



RNDr. Václava Havlová, PhD.

Vedoucí odd. Chemie palivového cyklu
Head of Fuel Chemistry Dept.

ÚJV Řež, a. s.

Hlavní 130, 250 68 Řež

Tel.: +420 266 172 405

Mobil: +420 724 081 997

E-mail: vaclava.havlova@ujv.cz

www.ujv.cz

Přírodovědecká Fakulta Praha
Albertov 6
120 00 Praha 2

Věc: Oponentní posudek dizertační práce Jany Švandové Teplotní a hydratační vlivy na stabilitu bentonitových bariér hlubinných úložišť radioaktivního odpadu, PŘF UK Praha, 2014

Předložená práce se zabývá problematikou stability bentonitových bariér, uvažovaných pro zajištění bezpečného fungování hlubinného úložiště (HÚ) vyhořelého jaderného paliva a radioaktivních odpadů. Práce má rozsah 77 stran textu a tři příloh – odborných článků (J. Env. Radioact., 2008; App Clay Sci., 2010 a App. Clay Sci., 2013), 43 obrázků a 11 tabulek.

Práce je rozdělena do 6 kapitol. V úvodní kapitole jsou nastíněny cíle dizertační práce a přiblíženy projekty, v jejichž rámci byla daná dizertace vypracována, a uvedeny odkazy na cizojazyčné články, jež shrnují výsledky prací. V druhé kapitole následuje poměrně obsáhlý úvod do problematiky (30 stran), který se ve značné šíři snaží zasvětit do otázek multibariétového systému HÚ. Kapitola 3 se zabývá experimentální částí, a to experimentem Mock-Up-CZ, odběry vzorků a analýzami. V kapitole 4 jsou uvedeny výsledky a diskuze, spolu s nimi je však uveden i přehled zahraničních Mock-up experimentů. Kapitola 5 dizertační práci uzavírá. Přílohy tvoří 3 články

1. Vinšová H., Jedináková-Křížová V., Kolaříková I., Adamcová J., Příklad R., Zeman J., 2008. *The influence of temperature and hydration on the sorption properties of bentonite. Journal of Environmental Radioactivity* 99(2), 415-425.
2. Kolaříková I., Švandová J., Příklad R., Vinšová H., Jedináková-Křížová V., Zeman J., 2010. *Mineralogical changes in bentonite barrier within Mock-Up-CZ experiment. Applied Clay Science* 47(1–2), 10-15.
3. Švandová J., Videnská K., Příklad R., 2013. *Experimental evaluation of the influence of saturation media on the mineralogical and physicochemical stability of bentonites. Applied Clay Science* 86, 1-10.

Článek 1 pojednává o vlivu hydratace a teplotního gradientu na sorpční vlastnosti bentonitu ve vztahu k migraci radionuklidů.





Článek 2 pojednává o mineralogických změnách bentonitových materiálů

Článek 3 hovoří o vlivu chemického složení i sytících roztoků na mineralogické změny bentonitu a jejich vlivu na sorpční a difúzní vlastnosti bentonitu.

Experiment Mock-Up CZ byl zahájen v roce 2002. Není proto zde místo o diskuzi nad „nemocemi“ konceptu tehdejšího experimentu a je nutno se soustředit na vyhodnocení výsledků a jejich diskuzi. Jedním ze základních problematických faktorů pro aplikovatelnost výsledků tohoto experimentu pro hodnocení bezpečnosti HÚ je set-up, aerobní podmínky experimentu a materiály a fluida, pro experimenty použitá.

Cíle dizertační práce jsou prezentovány v úvodu. Nejsou však zcela přesně formulovány, a to zejména ve vztahu k názvu práce v titulku.

Není jednoznačně uvedeno, jaké konkrétní otázky mají být zodpovězeny a, jakým způsobem a k čemu konkrétnímu slouží výsledky této práce. Není jasně uvedeno, co se míní „stabilitou bentonitových bariér“ (chemická, mineralogická, geotechnická, konstrukční) a jak je tato „stabilita“ spjata s jednotlivými materiály, které mohou být připravovány různými technologickými postupy. Zda experimentální výsledky této práce podporují či vyvrací určité dříve formulované předpoklady či hypotézy. Některé z procesů, řešené v dizertaci a v odborných člancích nejsou uvedeny vůbec, jako např. migrace radionuklidů a její ovlivnění změnami bentonitu, způsobené zatěžovacími zkouškami.

Záběr obecné části je možná až příliš široký (rozvedeno na více než 30 stranách textu ze 77). Zbytečné je uvádění uvažovaných lokalit pro vybudování HÚ či stav budování HÚ ve světě. Ani přírodní analogy a zejména přírodní analog Ruprechtov nemají s experimenty typu Mock-up mnoho společného (např. Tab. 2 je zcela zbytečná). V textu jsou uváděny některé zavádějící informace.

O to více zde scházejí rozsáhlejší teoretické informace o charakteristikách bentonitu z hlediska petrologického, mineralogického a chemického a potenciálních změn, ke kterým dochází v důsledku různých procesů, potenciálně přítomných v HÚ. Postrádám také hlubší diskuzi nad problematikou výběru jílových materiálů inženýrských bariér, tedy proč tyto materiály, jaké materiály, s jakými vlastnostmi a požadovanými parametry a hledání případných alternativ (viz např. švédský projekt ABM). Stejně tak např. bližší informace o zahraničních tlumících materiálech, které jsou použity v zahraničních Mock-up experimentech. K této části by bylo možno se následně jednoznačně odkazovat v části experimentální a v části, kde jsou hodnoceny výsledky. Obdobně postrádám i hlubší zhodnocení výsledků zahraničních Mock-up experimentů a srovnání s výsledky této dizertační práce.

Z publikací ve vztahu k přehledu řešené problematiky není dostatečně zřejmé, jaký je podíl autorky na dosažených publikovaných výsledcích.

Text, zejména obecný, trpí řadou nepřesností.





V kapitole 2.4.3 není u zmínky o vitrifikovaných odpadech zmínka o relevanci k české koncepci HÚ.

Na str. 19 není pravdou, že se intenzivně zkoumá kontejner z nerezové oceli. V současné době probíhá projekt, který má vést k výběru vhodného konceptu kontejneru (korozi odolný a korozně přijatelný) a ke zvolení materiálů k jeho výrobě.

V kapitole 2.4 autorka u multibariérového konceptu skáče od přírodní bariéry k formě odpadu.

Str. 19 poslední odstavec: tepelné ovlivnění je nutno minimalizovat u obou konceptů, ne jen u vertikálního ukládání.

Str. 21, 3. odst.: Nevím o tom, že by byl bentonit jako těsnící materiál zvolen na základě poznatků z přírodních analogů.

Str. 22, 3. Odstavec: Zcela chybné tvrzení; doba fungování úložiště – až 100 let; doba životnosti kontejneru - min. 10 000 let. I další část je diskutabilní.

Str. 25 – bylo by vhodné více rozvést vlastností bentonitu, a to zejména ve vztahu k mechanickým vlastnostem atd.

V experimentální části je opět poměrně velká část věnována popisu experimentu Mock-Up CZ. Není zde vysvětleno, jak je koncept tohoto experimentu v souladu s konceptem HÚ SURAO. Dnes se například při řešení procesů v HÚ neuvažuje použití grafitu pro zvýšení tepelné kapacity bentonitu (str. 36, kap. 3.1.1). Ve stejné kapitole není objasněn původ podzemní vody a dále ani složení saturačních médií (Tab. 5).

V textu kap. 3.1.2 se náhle objevuje zmínka o analýzách cementu bez předchozí zmínky o jeho roli jako bariéry HÚ.

V celé práci mi chybí důslednější propojení mezi českou (úvodní) částí a články. Chápala bych stručné podání analytických metod (např. kap.3.1.2, 3.2.2 a 3.2.3), pokud by na závěr kapitoly následoval odkaz na odpovídající stať v člancích v přílohách.

Výsledky a diskuze jsou poté primárně zaměřené na mineralogické změny bentonitu, ačkoli původní titulok hovoří o stabilitě bentonitu. Textu chybí hlubší diskuze. V kapitole 4.3.1. jsou diskutovány transformace bentonitu, ale není zde objasněno, jak takováto změna ovlivňuje vlastnosti bentonitu. V článku I. je zmiňována pouze CEC a sorpční kapacita vzhledem k Cs. Není tomu tak ani v závěru dizertační práce. Co například změny porozity? V kapitole 4.3.2. jsou novotvořené fáze v kapitole Mock-Up CZ diskutovány jen v prvním odstavci, zatímco následují popisy zahraničních experimentů s objasněním vzniku novotvořených fází v jejich případech. V tomto případě by bylo vhodné diskutovat míru vzniku novotvořených minerálů ve vztahu k mineralogickému složení jednotlivých bentonitů.

Ve člancích I. a II. jsem našla disproporce, na které se dotazuji dále.





Název článku III. by měl být spíše o vlivu chemického složení sytících roztoků. Takto se můžeme domnívat, že jde o vliv saturace bentonitu. Vliv roztoků syčených K na retenční vlastnosti bentonitu je dán kompetivností draslíku s Cs+.

Souhrnně je možno konstatovat, že dizertace je sestavena přehledně, ve formátu samostatné monografie. Oceňuji přiložené články, které vnášejí světlo do řešení problému. Text úvodní části není více méně zatížen formálními a pravopisnými chybami. Text je sice bohužel postižený řadou nepřesností a zatížen koncepčním přístupem k problematice a chybami vlastního experimentu, který byl sestaven před 13 lety, výsledná data a informace o chování tohoto systému jsou však případně využitelné pro přípravu dalších experimentů a diskuzi s výsledky obdobných prací.

K předložené práci mám několik dotazů

- 1) Jaké bylo konkrétní zadání dizertační práce? K čemu konkrétnímu výsledky této práce slouží?
- 2) Co je chápáno pod pojmem stabilita bentonitových bariér?
- 3) Jaký je podíl autorky na provedených výzkumných pracích? Prosím popište svůj podíl na prezentovaných výsledcích.
- 4) Jaký je původ granitické vody, použité pro syčení bentonitu? Byla to voda přírodní či syntetická?
- 5) S jakým konceptem byla použita saturační média v kap 3.2.1? Od jaké podzemní vody byla odvozena, když podzemní voda ze štoly Josef má více Na a Mg než SGW-K (Tab. 5)?
- 6) Proč byl zkoumán i cement, když se o něm jako o materiálu bariér HÚ v obecné části nehovoří?
- 7) Jak ovlivňují novotvořené minerály a proces illitizace stabilitu bentonitu (např. viz kap. 4.2.1, 4.3.1.). Články hovoří pouze o CEC a sorpčních vlastnostech materiálů. Jiné hodnocení stability jsem nenašla.
- 8) Nalezla jsem určitou disproporci mezi článkem I. a úvodní částí. V článku se hovoří o vzniku pyritu (3.1., (1)) ve vzorcích z Mock-Up Josef, zatímco v českém úvodu se uvádí, že nedochází k přeměnám minerálních fází (kap. 4.1.1). Prosím o vysvětlení.
- 9) Další disproporce – v článku II., kap. 4.2. poslední odstavec se hovoří o částečné nestabilitě bentonitu (podloženo modelováním v článku Zeman a Hanuláková 2007), zatímco v českém úvodu se uvádí, že nedochází k přeměnám minerálních fází (kap. 4.1.1). Prosím o vysvětlení.





- 10) Závěr z článku I., který hovoří o snížené kapacitě bentonitu s novotvořenými fázemi, je založen vždy jen na 1 vzorku od jednoho materiálu (Tab. 6). Je tomu skutečně tak? Takový soubor je pro vyslovení takového závěru nedostačující.
- 11) Jak odlišit vliv kompetitivnosti K^+ v roztoku s Cs a vliv novotvořených fází na sorpci a difúzi radionuklidů?

Předloženou dizertační práci hodnotím jako uspokojivou, zejména vzhledem k přiloženým článkům, a v případě uspokojivého zodpovězení vznesených dotazů ji na základě prostudování doporučuji k obhajobě.

RNDr. Václava Havlová, PhD.
Vedoucí odd. Chemie palivového cyklu
ÚJV Řež, a.s.

V Řeži 17.2.2015



