

## Software na výpočet radiační dávky na člověka jako nadstavba softwaru Flow123D

*Bc. Jan Macháček, Ing. Josef Chudoba, Ph.D.*

### Abstrakt

Obsahem práce je vytvoření algoritmu pro výpočet radiační dávky na člověka a vytvoření softwaru implementujícího daný algoritmus, který ověříme na numerickém modelu. Při výpočtu vycházíme z výsledků simulací transportu látek ze softwaru Flow123D. V práci popisujeme námi vytvořený algoritmus pro získání radiační dávky na člověka z výsledků simulací. Závěrečná část je věnována námi vytvořenému softwaru a ukázkám výpočtů radiačních dávek na člověka na funkčním numerickém modelu.

---

### Úvod

Zadáním úkolu bylo vytvoření algoritmu na výpočet radiační dávky na člověka a vytvoření softwaru, kde bude tento algoritmus implementován. Úlohu řešíme z důvodu rostoucího nebezpečí ze strany uchovávání vyhořelého jaderného paliva. Uvažuje se tedy o trvalých hlubinných uložistištech jaderného odpadu a nás zajímají možné účinky tohoto jednání. Vycházíme z výsledných dat simulací transportu látek z hlubinného úložiště, která jsou získána ze softwaru Flow123D. Pomocí těchto dat zjistíme elementy sítě modelu (Melechovský masiv) na povrchových lokalitách (obytné plochy, vodní plochy, pastviny a zemědělsky obdělávané plochy), kde se vyskytuje nenulová koncentrace radioaktivní látky.

Při výpočtech jsme využívali švédské práce, která určuje množství dávky při požití (ingesci), inhalování a při externím vystavení dané koncentraci látky. Dále čerpáme výpočetní parametry pro výpočet přenosu aktivity do chovaného dobytka na povrchu zájmových lokalit, do rybiho masa z ryb žijících v místních vodních plochách a také do pěstovaných potravin v místní půdě.

### Experiment a metody

Algoritmus pro výpočet radiační dávky je rozdělen do tří základních částí. V první části načítáme data z výsledků Flow123D a uživatelský soubor s nadefinovanými zájmovými lokalitami. Dále tyto data zpracujeme a získáme pomocí okrajových podmínek proudění modelu povrchové elementy na definovaných lokalitách s koncentrací daného radionuklidu. Následně z této koncentrace radionuklidu vypočítáme radiační dávku na člověka (skupinu obyvatel) a vyhodnotíme její velikost.

Pro výpočet efektivní dávky můžeme zadat větší počet radionuklidů ze simulací Flow123D a tím obsáhnout celé spektrum kritických radionuklidů. Efektivní dávku  $E$  z ingescie (požití) vody kontaminované radionuklidy, kterou obdrží referenční osoba, určíme ze vztahu (1):

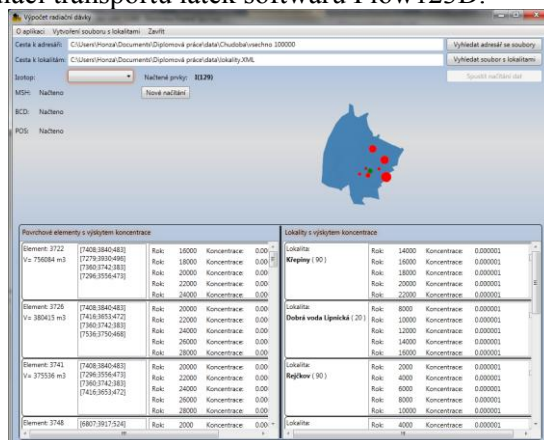
$$E = \sum_r (p \cdot U \cdot C_r \cdot h_{ing,r}) \quad (1)$$

Kde  $E$  je efektivní dávka [Sv],  $p$  je podíl příjmu vody nebo potravin z lokálního zdroje na ročním příjmu, místně specifická hodnota, doporučená hodnota: voda:  $p = 1$ , potraviny:  $p = 0,25$ ,  $U$  je roční příjem vody [l] nebo potravin [kg] referenční osobou,  $C_r$  je objemová aktivita radionuklidu  $r$  ve vodě [ $\text{Bq} \cdot \text{l}^{-1}$ ] nebo hmotnostní aktivita radionuklidu  $r$  v jednotlivém druhu potravin [ $\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$ ],  $h_{ing,r}$  je konverzní faktor pro přepočtení příjmu radionuklidu požitím na efektivní dávku pro referenční osobu [ $\text{Sv} \cdot \text{Bq}^{-1}$ ].

Dále provádíme podobný výpočet velikosti radiační dávky na člověka z inhalace vzduchu a externího vystavení látce.

## Výsledky a diskuze

Výsledkem úlohy byl software (viz obrázek 1) implementující algoritmus na výpočet radiační dávky na člověka z výsledků simulací transportu látek softwaru Flow123D.



Obrázek 1. Výsledný software pro výpočet radiační dávky na člověka.

Ve výsledku získáváme v simulačním čase sto tisíc až sto padesát tisíc let oblasti na povrchu, kde dochází k interakci radiace s člověkem. Pro námi testovaný výsledek simulace izotopu jódu I-129 bylo dosaženo na oblasti Rejčkov při inhalování  $1 \text{ m}^3$  vzduchu s koncentrací  $9 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$  dávky  $2,116 \text{ nSv}$ , při požití  $1 \text{ m}^3$  vody s danou koncentrací dávky  $6,465 \text{ nSv}$  a při externím vystavení této koncentraci se obdržená dávka blíží nule.

## Závěr

Výsledkem práce jsou hodnoty obdržené radiační dávky člověkem, žijícím v okolí trvalého hlubinného úložiště jaderného odpadu. Při výpočtu jsme zjistili, že pro námi simulovanou úlohu jsou obdržené hodnoty v takové míře, že ani při dlouhodobém pobytu, ani při požívání okolních prostředků (pití místní vody a požití místních potravin) nebude obyvatelstvo v okolí ohroženo. Pro další výsledky by bylo zajímavé simulovat jiné umístění úložiště v masivu a sledovat změny transportu látek a ohrožení jiných lokalit na povrchu.

## Poděkování

Tato diplomová práce byla řešena s využitím účelové podpory v rámci projektu MPO Výzkum vlastností materiálů pro bezpečné ukládání radioaktivních odpadů a vývoj postupů jejich hodnocení evidenční číslo FR-TI1/362 v programu TIP.

## Reference

- [1] MACDONALD, M. *Pro WPF in C# 2010: Windows presentation foundation with .NET 4.0* [online]. 3. vyd. Berkeley, Calif: Apress, 2009, 1216 s. [cit. 2011-12-10]. ISBN 978-143-0272-045. Dostupné z: <http://books.google.cz/books?id=nY17J7z3KssC&hl=cs>
- [2] KARLSSON, S. a U. BERGSTRÖM. *Nuclide documentation: Element specific parameter values used in the biospheric models of the ...* [online]. Stockholm: Svensk kärnbränslehantering AB, 2002 [cit. 2012-02-20]. ISSN 1402-3091. Dostupné z: <http://www.skb.se/upload/publications/pdf/R-02-28.pdf>
- [3] ULLMANN, V. Biologické účinky ionizujícího záření: Radiační ochrana. *Jaderná fyzika a fyzika ionizujícího záření* [online]. 2005 [cit. 2011-12-03]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/RadiacniOchrana.htm>