

Posudek disertační práce Ing. Evy Juranové

## **Chování radioaktivních látek ve Vltavě a Labi při jaderné havárii**

### Celkový rozsah a popis práce

Předložená disertační práce je zaměřena na studium možností transportu a depozice radionuklidů v říčním systému Vltavy a Labe uvolněných v důsledku běžného provozu a za havárie ETE. Základní práce bez příloh má celkem 29 stran, obsahuje 52 citací a je členěna do osmi logicky řazených kapitol. Práce má tři dílčí téma:

1. Stávající (předhavarajní) obsah radionuklidů v okolí JE Temelín – porovnání metod hodnocení
2. Sorpční vlastnosti umělých radionuklidů v hydrosféře
3. Transport kontaminace v toku a jeho vyhodnocení s využitím tritia jako stopovací látky

Každý z dílčích cílů provedeného výzkumu je presentován formou stručného popisu metodiky řešení a vyplývajících výsledků. Dále jsou pak výsledky presentovány formou článků publikovaných v impaktovaných časopisech, z nichž je pět součástí přílohy.

Hlavním cílem prvního dílčího tématu bylo najít vhodnou reprezentaci umožňující co nejpřesněji popsat časový vývoj aktivit  $^{137}\text{Cs}$  a  $^{90}\text{Sr}$  za účelem predikce pozadových hodnot, například pro případ jejich havarijního úniku. Výsledky dlouhodobého sledování aktivit obou radionuklidů v okolí ETE byly pokusně fitovány pro vztah popisující kinetickou rovnicí prvního rádu, vzorec (1) a kombinovaným dvoučlenným vzorcem (předpokládajícím speciaci radionuklidu) rovněž s kinetikou prvního rádu, vzorec (3). Jako výsledné poznatky doktorandka uvádí doporučení, že modelová reprezentace vývoje aktivit založená na vzorci (3) je vhodná jen pro omezené množství velmi kvalitních a dlouhodobých časových řad. V ostatních případech je vhodnější reprezentace pomocí modelu (1) s případným rozdělením modelu na dva nebo více kratších úseků, bez bližšího konkrétního vymezení. Podrobněji se odhaduje vývoje pozadových úrovní aktivity obou studovaných radionuklidů zabývá přiložený impaktovaný článek „Temporal development of radiocaesium and radiostrontium concentrations in the hydrosphere – methods of evaluation“.

Druhé řešené téma se zabývá studiem sorpce radionuklidů na přírodní materiály říčních sedimentů a nerozpustených látek. Pro tento účel byly zvoleny radionuklidы, u nichž lze předpokládat jejich uvolnění do vodotečí v důsledku havárie jaderné elektrárny Temelín. Experimentální materiály byly v laboratoři opatrně ošetřovány, aby bylo zamezeno změnám jejich sorpčních vlastností. Některé ze studovaných radionuklidů byly za účelem experimentů nahrazeny radioisotopy, které se vyznačují vhodnějšími poločasy nebo jsou měřitelné spektrometrií záření gama. S využitím multilinearní regrese byly hledány vlastnosti sedimentů určující míru sorpce studovaných radionuklidů. Část testovaných parametrů potvrdila prokazatelný vliv na míru sorpce některých ze studovaných radionuklidů, podrobněji jsou tyto výsledky diskutovány v přiložených článcích „Determination of sorption characteristics for artificial radionuclides in the hydrosphere“ a „Sorption of anthropogenic radionuclides onto river sediments and suspended solids: dependence on sediment composition“. K popisované metodice mám níže několik dotazů. Za jistý drobný nedostatek zde pokládám absenci informací o geometrii nádob vybraných pro experimenty a o použití/nepoužití a případném množství

přídavku stabilních isotopů jako nosičů ke studovaným radionuklidům. Tyto údaje se mi nepodařilo najít ani v přiložených publikacích.

Zaměřením třetího tématu je snaha o využití tritia (ve formě HTO) jako stopovače v povrchových vodách pod zaústěním odpadních vod z JE Temelín a v navazujících říčních profilech k odhadu šíření kontaminantů hydrosférou v případě havárie ETE. Na základě bilance tritia v jednotlivých monitorovaných profilech byly vypočteny objemové aktivity tritia v německé části toku Labe. Modelové hodnoty objemových aktivit vykázaly velmi dobrou shodu s reálnými hodnotami. Doktorandka dále uvádí „Využití tritia jako stopovací látky pro účely stanovení dob dotoku kontaminace do zájmových míst ve studovaném úseku toku je problematické a vyžaduje další zkoumání.“ K tomuto tématu jsou přiloženy publikace „Determination of low level tritium concentrations in surface water and precipitation in the Czech Republic“ a „Tritium in the Vltava and Elbe Rivers – monitoring and modelling“. Druhá uvedená publikace dokumentuje dobrou shodu mezi modelovými hodnotami a objemovými aktivitami pozorovanými v německé části toku Labe.

#### Poznámky, komentáře a dotazy:

1. Kapitola 1.4, 3. odstavec: Dokážete rádově odhadnout poměr aktivit aktivačních či štěpných radionuklidů a tritia ve výpluti vod ETE u profilu Kořensko?
2. Kapitola 1.4, str. 13, bod porovnávající významnost množství  $^{137}\text{Cs}$  a ostatních štěpných radionuklidů a aktinidů při těžké havárii: Měla jste „významnost“ na mysli porovnání aktivit z krátkodobého/dlouhodobého hlediska nebo přepočtenou dávkovou zátěž okolní populace?
3. Kapitola 4, DC1, první odstavec, skokové změny aktivit radionuklidů v časových řadách: Můžete jako příklad zmínit konkrétní dobu a radionuklid?
4. Kapitola 4, DC1, třetí odstavec: Kde spatřujete předěl mezi krátkodobou a dlouhodobou časovou řadou? Jaké navrhujete kritérium pro rozdělení časových řad na dva nebo více samostatně vyhodnocovaných úseků?
5. Kapitola 4, DC2, str. 20, 3. odstavec: Pokoušela jste se odhadnout zrnitostní funkci pro částice ve frakci sedimentů pod 0,063 mm nebo v nerozpustených látkách požitých při sorpčních experimentech? (např. s využitím SEM)

#### Celkové hodnocení

Jaderné elektrárny jsou v ČR významným zdrojem energie, který nezatěžuje atmosféru emisemi skleníkových plynů. Lze předpokládat, že podíl jimi vyráběné elektrické energie bude v blížší budoucnosti spíše narůstat. Možný vliv jaderných elektráren na životní prostředí je celospolečensky diskutovaným významným tématem. Velmi důležitá je také připravenost na případné, byť málo pravděpodobné havárie, spojené s neplánovanými úniky radionuklidů do životního prostředí, včetně přesného hodnocení možných následků. Rovněž je společensky potřebné průběžné monitorování úrovně aktivit radionuklidů v životním okolí jaderných elektráren, které je realizováno institucemi nezávislými na ČEZ.

Jak je patrné z předložené práce a souvisejících impaktovaných publikací, bylo vykonáno mnoho pečlivé, nápadité a zajímavé práce, jejíž výsledky přinášejí či přinesou uplatnění nejenom pro potřeby hodnocení výskytu radionuklidů v blízkosti jaderných elektráren s lehkovodními tlakovými reaktory v ČR (ETE i EDU), nýbrž také v zahraničí.

Dílčí cíle v rámci předložené práce byly řešeny s využitím poznatků získaných na základě dlouhodobého monitorování, laboratorně prováděných experimentů, statistických analýz a transportních modelů. Formulační stránku textu a organizační členění práce hodnotím jako vyhovující. Hodnocená doktorandská studentka má zjevně nadprůměrný počet impaktovaných publikací (9 dle WoS) a aktuální hodnota jejího H-indexu činí 5. Dle mého názoru, navzdory několika drobným připomínkám, práce splňuje podmínu novosti a kvality předkládaných výsledků. **Disertační práci ing. Evy Juranové proto doporučuji k obhajobě a navrhoji ohodnotit stupněm B.**

V Praze dne 17.3.2022



Ing. Ivo Světlík, PhD.