



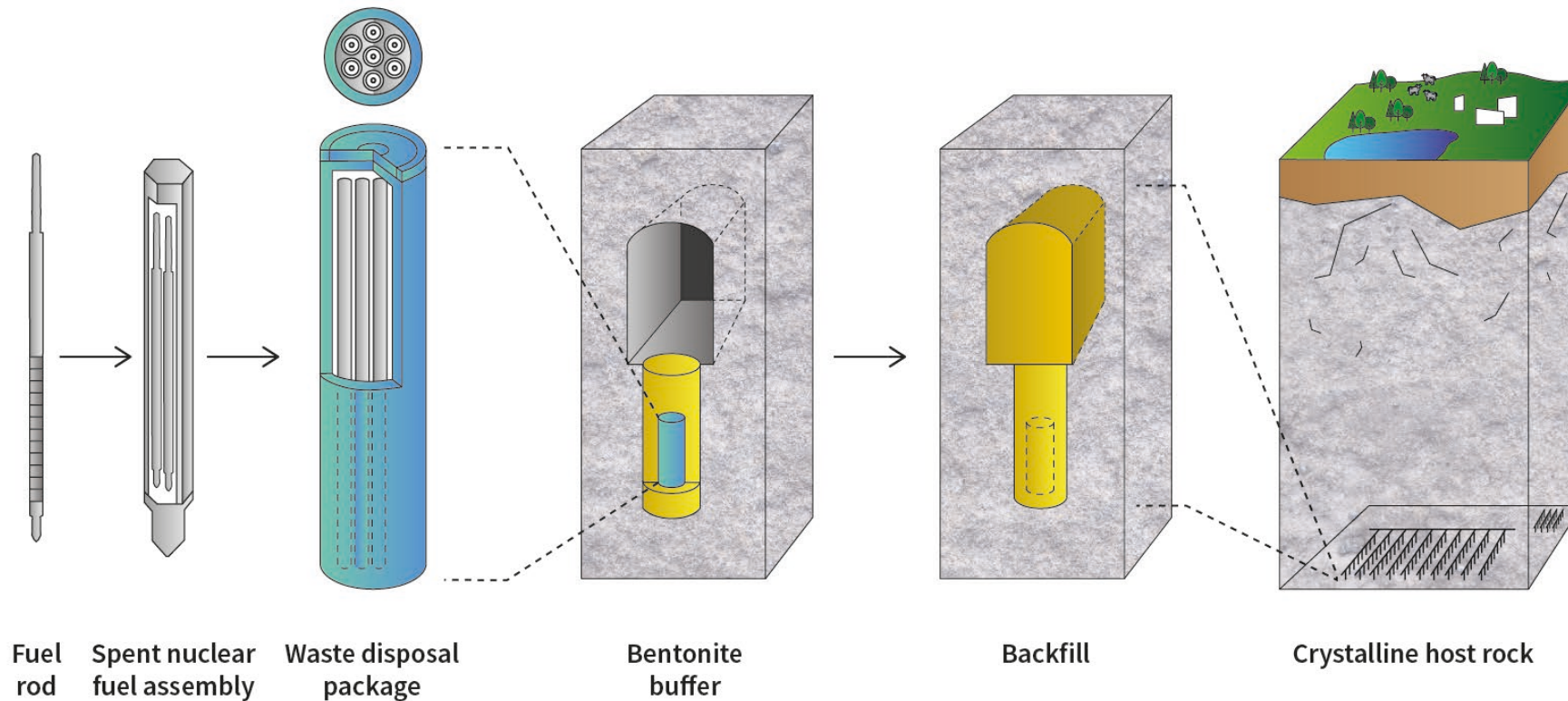
HGIG Kongres Ústí nad Labem, 7. – 8. září 2022

Využití hydrogeologických modelů v procesu výzkumu lokalit pro hlubinné úložiště

Ondrej Mikláš, Marek Vencel

Hlavní cíle HG modelů

- Prokazování stabilního prostředí pro inženýrské bariéry
- Poskytnutí dat pro výpočet dávky v biosféře - vyhodnocení migrace a zdržení radionuklidů v hornině



Hydrogeologické modely z hlediska stability inženýrských bariér

- Hlavní cíl – získání pravděpodobností distribuce průtoků přes náhodný ukládací vrt
- Vysoká míra heterogenity horniny - proudění v puklinovém prostředí
- Vyjádření transmisivity pomocí rozevření puklin

- $Q = -\rho g (12\mu)^{-1} b^3 W \nabla h$

Q - objemový tok puklinou

b - rozevření pukliny

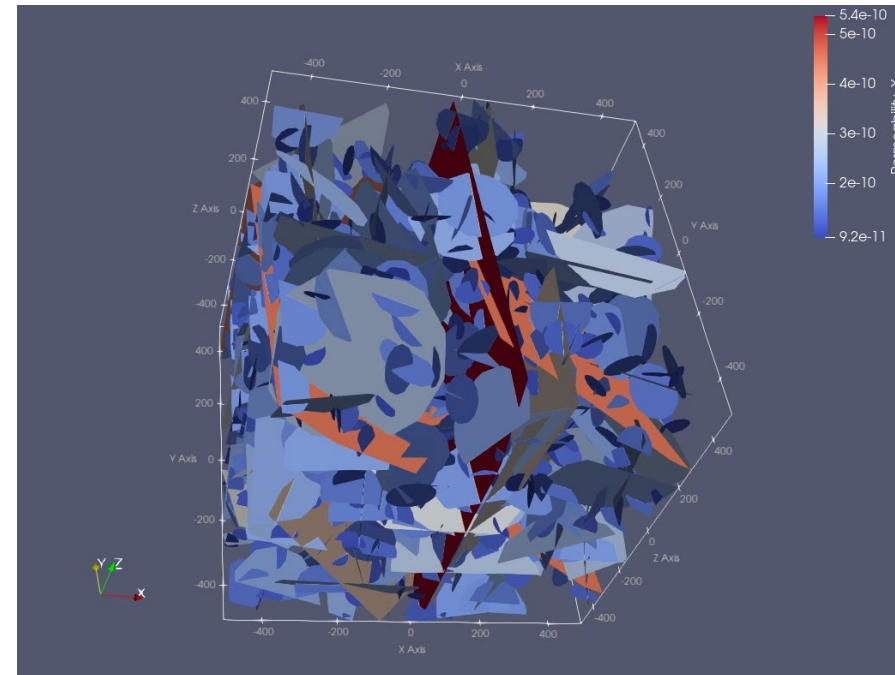
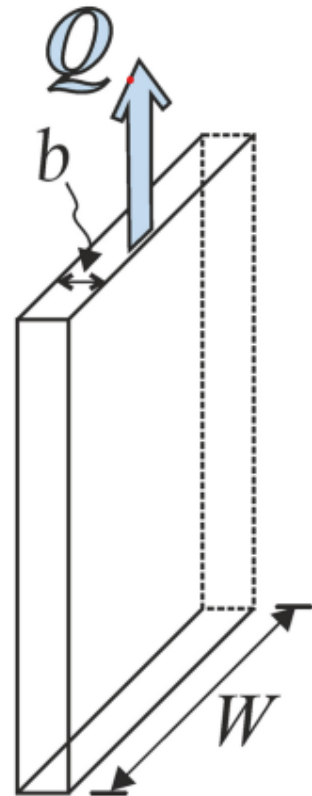
ρ - hustota vody

μ - kinematická viskozita

g - gravitační zrychlení

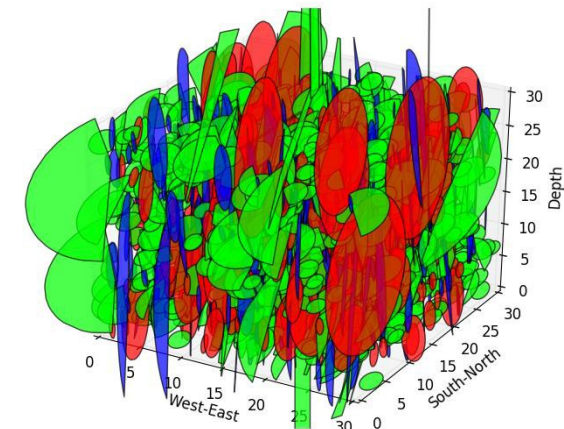
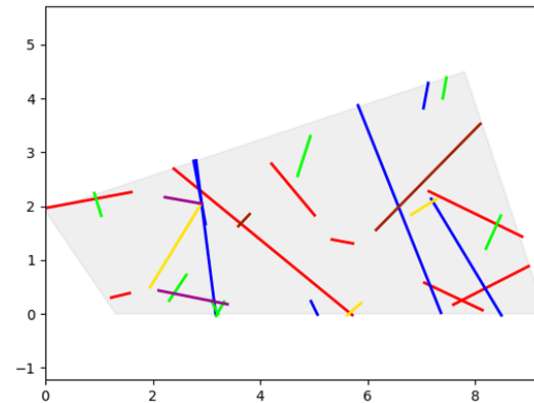
∇h - hydraulický gradient

W – šířka pukliny



Model geometrie puklinového prostředí

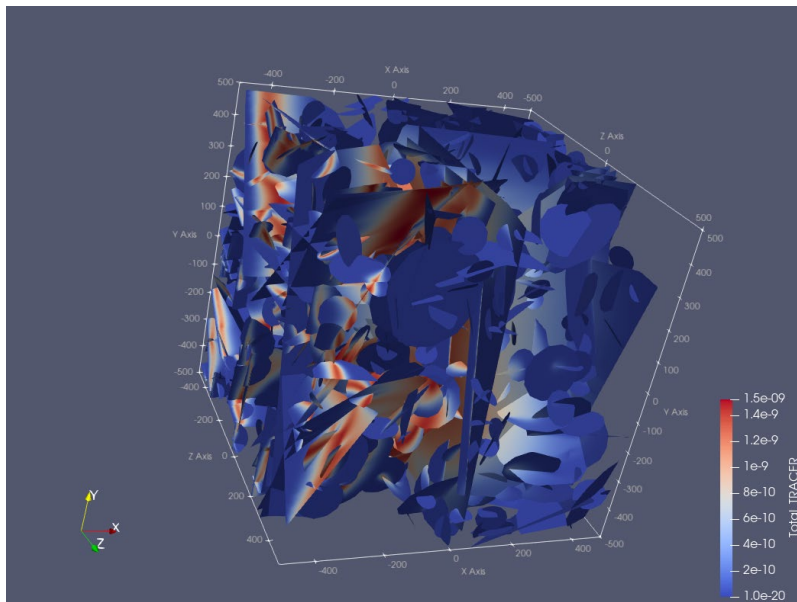
- Kombinace deterministických puklin, zadaných do modelu napřímo a menších puklin, generovaných statisticky
 - Pravděpodobnostní distribuce velikosti puklin (mocninné rozdělení)
 - Distribuce orientací puklin (Fisherovo rozdělení)
- Vstupní data pro stochastický model – mapování puklin na výchozech (resp. stěnách podzemních chodeb)
- Optimalizace parametrů vůči puklinám na výchozech – hustota puklin (počet puklin na výchoze) a parametry pravděpodobnostního rozdělení velikosti puklin (délka stop puklin)
- SW DFRAM: https://gitlab.com/pkabele/dfram_lgpl



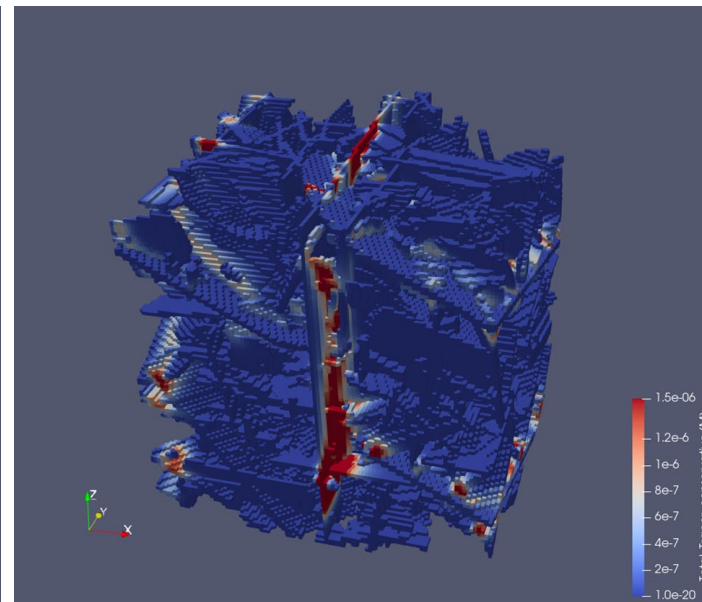
Obr.: Kabele et al. 2018

Hodnocení transportu v geosféře

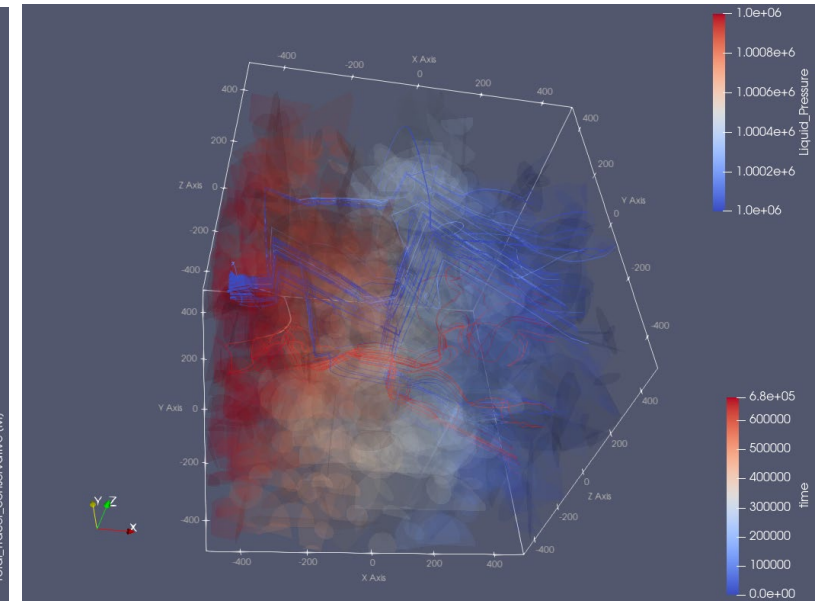
- Hodnocení zdržení radionuklidů v horninovém masivu a výpočet aktivit na rozhraní geosféra/biosféra
- 1. Transportní model jako součást hydrogeologického modelu -výpočetně velmi náročné
- 2. Poskytnutí advektivní složky transportu (výsledek HG simulací, například „particle tracking“ metody) a následný postprocessing pro simulaci plného transportu - postup využíván pro modely HÚ
 - Goldsim, MARFA



Transport přímo na síti puklin



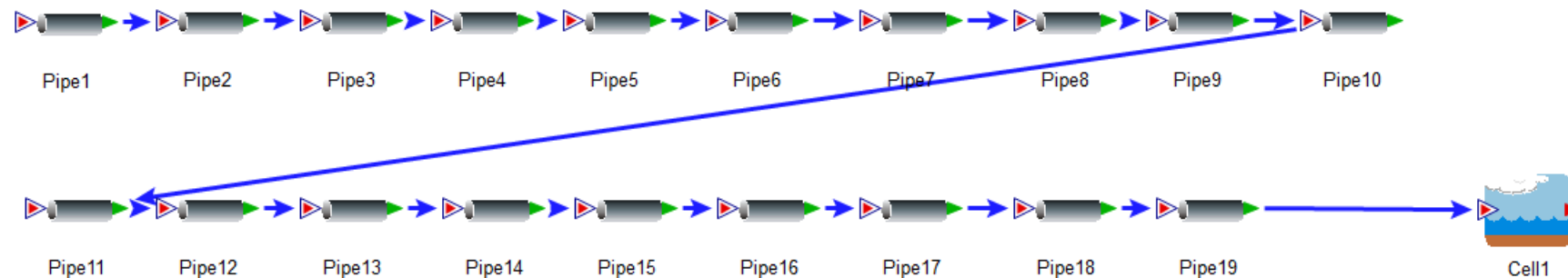
Transport po upscallingu do kontinuálního prostředí



Výsledek particle tracking

Goldsim

- 1D transportní cesty rozdělena do systému trubek
 - Specifické parametry pro každou část transportní cesty pochází s pozorovacích bodů hydrogeologického modelu
- Vstupy z hydrogeologického modelu
 - Délka transportní cesty
 - Průtok podzemní vody
 - Ředění
 - Smočený obvod
 - Doba zdržení radionuklidů
 - Parametry hornin
- Transportní parametry (K_d , D_e , radioaktivní rozpad,...) doplněny v Goldsim



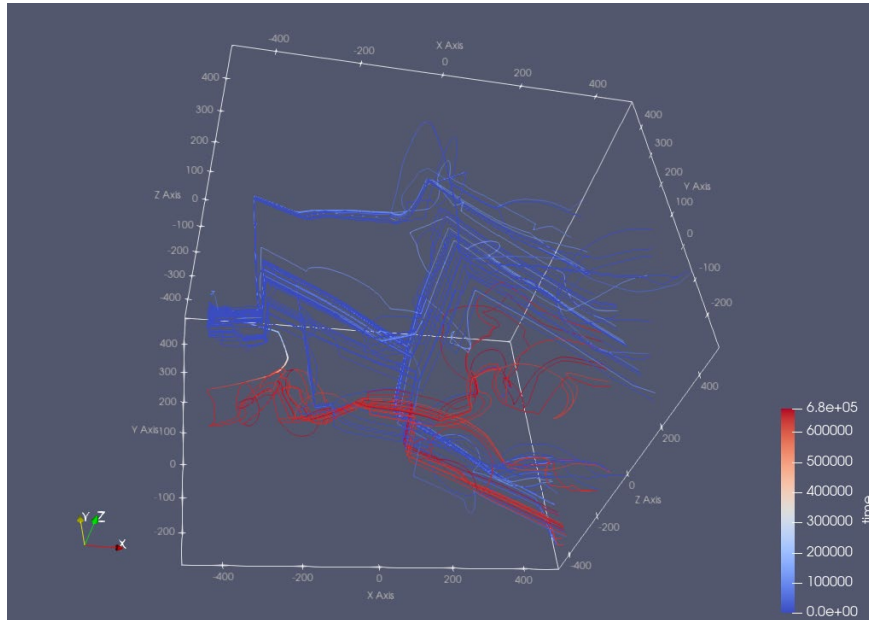
Obr: Trpkošová et al. 2018

Marfa (Migration Analysis of Radionuclides in the Far Field)

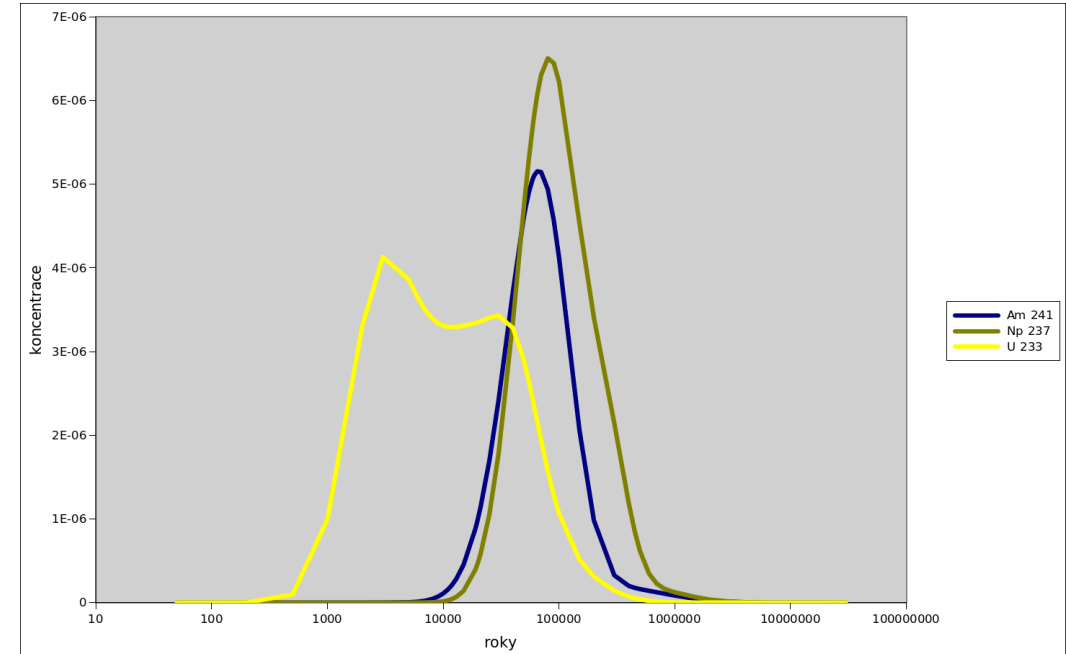
- Testování aplikovatelnosti kódu v českém programu HÚ
- Výpočetně efektivní TDRW (time domain random walk) algoritmus
- Pevně zadány prostorové parametry transportních cest, proměnlivé časové parametry
- Zdrojový kód: https://bitbucket.org/marfa_account/marfa-5.0/src/master/
- Vstupní parametry z hydrogeologického modelu
 - Souřadnice jednotlivých segmentů transportních cest
 - Čas zdržení vody v segmentu
- Transportní parametry – doplněny v rámci výpočtu v prostředí MARFA
 - Transportní rezistivita
 - Sorpční koeficienty (Kd matrice, povrchu puklin)
 - Difuzní parametry
 - Parametry zdroje radionuklidů

Marfa

- Vstup z advektivního HG modelu - segmenty transportních cest získaných pomocí „particle tracking“ metody
- Každá puklina na transportní cestě tvoří jeden segment dané transportní cesty



Částice a transportní časy – export z frameworku DFNWorks



Průniková křivka na odtokové straně modelové domény – vypočtena v kódu MARFA. Řada Am241-Np237-U233-Th229

Validace modelů

- Nutnost použití validovaných modelů a kódů v souladu s požadavky vyhlášky o bezpečném nakládání z RAO
- Srovnávání výsledků výpočtů využitím různých typů modelů a výpočetních kódů
 - Experimentální data
 - Vzájemné srovnávání modelů
- Účast SÚRAO na mezinárodních projektech, které umožní přímé srovnání modelovacích nástrojů a postupů se zahraničními partnery a poskytnou reálná data pro validační úlohy
 - SKB Task Force GWFTS, DECOVALEX
- Validace modelů vůči experimentálním datům
 - Experimentální program v PVP Bukov
 - Účast na mezinárodních projektech (URF Grimsel, SKB Task Force)



**Děkuji
za pozornost**

www.surao.cz