

# Je bezpečněji v podzemí nebo u Temelína?

Marek Kovář\*

Jiří Šálek\*\*

\*Gymnázium Karla Sladkovského, Praha 3

\*\*SZŠ a VOŠZ Zlín

\*kovar.ma@seznam.cz

\*\*jirisalek8@seznam.cz

Supervizor: RNDr. Lenka Thinová, Ing. Katka Rovenská

## Abstrakt:

V miniprojektu jsme se pokusili o změření radiační situace ve štole sv. Josefa, spočítání dávky pro průvodce a porovnání naměřených a vypočtených výsledků s hodnotami pro obyvatele v okolí jaderné elektrárny Temelín, které byly získány ze zprávy vytvořené pracovníky KDAIZ.

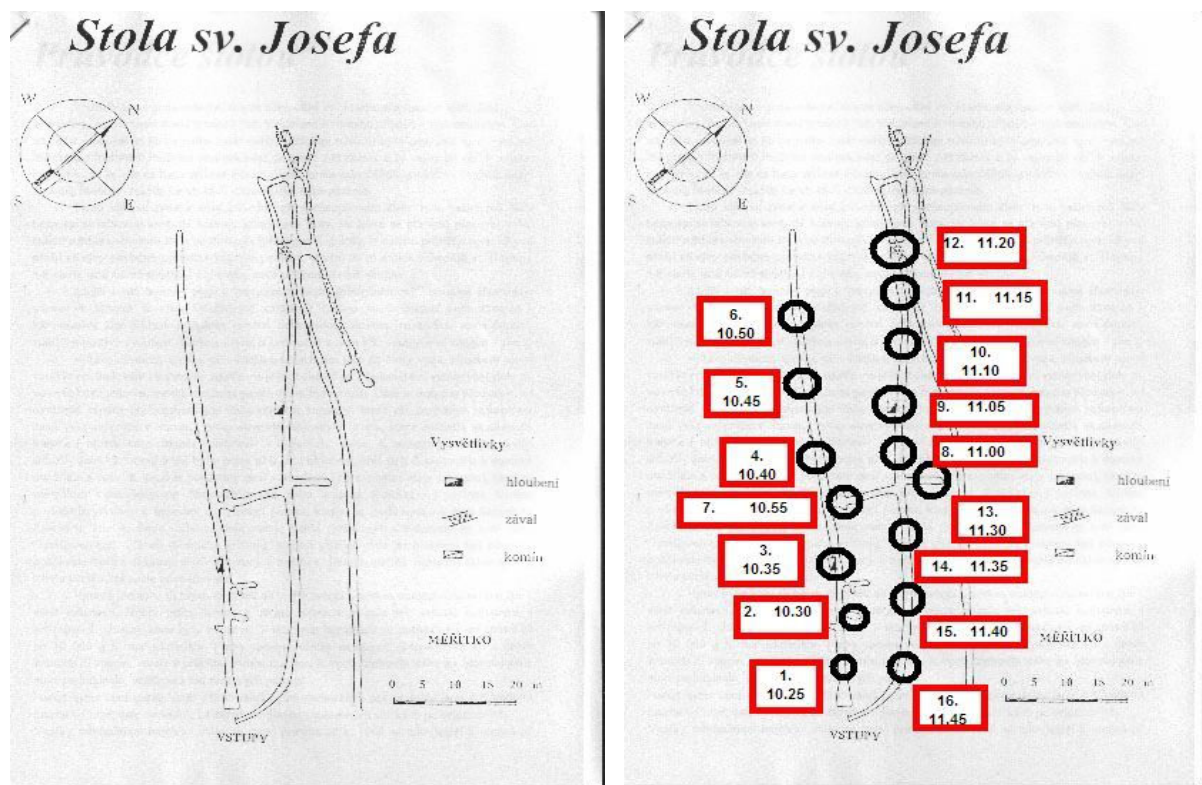
## 1 Úvod

Navštívili jsme štolu sv. Josefa, která se nachází nedaleko Jílového u Prahy. Změřili jsme objemové aktivity radonu a současně jeho dceřiných produktů ve vzduchu a vodě. Dále jsme naměřili dávkový příkon záření gama ve štole a provedli jsme gamaspektrometrickou analýzu odebraných vzorků hornin. Na základě výpočtů jsme stanovili roční efektivní dávku pro průvodce ve štole a tu porovnali s dávkou, kterou obdrží obyvatelé v okolí Temelína.

## 2 Popis a měření štol sv. Josefa

### Geologická stavba [1]

Štola sv. Josefa (obr. 1) leží v tzv. jílovském pásmu v Českém masivu. Jílovské pásmo geologicky spadá do středočeského plutonu. Petrograficky patří středočeský pluton k nejpestřejším masívům hlubinných vyvřelin a zároveň také do oblastí s nejvyšším výskytem radonu v České republice. V okolí štol je velká část geologického podloží tvořena metabazity spolu s porfyroidy a mnohačetnými rudnými žilami. Štola v dřívějších dobách sloužila k těžbě zlata, neboť se nachází ve zlatonosné oblasti a nyní je přístupna veřejnosti.



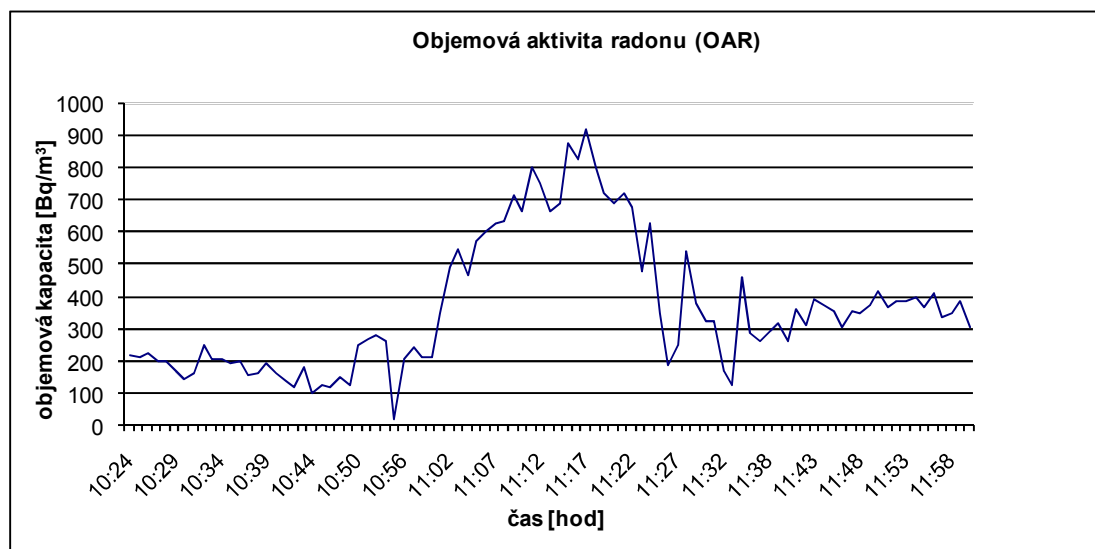
Obr. 1: Štola sv. Josefa (vpravo – místa + čas prováděného měření), [2]

## Měření

### 1. Radon ve vzduchu

K měření objemové aktivity radonu (OAR) posloužil kontinuální monitor Radonic01, který je založen na principu ionizační komory. Radonic01 načerpá do komory okolní vzduch a vlivem přítomných alfa částic pocházejících z Rn dochází k jeho ionizaci. Přístroj zobrazuje hodnotu OAR na display v jednotkách  $\text{Bq/m}^3$ .

Nejnižší hodnoty OAR byly naměřeny v chodbách u ústí primární a sekundární chodby na povrch, které nejlépe komunikují s vnějším prostředím. Nejvyšší hodnoty jsme získali v nejméně větrané části štoly, kde se nachází zával tvořen porfyroidy (Graf 1).



Graf 1: Naměřená objemová aktivita radonu

## 1.1 Objemová aktivita dceřiných produktů měřená přístrojem PSDA:

V bodech 7 a 8 (viz. obr. 1) jsme měřili objemovou aktivitu dceřiných produktů radonu přístrojem PSDA (polovodičový detektor). Nejprve jsme 5 minut čerpali pumpou vzduch přes filtr, poté během 30 vteřin jsme museli filtr přesunout do přístroje a dále jen odečítali hodnoty (po 10 min, 20 min. a 55 min.). Pomocí následujících rovnic jsme vypočítali objemovou aktivitu dceřiných produktů ( $^{218}\text{Po}$ ,  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ ).

Zpracování :

$$N_1 = n_1 \quad N_2 = n_2 - n_1 \quad N_3 = n_3 - n_2$$

### Objemové aktivity dceřiných produktů radonu :

$$a_A (\text{RaA} - ^{218}\text{Po}) = 1.(\text{Q}\varepsilon\tau)^{-1} \cdot (3,4576 N_1 - 2,6188 N_2 + 0,3674 N_3) [\text{Bq}/\text{m}^3]$$

$$a_B (\text{RaB} - ^{214}\text{Pb}) = 1.(\text{Q}\varepsilon\tau)^{-1} \cdot (0,0226 N_1 - 0,6205 N_2 + 0,3577 N_3) [\text{Bq}/\text{m}^3]$$

$$a_C (\text{RaC} - ^{214}\text{Bi}) = 1.(\text{Q}\varepsilon\tau)^{-1} \cdot (-0,564 N_1 + 1,207 N_2 + 0,2189 N_3) [\text{Bq}/\text{m}^3]$$

$$\varepsilon = 0,159 \quad \tau = 0,95 \quad k = 2,2068$$

### *Oblast č.8 (jeskynní studna)*

$$N_1 = 114 \quad N_2 = 277 \quad N_3 = 802 \quad Q = 3 [\text{l}/\text{min}]$$

$$a_A (\text{RaA} - ^{218}\text{Po}) = 354 \text{ Bq}/\text{m}^3$$

$$a_B (\text{RaB} - ^{214}\text{Pb}) = 197 \text{ Bq}/\text{m}^3$$

$$a_C (\text{RaC} - ^{214}\text{Bi}) = 170 \text{ Bq}/\text{m}^3$$

### *Oblast č.7 (průchod mez štolami)*

$$N_1 = 114 \quad N_2 = 277 \quad N_3 = 802 \quad Q = 2 [\text{l}/\text{min}]$$

$$a_A (\text{RaA} - ^{218}\text{Po}) = 283 \text{ Bq}/\text{m}^3$$

$$a_B (\text{RaB} - ^{214}\text{Pb}) = 256 \text{ Bq}/\text{m}^3$$

$$a_C (\text{RaC} - ^{214}\text{Bi}) = 253 \text{ Bq}/\text{m}^3$$

## 2. Radon ve vodě

I přesto, že je radon plyn, rozpouští se ve vodě, a proto je velmi důležité také stanovit jeho množství v potenciálně kontaminované vodě v jeskynním jezírku. Námi odebrané vzorky ze dvou jeskynních jezírek a jeskynní studny byly podrobeny detailnímu zkoumání kontinuálním monitorem RADIM 4 (Tab.1). Voda, jež se měřila tímto přístrojem, musela být nabrána do lahvíček, aniž by při odběru probublávala, aby radon nevyprchal.

Lokalita	Změřená aktivita radonu [Bq/l]
Štola sv. Josefa (jezírka)	0,2
Štola sv. Josefa (studna)	2,1

**Tab.1: Naměřená aktivita radonu v odebrané vodě**

Aktivita radonu v odebraných vzorcích vody je velmi nízká v porovnání s limitní hodnotou objemové aktivity radonu ve vodě, jež činí 300 Bq/l. Pokud je aktivita větší než 300 Bq/l, voda nesmí být použita ve veřejných vodovodech.

### 3. Měření dávkového příkonu záření gama

Stanovení dávkového příkonu záření gama bylo prováděno scintilačním detektorem NB 3201 - číslo měření odpovídá číslu na mapě štoly (Obr. 1 a Tab. 2). Výsledky v tabulce 2 jsou vyjadřovány jednotkami nGy/s.

Číslo měření	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
1.	37,9	17,5	10,7	9,54	12,3	13,2	13,3	7,88	8,42	13	10	18,9	10,7	12,7	49	17,6
2.	45,2	17,5	12,6	8,7	14,2	14	11,9	7,65	10,2	9,53	11,1	21,6	12,5	10,5	52,1	16,1
3.	47,7	16,8	11	7,64	11,5	15	12,1	8,09	9,59	8,3	9,44	24,1	10,9	13,1	49,4	20,7
4.	44,3	15,1	9,39	7,91	12	14,3	13,8	6,45	8,2	9,78	9,5	23	11,2	10,1	47,6	14,6
5.	47,1	16,4	10	9,27	12,3	15	14	8,19	8,05	10,1	10,6	23,4	11,9	10,6	49,2	14,9
Průměr	44,44	16,66	10,74	8,612	12,46	14,3	13,02	7,652	8,892	10,14	10,13	22,2	11,44	11,4	49,46	16,78

Minimum	6,45
Maximum	52,10
Průměr	16,77

Tab. 2: Dávkový příkon gama

### 4. Gamaspektrometrie horninových vzorků

Vzorky horniny jsme podrobili laboratornímu zkoumání spektrometrem (Tab.3). Gamaspektrometrie analyzuje energie záření gama a umožňuje stanovení množství jednotlivých radionuklidů ve vzorku. Výsledky jsou uvedeny v Bq/kg.

	<sup>40</sup> K	ch	<sup>228</sup> Th	ch	<sup>226</sup> Ra mat.	ch
<b>zasyp 1</b>	<b>230,5</b>	9,1	<b>2,4</b>	0,4	<b>12,0</b>	2,1
<b>porfyr2A</b>	<b>194,2</b>	8,7	<b>19,7</b>	0,6	<b>34,4</b>	3,5
<b>kalcit 1</b>	<b>312,2</b>	10,2	<b>39,6</b>	0,9	<b>26,5</b>	2,1

Tab. 3: Gamaspektrometrie odebraných vzorků

## 3 Roční efektivní dávky

Provedli jsme srovnání roční efektivní dávky, kterou obdrží průvodce ve štole a obyvatelé v okolí Temelína. Efektivní dávka E (mSv) se vypočítá jako součin konverzního faktoru ( $h_p$ ) jedince (pro obyvatelstvo = 2,4 nSv/Bq.h/m<sup>3</sup>; pro pracovníka = 3,1 nSv/Bq.h/m<sup>3</sup>), objemové aktivity radonu (Bq/m<sup>3</sup>) a času, který jedinec tráví v daném prostředí.

$$E = h_p * OAR * T$$

Průvodce ve štole:  $E_1 = 3,1 \cdot 364,6 \cdot 2000$

**$E_1 = 2,26 \text{ mSv/rok}$**

- Tento výsledek uvádí efektivní roční dávku po průvodce ve štole
- K tomuto výsledku však musíme přičíst další vlivy působící na průvodce mimo štolu. Součástí je expozice radonu v pobytových prostorech po dobu cca 7000 hodin a průměrné koncentraci Rn v ČR 118 Bq/m<sup>3</sup>
- $E_2 = 2,4 \cdot 118 \cdot 7000$   
 **$E_2 = 1,98 \text{ mSv/rok}$**

- Další skutečnost, kterou musíme zohlednit je ta, že roční efektivní dávka pro člověka činí ještě dalších asi 1,54 mSv/rok, pro které jsou zdrojem lékařské aplikace, spad, inhalace radioaktivních prvků v ovzduší, atp.
- Celková roční efektivní dávka pro průvodce tedy činí:
  - $E = E_1 + E_2 + E_3 = 2,26 + 1,98 + 1,545 = \underline{\underline{5,79 \text{ mSv/rok}}}$

Roční efektivní dávka					
hodnoty obecné		hodnoty specifické		hodnoty neuzavřené	
lékařské aplikace	0,8	ingesce 137Cs	0,008	výpustě JZ	0,001
ingesce 40K	0,17	kosmické záření	0,35	inhalace mimo Rn a Th	0,006
pracovní ozáření	0,002	terestrické externí	0,12	ingesce př. rad.	0,1
spotřební zboží	0,005	inhalace Rn uvnitř	2,6	spad	0,007
inhalace thoron	0,1				
terestrické uvnitř	0,4				
inhalace Rn venku	0,06				
Kosmogenní radionuklidy	0,01				
celkem	1,547		3,078		0,114
<b><u>4,74 mSv/rok</u></b>					

**Tab. 4: Hodnoty pro výpočet dávky pro obyvatele v okolí Temelína, [3]**

## 4 Shrnutí

Z výsledků měření vyplývá, že dávka od radonu pro průvodce ve štole nepřekračuje předepsané limity pro pracovníky 20 mSv/rok. Roční efektivní dávka od radonu pro pracovníka ve štole činí 2,26 mSv/rok. Srovnáním celkových efektivních dávek z jednotlivých zdrojů pro pracovníka ve štole a obyvatele v okolí Temelína bylo zjištěno, že pracovník ve štole obdrží o 1,05 mSv/rok více při zachování stejných hodnot pro ozáření plynoucí z lékařských aplikací atp.

## Poděkování

Poděkování patří především organizátorům Fyzikálního týdne 2008, dále pak RNDr. Lence Thinové za důvěru a trpělivost při měření radiační situace v terénu a v neposlední řadě také Ing. Katce Rovenské za odborný výklad a pomoc při zpracování naměřených výsledků.

## Reference:

- [1] MORÁVEK, P. – LITOCHEB, J.: *Jílovské zlaté doly*, Regionální muzeum v Jílovém u Prahy, 2002, 187 stran.
- [2] PODKLADY K MINIPROJEKTU Z KATEDRY DOZIMETRIE
- [3] THINOVÁ L.: *Posouzení ozáření obyvatel v zájmové oblasti v okolí JE Temelín z přírodních a umělých zdrojů: Dílčí zpráva – etapa 1*