených mimo monitorovaného objektu.

Cieľom stavebno-geotechnického monitoringu v roku 2006 bolo porovnať aktuálne údaje s údajmi so základného merania a analýzou hodnôt zistiť deformačné charakteristiky úložiska počas jeho prevádzky spojenej s navázaním odpadu. Rovnaké merania boli taktiež realizované v rokoch 2002, 2003, 2005 a dvakrát v roku 2006.

Na základe porovnania nameraných hodnôt v októbri 2006 s hodnotami základného merania v marci 2001 možno konštatovať, že :

- nebolo zaznamenané zväčšenie šírky trhlín v monitorovacích štôlniach, najväčšia deformácia bola zaznamenaná v štôlni B, ktorá sa otvorila za sledovaných 5 rokov o 0,3 mm,
- v dilatáciách monitorovaných štôlní boli zaznamenané pohyby do veľkosti 1 mm, okrem dilatácie medzi 5. a 6. blokom, kde boli v oboch štôlniach pohyby medzi 1 až 1,5 mm, čo je však prejavom zmien teploty základovej dosky na jar a jeseň, keď boli merania vykonávané,
- v dilatáciách vlastného úložiska boli namerané posuny do 1 mm v priečnom smere a do 4 mm v pozdĺžnom smere.

Konkrétne výsledky monitorovania za 3 štvrťrok v roku 2006 sú nasledovné:

Výpuste do atmosféry: do atmosféry neboli vypustené žiadne rádioaktívne látky

Výpuste do hydrosféry: do hydrosféry neboli vypustené žiadne rádioaktívne látky

Monitorovanie okolia: v sledovanom období neboli zaznamenané žiadne hodnoty nad dlhodobý priemer pozadia v životnom prostredí.

Množstvo vypúšťaných vôd z povrchového odtoku: z areálu vypustené len vody z povrchového odtoku v množstve 734 m³.

Zhodnotenie kvality vypúšťaných vôd: koncentračné hodnoty ukazovateľov vypúšťaných vôd z povrchového odtoku stanovených v rozhodnutí vodohospodárskeho orgánu neboli v sledovanom období prekročené.

Tab. 2. Porovnanie kvalitatívnych ukazovateľov s limitami.
Tab. 2. Compare of qualitative indicators with limits.

	Namerané hodnoty		Povolená limitná koncentrácia
	min.	max.	
pH	8.00	8.1	-
vodivosť [μ S/cm]	165	245	-
trícium [Bq/l]	0.88	1.11	4 690
60 Co [Bq/l]	0.013	0.024	5.6
137 Cs [Bq/l]	0.014	0.017	5.7
suma beta [Bq/l]	0.15	0.33	-
90 Sr [Bq/l]	0.008	0.013	61
239, 240 Pu [Bq/l]	< 0.001	< 0.001	0,139

Počas prevádzky nedošlo k žiadnemu negatívnemu ovplyvneniu ŽP v areáli RÚ RAO a v jeho okolí.

Rozšírenie RÚ RAO Mochovce

Z dôvodu predčasného odstavenia JE V1 bude potrebné rýchlejšie spracovanie existujúcich RAO z prevádzky JE V1 a tým dôjde aj k rýchlejšiemu zaplňaniu úložiska. Na odstavenie JE V1 vznikol fond BIDSF – medzinárodný podporný fond na vyradenie elektrárne V1. Z tohto fondu budú realizované aj budúce aktivity na RÚ RAO v Mochovciach (rozšírenie úložiska a pod.). V súčasnosti prebieha príprava realizácie projektu BIDSF C9.1 - „Štúdia realizovateľnosti pre rozšírenie RÚ RAO Mochovce“. Štúdia realizovateľnosti má analyzovať prehľad doterajších úvah o rozšírení RÚ RAO Mochovce, prehľad o ukladaní veľmi nízkoaktívnych RAO vo svete, zhodnotenie zmien v systéme nakladania s RAO v dôsledku rozhodnutia o predčasnom odstavení a vyradení JE V1.

Pre riešenie nedostatočnej kapacity úložiska pre odpady z vyradovania JE V1 sú v zásade možné dve alternatívy:

- zvýšiť súčasnú kapacitu úložiska výstavbou ďalších dvojradov, čo by znamenalo spracovanie a ukladanie RAO vo forme VBK, prípadne schváliť nové formy ukladania,
- vybudovať nové úložisko pre veľmi nízko rádioaktívne odpady.

Cieľom štúdie realizovateľnosti je poskytnúť dostatok podkladov pre rozhodnutie o spôsobe ukladania RAO z vyradovania JE V1.

Model konečného prekrytia úložiska

Jednou z najdôležitejších etáp v živote úložiska bude po definitívnom skončení ukladania rádioaktívnych odpadov tzv. konečné prekrytie lokality s úložnými priestormi. Dôkladné prekrytie je veľmi dôležité z dôvodu dokonalého oddelenia uložených rádioaktívnych odpadov od životného prostredia a hlavne zamedzenia prístupu zrážkových vôd k uloženým odpadom. Zabezpečenie dlhodobej funkčnosti konečného prekrytia je jednou z najdôležitejších podmienok, ktoré musia byť splnené pre zaistenie bezpečnosti RAO uložených v úložisku. Funkčnosť prekrytia musí byť zachovaná minimálne na 300 rokov. Z tohoto dôvodu najvhodnejším materiálom je prírodný materiál - ílovité zeminy, ktoré majú po zhutnení výborné vlastnosti z hľadiska nepriepustnosti vody. Pre zabezpečenie čo najhodnejšieho materiálu a dostatočného množstva ílovitých zemín bol v roku 2003 v okolí RÚ RAO realizovaný ložiskový geologický prieskum.

Na niektoré otázky ohľadom bezpečnosti RU RAO nám začína dávať odpoveď zmenšený model úložiska. Model prekrytia úložiska vychádza z monolitického riešenia prekrytia s jednou ílovou tesniacou vrstvou hrúbky 2 m, chránenou prekryvnou pôdnou vrstvou s hrúbkou 1 m. Rozmery modelu umiestneného na podkladovej železobetónovej doske sú 50 m x 50 m so sklonom svahov 1:2,5 a 1:5. Model je situovaný v juhozápadnej časti areálu RÚ RAO Mochovce.

Na modeli budú sledované vlastnosti najvýznamnejšieho prvku konečného prekrytia – tesniacej ílovej vrstvy. Súčasne sa budú monitorovať aj vlastnosti krycej vrstvy zeminy, ktorá bude chrániť ílovú vrstvu pred poveternosnými vplyvmi.

Na modeli prekrytia úložiska sa budú dlhodobo sledovať aj parametre, ako sú geometrický tvar modelu, povrchová erózia a deformácie povrchu krycej vrstvy, ale aj ďalšie veličiny (vlhkosť zemín tesniacej a krycej vrstvy, teplota zemín tesniacej a krycej vrstvy, objemová hmotnosť zeminy tesniacej vrstvy, súčiniteľ filtrácie zemín tesniacej a krycej vrstvy, klimatické vplyvy).

Výsledky monitorovania sa budú využívať ako vstupné údaje pre matematické modelovanie geotechnických problémov prekrytia. Predpokladá sa dlhodobé monitorovanie po dobu 15 – 20 rokov v závislosti na potrebách rozširovania kapacity úložiska. Výsledkom uvedeného dlhodobého monitorovania ílovej tesniacej a prekryvnej vrstvy a matematického modelovania bude rad informácií, ktoré sa v budúcnosti využijú pri návrhu a projektovaní definitívneho tvaru a zloženia štruktúry konečného prekrytia.

Záver

Z horeuvedených materiálov, ako aj príloh jednoznačne vyplýva, že ukladanie rádioaktívnych odpadov v RU RAO Mochovce je interdisciplinárnym problémom zahŕňajúcim úplne rôznorodé oblasti od geológie, hydrogeológie, stability, betonových konštrukcií, ochranných náterov, matematického modelovania, špeciálneho projektovania, strojárstva, bezpečnosti, životného prostredia, geofyzikálnych metód a radu ďalších vedných odborov a disciplín.

Základom celkového pohľadu na ukladanie rádioaktívnych odpadov je zanechanie takých záťaží pre budúce generácie, ktoré by nepoškodili životné prostredie, ale zároveň uchovanie odpadov tak, aby napríklad ďalšie budúce generácie pri nových budúcich technológiách mohli využiť uskladnený rádioaktívny odpad na rôzne účely 300 rokov poľčas rozpadu je dostatočne dlhá doba, aby nové technológie vedeli využiť a zhodnotiť to čo je v súčasnosti odpad a v budúcnosti možno využiť ako surovinu.

Literatúra - References

- Štefula, V., a kol.: Predprevádzková bezpečnostná správa pre RÚ RAO Mochovce, Kapitola: VI. Bezpečnostné rozbory, *SE VYZ a. s., jún 1999*.
- Oznámenie Ministerstva zahraničných vecí Slovenskej republiky č. 125/2002 o Spoločnom dohovore o bezpečnosti nakladania s vyhoretým palivom a o bezpečnosti nakladania s rádioaktívnym odpadom.
- Zákon Národnej rady č. 541/2004 Z.z. z 9. septembra 2004 o mierovom využívaní jadrovej energie (atómový zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

- Vyhláška ÚJD SR č. 318/2002 Z.z. o povoľovacej dokumentácii.
- Vyhláška ÚJD SR č. 190/2004 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o nakladaní s jadrovými materiálmi, rádioaktívnymi odpadmi a vyhoretým jadrovým palivom.
- Vyhláška ÚJD SR č. 167/2004 Z.z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o požiadavkách na jadrovú bezpečnosť jadrových zariadení pri ich umiestňovaní, projektovaní, výstavbe, uvádzaní do prevádzky, prevádzke, vyradovaní a pri uzatvorení úložiska ako aj kritériá pre kategorizáciu vybraných zariadení do bezpečnostných tried.
- Vyhláška ÚJD SR č. 121/2004 o periodickom hodnotení jadrovej bezpečnosti.
- IAEA - ISAM: Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities, *Volume 1. July 2004. IAEA Vienna, Austria 2004. ISBN 92-0-104004-0.*
- Vyhláška MZ SR č. 12 z 13. decembra 2000 o požiadavkách na zabezpečenie radiačnej ochrany
- Mazúra, E., Lukniša, M.: Atlas SSR, SAV, Bratislava, 1980.
- Kostolanský, M., Benko, J.: Monitorovanie podzemných vôd a vyhodnotenie hydrogeologických pomerov lokality RÚ RAO Mochovce, *Technická správa, EKOSUR Jaslovské Bohunice, 1999.*
- Grmela A., Homola V.: Reinterpretácia geologických a hydrogeologických údajov doplnkového prieskumu pre regionálne úložisko rádioaktívnych odpadov v Mochovciach, *VŠB Ostrava 1992.*
- Svetlík, J.: RÚRAO Mochovce IG a HG doplnkový prieskum, *správa I. a II. etapy Hydroconsult Bratislava 1997.*
- Fordinál, K. a kol.: RÚ RAO Mochovce - geológia a tektonika. Záverečná správa. Geologická služba SR Bratislava, 1997, Zákazka 7173/97 pre VÚJE Trnava a.s. Archív SE - VYZ o.z.
- Šimon, Paudítš: Môže DMR odhaliť tajomstvá zeme? Geoinfo 2/98-Geologická služba Slovenskej republiky Bratislava Geoinfo 2/98.
- Juhásová, E.: Analýza lokality a seizmického zaťaženia regionálneho úložiska RAO v Mochovciach. Podklady pre predprevádzkovú bezpečnostnú správu spracované podľa kapitoly 2.3.2 NUREG - 1199. JAS - vývoj a poradensko - konzultačná činnosť v oblasti stavebníctva a výstavby. Str.1-65, IV./1993. Bratislava.
- Juhásová, E.: Dynamická odozva objektov RAO na seizmické zaťaženie, *JAS Bratislava 1993.*
- Čubřík, M.: RAO Mochovce-HGP. Doplnenie údajov. IGHP, n. p. Žilina, závod Bratislava. ČÚ 13.90 3003 7 4 450 1132 1. Reg. Č. Geofondu 224/90. 7 príloh, 1992.
- Predprevádzková bezpečnostná správa pre RÚ RAO Mochovce, kapitola II, Charakteristika lokality, *Mochovce 1998.*
- Volckaert, G., Zeevaert, T.: Bezpečnostné analýzy pre RÚ RaO v Mochovciach, *Belgom, SCK/CEN 1993.*
- Volckaert, G., Zeevaert, T.: Hodnotenie koncentračných limitov pre rádionuklidy v úložisku RaO v Mochovciach, *SCK/CEN august 1993.*
- Kuzma, J.: Variantné upresnenie konečného a nerovnomerného sadania (vr. posúdenia podložia na 1. medzný stav) rozhodujúcich stavebných konštrukcií RÚ RAO Mochovce. *VÚJE 05/2002.*
- Škopek, J. a kol.: Posúdenie podložia RÚ RAO Mochovce na 1. medzný stav vr. Upresnenia konečného sadania, *Energoprůzkum Praha spol. s r.o., 2002.*
- Škopek, J. a kol.: Kontrolné stanovenie geotechnických parametrov zemín podložia RÚ RAO a verifikácia výpočtu 1. medzného stavu existujúcich dvoch dvojradov, *Energoprůzkum Praha spol. s r.o., 2002.*
- Ladek, et. al.: Stress – Deformation and strength characteristics. *Proc. 9th ICSMFE, 1977, Tokyo, Vol. 2, str. 421 – 494*
- Svetlík, J.: IG - doplnkový prieskum lokality RÚ RAO Mochovce.- Hydroconsult Bratislava, 1997.
- Svetlík, J.: Nedeštruktívny doplnkový geofyzikálny prieskum lokality a okolia RÚ RAO Mochovce. *Hydroconsult Bratislava, 1999.*
- ČSN 73 1001 Základová pôda pod plošnými základmi.
- STN 73 1001 Základová pôda pod plošnými základmi.
- EUROKÓD 7: Navrhování geotechnických konstrukcí část 1: Obecná pravidla Statický výpočet. Statický výpočet, EGP INVEST, 07/1997, Výpočet sedání úložiště pro definitivní překrytí, arch. č. EGPI: 443-8-970 027
- Bartko, M.: Podzemné stavebníctvo, Monitorovacie a drenážne štôlne a šachty RU RAO Mochovce, 2001, ITA AITES Bojnice, INTERGEO, a.s. Bojnice.