



# Využití NaI(Tl) sondy pro měření radiační situace ve vodních tocích

Ing. Tomáš Grísa, ENVINET a.s.

Radiologické metody v hydrosféře 15, Uherské Hradiště

# Využití NaI(Tl) sondy pro měření radiační situace ve vodních tocích

- **Měření radiační situace ve vodních tocích jako součást RMS (radiační monitorovací sítě)**
  - Periodický odběr vzorků – zpracování v laboratoři
  - Kontinuální měření v daném místě
- **Pevně instalovaná, či přenosná zařízení**
- **Výběr vhodného detektoru**
- **V případě použití NaI(Tl) detektoru lze na základě naměřených dat určit jednotlivé radionuklidy**
- **Pro určení jejich objemové aktivity je nutné znát účinnostní kalibraci**

# Účinnostní kalibrace

- **Pro určení objemové aktivity v Bq/m<sup>3</sup> jednotlivých radionuklidů je nutné znát účinnostní kalibraci**
- **Experimentální měření**
  - Nepraktické a těžko proveditelné řešení
- **Simulace Monte Carlo**
  - Vhodný a přesný nástroj pro určení účinnostní kalibrace
  - Nutné znát veškeré parametry použitého detektoru a celé sondy
  - Snadná změna geometrie
  - Využití software MCNP 6.1
  - Výpočet pro rozlehlejší geometrie je časově velmi náročný
  - Možnost odhadnout účinnost pro jednotlivé energie velké geometrie na základě simulace pro malé geometrie

# Účinnostní kalibrace

- Čistá plocha peaku ve spektru

$$P = T_L * Y * A * V * U$$

- Účinnost lze rozdělit na geometrickou a účinnost detektoru

$$U = U_D * U_G$$

- Odvození členů závisejících na poloměru (při sférické geometrii)

$$V * U_G(R) = \int_0^{2\pi} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \int_0^R \frac{1}{\rho^2} \rho^2 \cos(\varphi) e^{-\mu\rho} d\rho d\varphi d\vartheta = \frac{4\pi}{\mu} (1 - e^{-R\mu}),$$

- Uvedený vztah konverguje pro R jdoucí do nekonečna

$$\lim_{R \rightarrow \infty} \frac{4\pi}{\mu} (1 - e^{-R\mu}) = \frac{4\pi}{\mu}$$

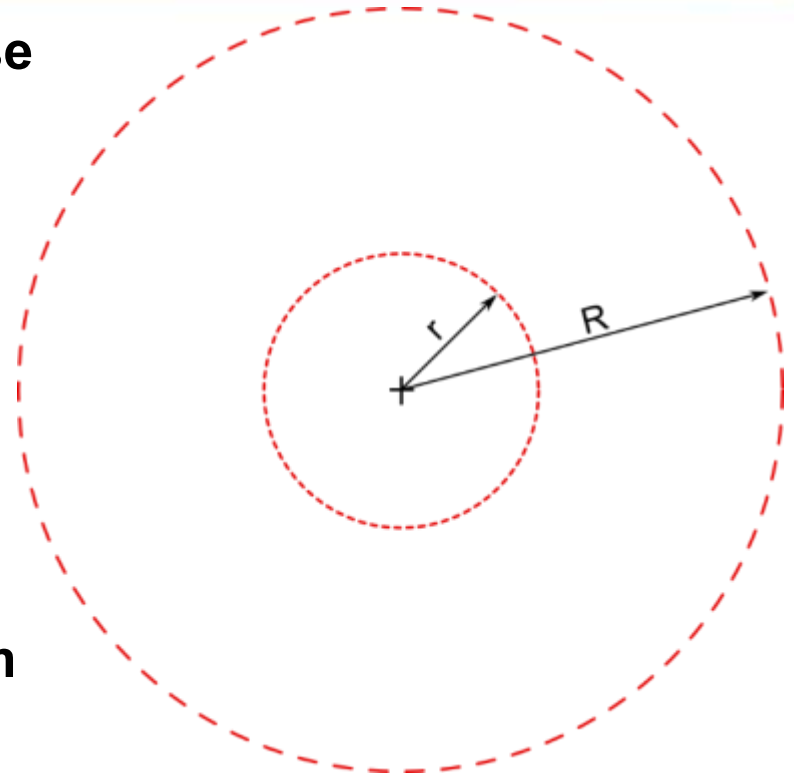
# Účinnostní kalibrace

- Lze určit takový poloměr, při kterém se zanedbáním vzdálenějších příspěvků dopustíme předem známé chyby

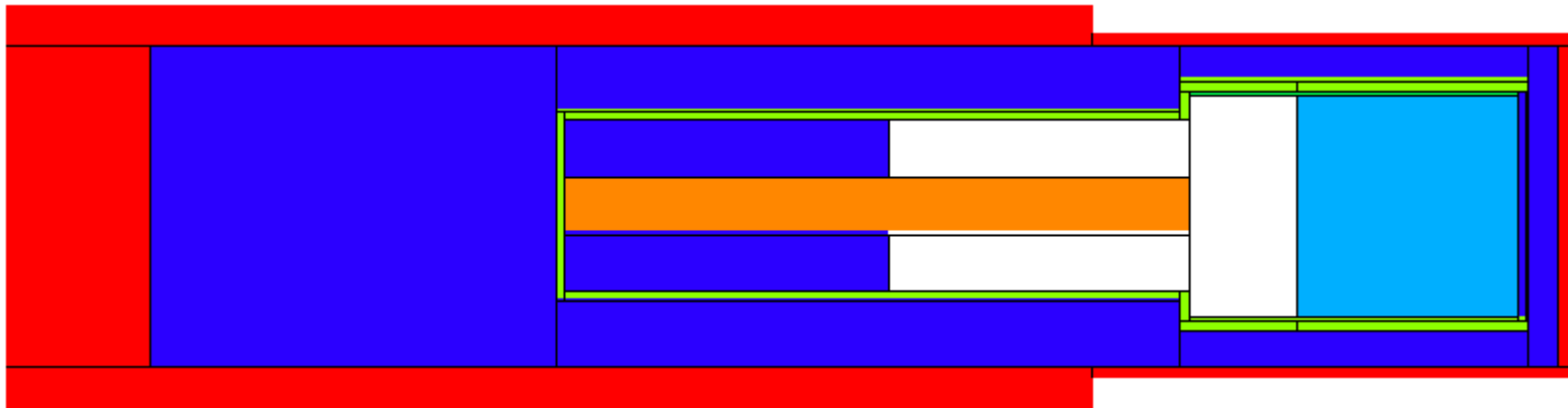
$$R_k = -\frac{\ln(k)}{\mu}$$

- Pak lze na základě simulace s menším poloměrem odvodit hodnoty pro poloměr větší

$$V_R * U_R = V_r * U_r * \frac{P_R}{P_r} = V_r * U_r * \frac{V * U_G(R)}{V * U_G(r)}$$



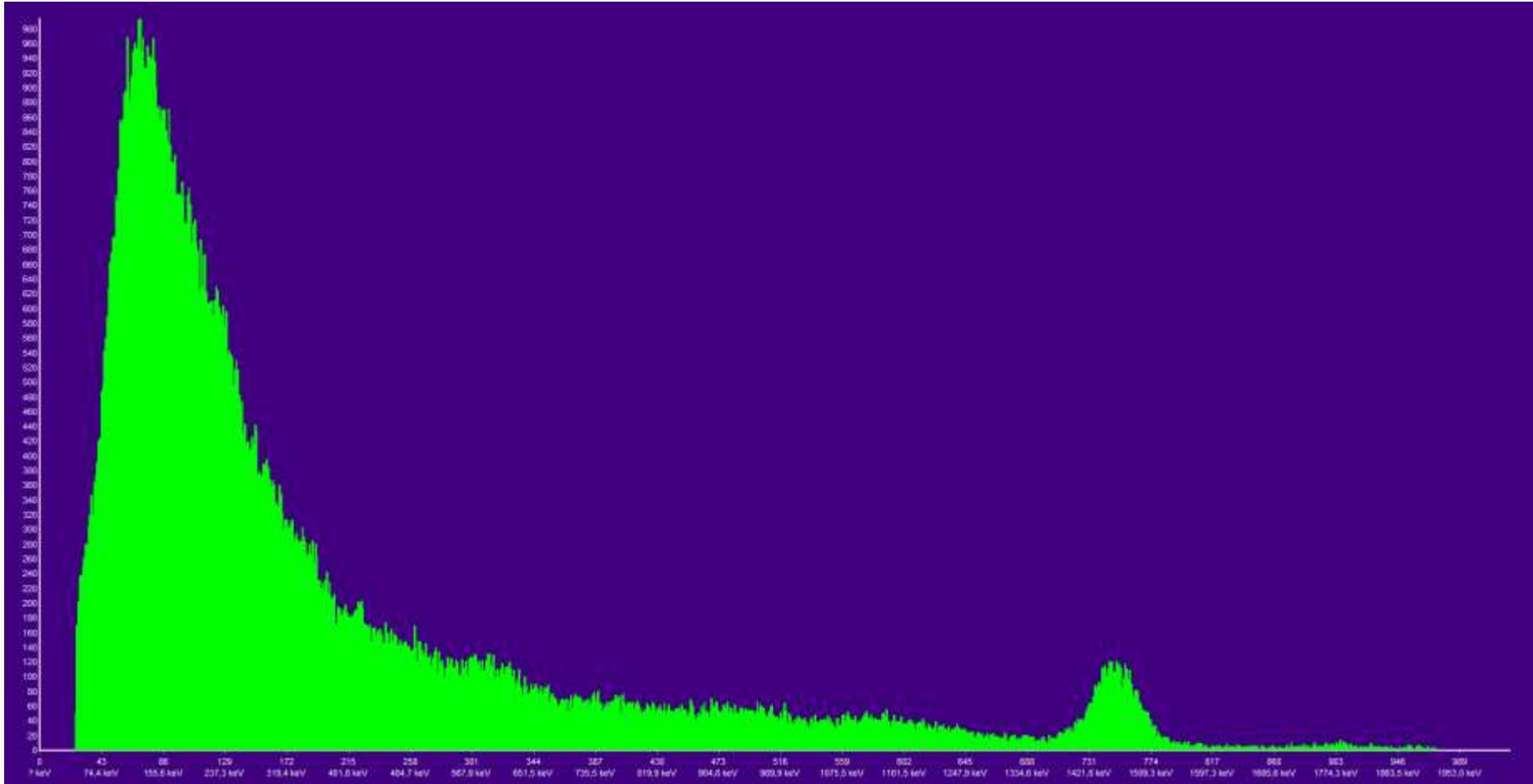
# Účinnostní kalibrace - MCNP



# Stabilizace spektra

- **Při použití NaI(Tl) sondy je vhodná teplotní stabilizace celé sondy**
  - Sondu je nutné tepelně izolovat
  - Následně je sonda vyhřívána a regulací udržována na konstantní teplotě (energetická náročnost)
- **Dále je také vhodné provádět aktivní stabilizaci spektra**
  - Spektrum musí obsahovat peak s předem známou energií
  - Nejprve se vyhodnotí poloha tzv. „stabilizačního peaku“
  - Podle potřeby se upraví parametry sondy (HV, zesílení) tak, aby kanál centroidu peaku odpovídal příslušné energii dle energetické kalibrace
  - Toto je prováděno po každém nabrání spektra – regulační smyčka
  - Pro obdržení stabilizačního peaku lze např. do pouzdra sondy přidat vhodné množství přírodního draslíku (pokud ho v okolí není dostatečné množství)

# Stabilizace spektra





# Realizace – Early Warning Network Lotyšsko

- **Společnost ENVINET a.s. vyhrála v roce 2013 výběrové řízení na dodávku celostátní sítě včasného zjištění do Lotyšska**
- **Koncovým zákazníkem byl Státní úřad pro jadernou bezpečnost a životní prostředí Lotyšska**
- **Součástí dodávky bylo kromě pevných stanic pro měření radiační situace a aerosolového monitoru právě také dvě stanice měřící aktivitu vody ve významných vodních tocích a kompletní vybavení řídicího pracoviště včetně software RAMON s návazností na mezinárodní síť EURDEP**
- **Jako stanice pro měření radiační situace ve vodních tocích byly využity sondy belgické firmy IRE Elit**

# Realizace – IRE Elit



# Realizace – IRE Elit



# Realizace – IRE Elit




# Realizace – Early Warning Network Lotyšsko




# Realizace – RMS RAMON

- **Jako softwarová platforma RMS byl použit software RAMON**
- **Jedná se o software vyvíjený společností ENVINET a.s.**
- **Slouží ke kompletnímu zobrazování naměřených výsledků a reportů z jednotlivých zařízení**
- **Všechna zařízení sem automaticky odesílají veškerá data**
- **Zařízení je možné vzdáleně nastavovat a ovládat**
- **Lze nastavit různé úrovně alarmů pro jednotlivé zařízení**
- **Zobrazení všech zařízení na mapovém podkladu - OpenStreetMaps**

# Realizace – RMS RAMON





ENVINET a.s.  
[Log out](#)

▼ Measuring

Map

Overview

Channels

History


Files

► Events

► Configuration

Locations: Kraslava - LV-25 i

Channel ↕	Value	Unit	Detection Limit	Uncertainty	File	Date Last Value	Detail
Battery voltage (BAT-VOL_U)	14.2	V	--	--		2015-04-27 08:40:00	
Bi-214 (Bi-214_OAR)	< 5325.1	Bq/m3	5,325.1	--			
Co-60 (Co-60_OAR)	< 1764.9	Bq/m3	1,764.9	--			
Cs-137 (Cs-137_OAR)	< 2888.9	Bq/m3	2,888.9	--			
Dew point (inside) (DP-IN_T)	-5.7	°C	--	--		2015-04-27 08:40:00	
Door opened (DOOR_B)	0	Logical	--	--			
Dose rate (DOSE-RATE_Dose)	215.5	nSv/h	0.0	--		2015-04-27 08:40:00	
Free memory (FREE-MEM_MB)	9.9	MB	--	--		2015-04-27 08:40:00	
Free space (SD) (FREE-SD_MB)	918.6	MB	--	--		2015-04-27 08:40:00	
I-131 (I-131_OAR)	< 4235.4	Bq/m3	4,235.4	--			
Inside relative humidity (HUM-IN_RH)	15.9	%RH	--	--		2015-04-27 08:40:00	
Internal temperature (TEMP-IN_T)	21.2	°C	--	--		2015-04-27 08:40:00	
K-40 (K-40_CPS)	NaN		--	--			
Pb-214 (Pb-214_OAR)	< 9611.4	Bq/m3	9,611.4	--			
Power supply (POWER-SUP_B)	1	Logical	--	--		2015-04-27 08:40:00	
Spectrum file (SPECTRUM_OAR)	NaN		--	--		2015-04-27 08:40:00	



Version 1.0.0