

The image shows a laboratory setup for uranium extraction experiments. It features a metal frame with four glass bottles (A, B, C, D) at the top, each connected to a glass tube leading to a cylindrical reactor vessel. The vessels are placed on a wooden table. The second vessel from the left shows a yellowish precipitate forming on top of a greenish liquid. The text is overlaid on the image in a yellow, serif font.

Sanace následků hydrochemické těžby uranu v severočeské křídě

Injektáž alkalických vod
do zakyseleného pórového prostředí
rozpadavých pískovců

Ladislav Gombos

DIAMO, s. p., o. z. Těžba a úprava uranu

471 27 Stráž pod Ralskem

e-mail: gombos@diamo.cz

Úvod

V rámci sanace horninového prostředí severočeské křídly od následků hydrochemické těžby uranu jsou v současnosti provozovány v oblasti Stráže pod Ralskem dvě povrchové sanační technologie s vyváděním kontaminovaných vod z horninového prostředí:

- odparka s produkcí a přepracováním kamence na sanační produkty;
- neutralizační stanice s ukládáním neutralizačních kalů na odkaliště.

Dosavadní výsledky ověřovacích prací ukazují, že pokud by celková doba sanace neměla přesáhnout 30 let, bude nutno zvýšit kapacitu neutralizační technologie.

Jako slibný způsob likvidace nadbilančních vod z neutralizační technologie se nabízí možnost jejich řízeného vtlačení do vybraných partií plochy VP a využití jejich neutralizační kapacity ke snížení kyselosti cenomanských vod přímo v horninovém prostředí.

Aktualizovaný scénář koncepce sanace kvalitativně zcela zásadním způsobem mění náhled na hlavní efekt imobilizace in-situ. Na rozdíl od minulosti, kdy za hlavní efekt imobilizace bylo považováno cílené zakolmatování horninového prostředí cenomanského kolektoru v ploše VP v důsledku vtlačení suspenze vápenného mléka, je v současné době spatřován efekt především ve snížení kyselosti a solnosti cenomanských vod zejména v okrajových částech plochy vyluhovacích polí a v ploše rozmyvu v důsledku převedení pouze části kontaminantů do formy nerozpustných sraženin a tím případně i navození vhodné předúpravy chemických parametrů vod následně čerpaných na povrchovou technologii.

Hlavní cíle přípravné fáze ověřovacích prací

- laboratorně i poloprovozně blíže specifikovat podmínky pro vtláčení alkalických vod především do souvrství rozpadavých pískovců
- na základě získaných experimentálních výstupů rozhodnout o schůdnosti, způsobu a možném rozsahu využití technologie imobilizace kontaminantů in-situ

Etapy

- **Laboratorní ověřovací práce**
 - 1.etapa - r. 2003 - 2005 - statické dávkové experimenty
 - 2.etapa - r. 2005 - 2006 - dynamické průtočné experimenty
- **Poloprovozní ověřovací práce**
 - Vypracování projektu - r. 2006
 - Vrtné práce - příprava experimentálního polygonu - r. 2007
 - Realizace poloprovozního experimentu - r. 2008

Hlavní cíle ověřovacích laboratorních prací

- Formou statických dávkových testů definovat směsné poměry alkalických vod z neutralizační technologie a kyselých technologických vod z cenomanského kolektoru, při nichž dochází ke vzniku precipitátu, kvantifikovat a určit složení novotvořených minerálních fází.
- Formou dynamických průtočných experimentů na strukturně zachovalých horninových sloupcích stanovit změny hydraulické vodivosti a volné pórovitosti při injektáži alkalických vod do zakyseleného pórového prostředí s variabilní úrovní celkové solnosti, určit chemismus protékajících směsných vod, studovat kvantifikaci novotvořených minerálních fází v závislosti na rychlosti průtoku vod pórovým prostředím a pokusit se kvantifikovat jejich usazování v pórovém prostředí horniny.
- Experimentální data použít i pro validaci geochemického kódu PHREEQC s cílem využít tento program k predikci chování makrosložek při neutralizačních pochodech v pórovém prostředí. Definovat základní soubor modelových minerálních fází pro modelové výpočty.

Dynamické průtočné experimenty na strukturně zachovalých horninách

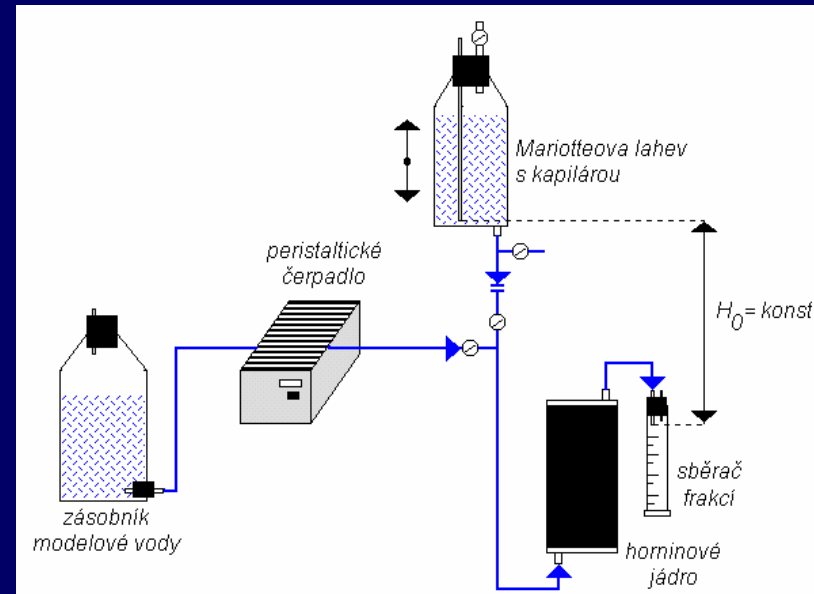
Experimentální metodika

Provozní režimy

- příprava horninových kolon
 - preparace horninového jádra, fixace do formy kolony, sycení odplyněnou ložiskovou vodou za vakua*
- výplach horninových kolon ložiskovou vodou
 - do ustálení pH, vodivosti a SO_4^{2-}*
- injektáž modelové kyselé vody
- injektáž alkalické vody
- reinjektáž ložiskové vody
 - modelování infiltrace ložiskové vody po ukončení sanace*

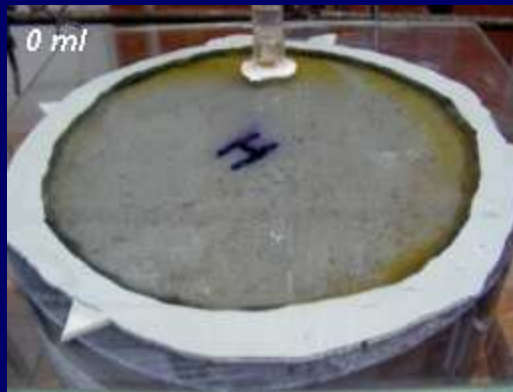
Sledované parametry

- chemismus vytékajících směsných vod
 - pH, Eh, vodivost, RL, SO_4^{2-} , NH_4^+ , Fe, Al, Ca*
- změny hydraulické vodivosti hornin
- změny poměru volné a celkové pórovitosti
- kvantifikace a identifikace novotvořených minerálních fází



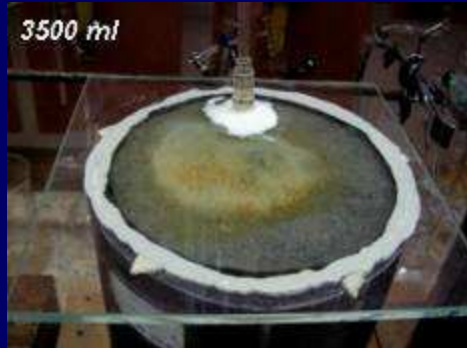
Fotodokumentace průniku precipitátu horninovým sloupcem v závislosti na množství injektované silně alkalické vody do pórového prostředí vyplněného slabě kyselou vodou o solnosti ~4 g/l

Rychlost průtoku 80 cm/den



Fotodokumentace průniku precipitátu horninovým sloupcem v závislosti na rychlosti průtoku silně alkalické vody injektované do pórového prostředí vyplněného středně kyselou vodou o solnosti ~15 g/l

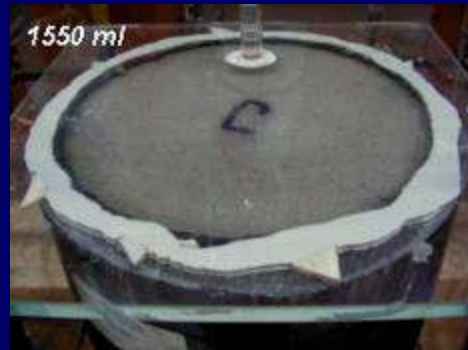
Rychlost průtoku 90 cm/den



Rychlost průtoku 175 cm/den

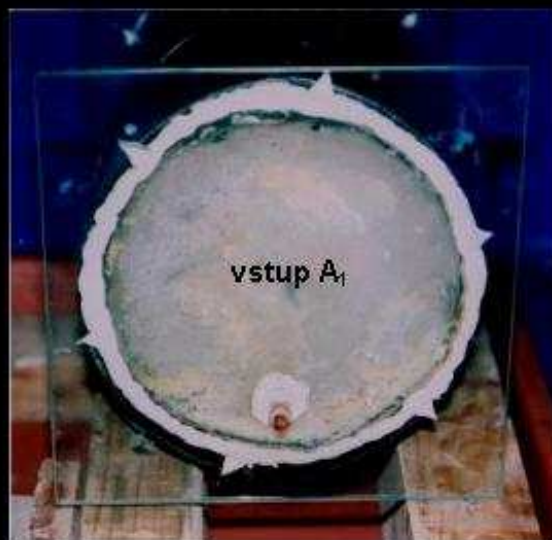


Fotodokumentace průniku precipitátu horninovým sloupcem v závislosti na množství injektované silně alkalické vody do pórového prostředí vyplněného silně kyselou vodou o solnosti ~35 g/l



Rychlost průtoku 110 cm/den

Identifikace novotvořených minerálních fází na vstupní a výstupní filtrační ploše



Vzorek	Vstup – plocha A1	Výstup – plocha D2
Prvek	Koncentrace [hmotn. %]	
F	n.d.	n.d.
Na	0.27	0.29
Mg	0.039	n.d.
Al	3.93	18.8
Si	10.5	10.1
P	0.164	0.57
S _{sulf.}	6.48	1.51
Cl	0.049	0.042
K	0.21	0.19
Ca	19.1	5.41
Ti	0.0109	0.0044
V	0.0094	0.124
Cr	0.013	0.066
Mn	0.010	0.011
Fe	0.59	3.63
Co	0.0055	0.0081
Ni	0.012	0.0057
Cu	n.d.	n.d.
Zn	0.091	0.2
As	0.007	0.017
Sr	0.0096	0.016
Tl	n.d.	n.d.
Th	n.d.	0.005
U	0.006	0.041

Chemické složení
novotvořených minerálních fází
na vstupní a výstupní filtrační ploše
horninové kolony

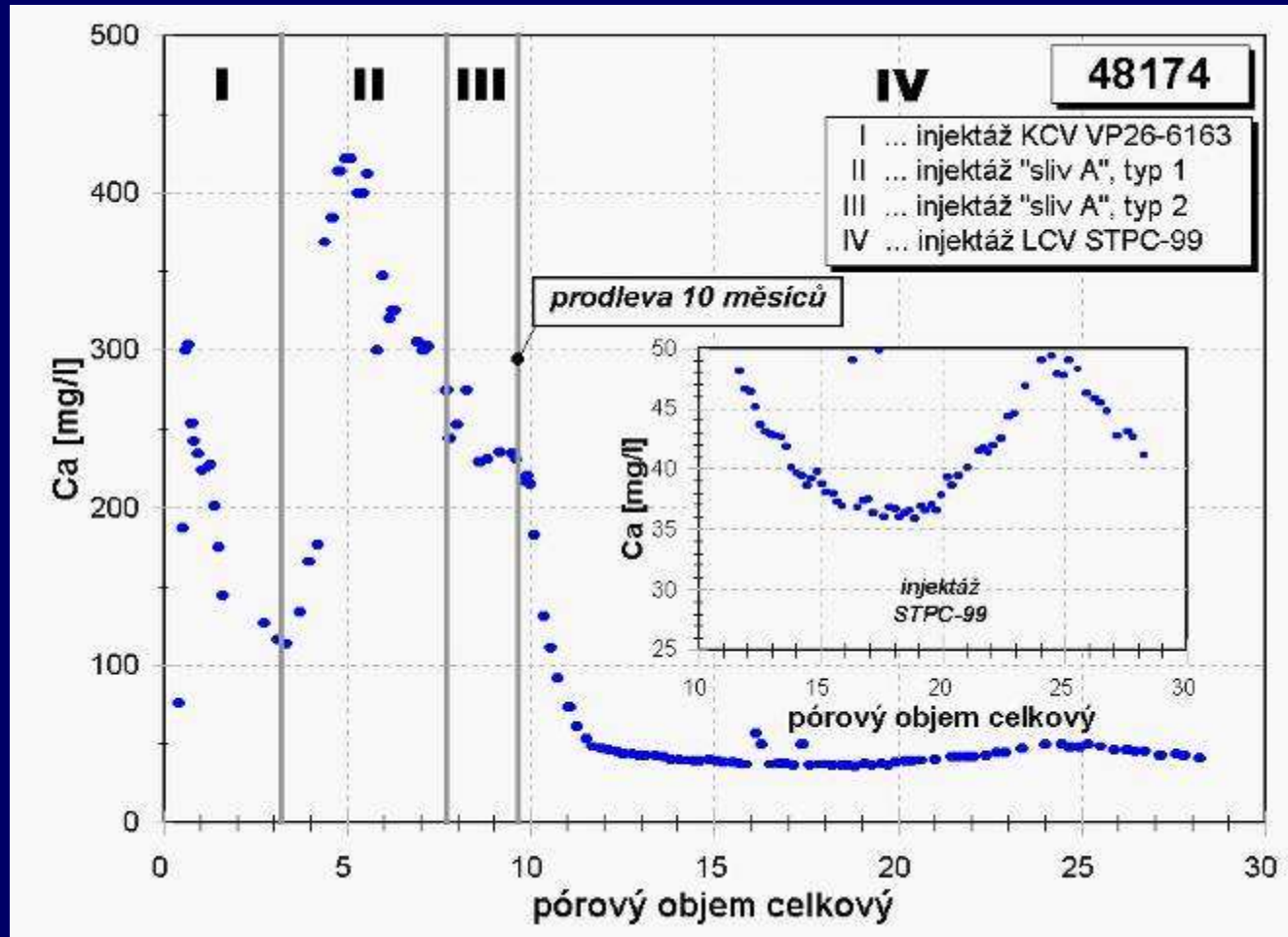
*rentgenová fluorescenční spektrální analýza systémem
UniQuant*

n.d. ... koncentrace pod mezí stanovitelnosti

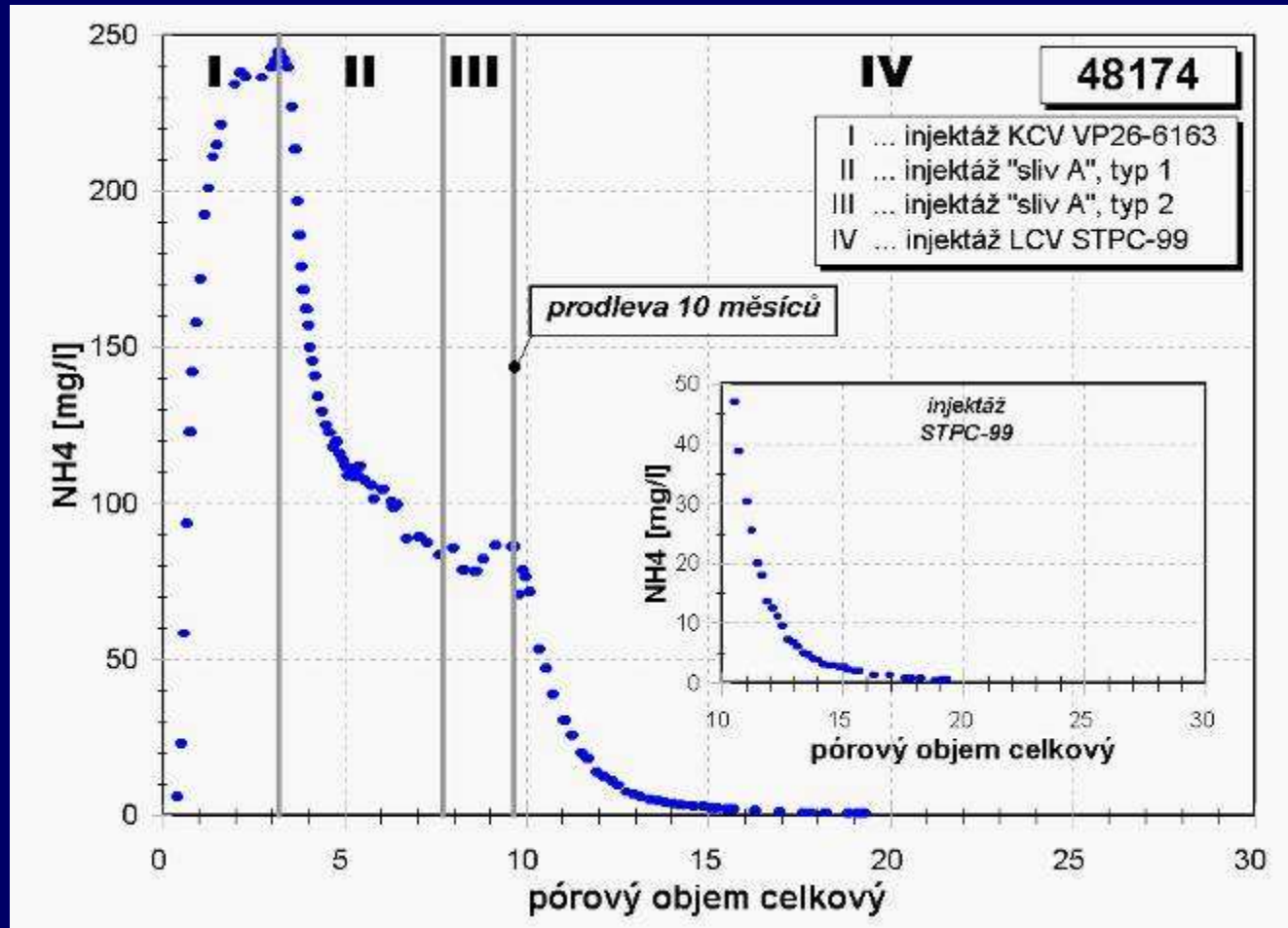
Dynamický průtočný experiment injektáže alkalické vody (průtok ~ 90 cm/den) do pórového prostředí vyplněného středně kyselou vodou o solnosti ~15 g/l a následné reinjektáže ložiskové vody (průtok ~4 cm/den)

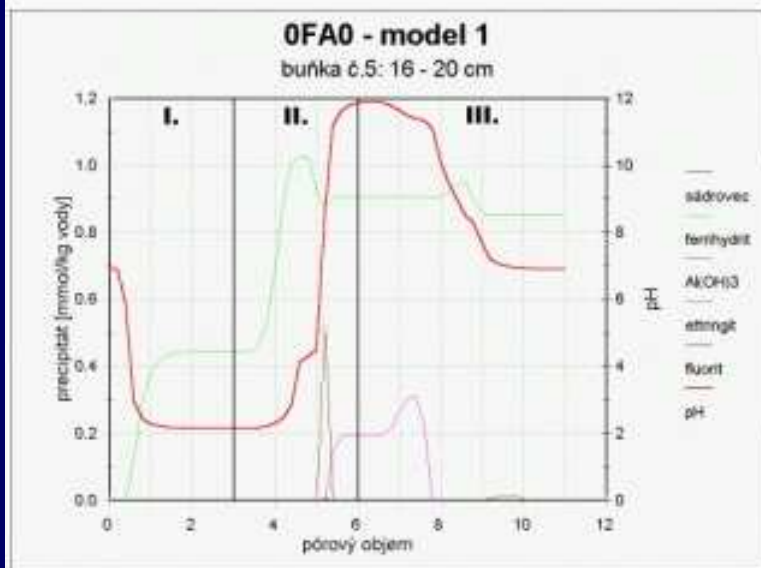
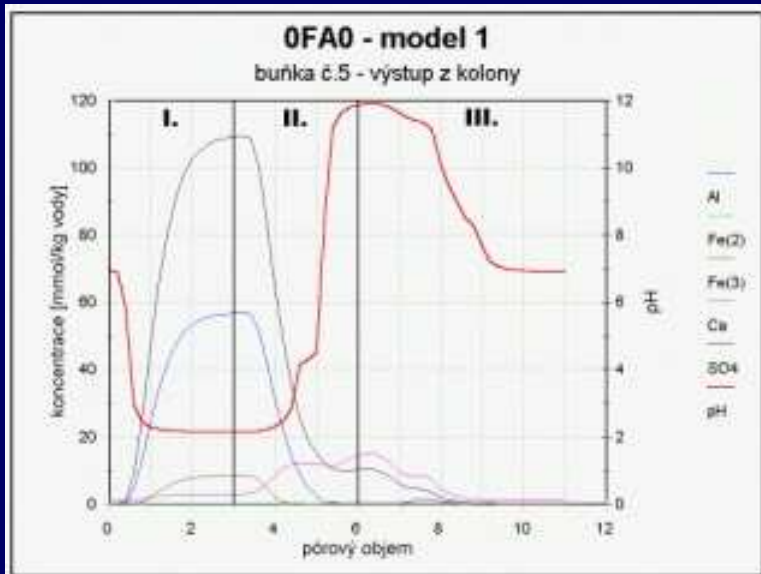


Dynamický průtočný experiment injektáže alkalické vody (průtok ~ 90 cm/den) do pórového prostředí vyplněného středně kyselou vodou o solnosti ~15 g/l a následné reinjektáže ložiskové vody (průtok ~4 cm/den)



Dynamický průtočný experiment injektáže alkalické vody (průtok ~ 90 cm/den) do pórového prostředí vyplněného středně kyselou vodou o solnosti ~15 g/l a následné reinjektáže ložiskové vody (průtok ~4 cm/den)





Provozní režimy:

- I ... injektáž KCV VP26-6163
- II ... injektáž „sliv A“
- III ... reinjektáž ložiskové cenomanské vody

Dynamický průtočný test - modelový výpočet průnikových koncentračních křivek majoritních složek a precipitace/rozpouštění minerálních fází na výstupu z horninové kolony geochemickým modelem PHREEQC

vztažný model blížký typickému hrubozrnnému rozpadavému pískovci, volná porozita 20%, stacionární porozita 5%, podélná disperze 0,01 m, délka kolony 20 cm (5 buněk po 4 cm), rychlost průtoku 0,86 m/den (režimy I a II) resp. 0,09 m/den (režim III)

Závěr

- Pro případnou aplikaci technologie vtláčení alkalických vod z neutralizační technologie do zakyseleného cenomanského kolektoru bude rozhodující proces druhotného mísení vod, závislý na poměru volné a stacionární pórovitosti, a s ním spojená masivnost tvorby neutralizačních produktů.
- Schůdnost injektáže alkalických vod do zakyseleného pórového prostředí rozpadavých pískovců byla prokázána v laboratorních podmínkách na relativně krátkých vzorcích strukturně zachovalých horninových sloupců (20 - 25 cm) pro variabilní solnosti 4 - 35 g/l a rychlosti průtoku 0,8 - 1,1 m/den.
- Schůdnost technologie imobilizace kontaminantů in-situ v reálném měřítku (cca 100-násobném oproti laboratornímu) bude ověřena poloprovozním experimentem.
- Poprvé v historii jádrového vrtání v s. p. DIAMO bude učiněn pokus vystrojit vrt v hloubce cca 200 m pro několikaúrovňové (zonální) vzorkování pórových vod pro účely dlouhodobého studia interakcí vod z dobře propustného horizontu rozpadavých pískovců při kontaktu s méně propustnými (difuzními) horizonty sladkovodního rozmyvu (při bázi rozpadavých pískovců) a fukoidových pískovců (při stropu rozpadavých pískovců) .
- V laboratorním měřítku je připravována realizace dlouhodobých difuzních experimentů zpětné difuze kontaminantů z fukoidových pískovců v kontaktu s variabilními typy okolních vod (cenomanská ložisková voda, alkalické roztoky z neutralizační technologie).

Děkuji za pozornost.