



ISPITIVANJE BRZINE EKSHALACIJE RADONA: UTICAJ SPRAŠENOSTI I VLAŽNOSTI UZORKA

**Igor ČELIKOVIĆ¹, Mirjana ĐURAŠEVIĆ¹, Predrag UJIĆ¹,
Predrag REPIĆ¹, Aleksandar KANDIĆ¹, Boris LONČAR²**

¹Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke "Vinča", Beograd, Srbija

²Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, Srbija

XXIX SIMPOZIJUM DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA SRBIJE I CRNE GORE

Srebrno jezero, 27. – 29. 9. 2017

Motivacija:

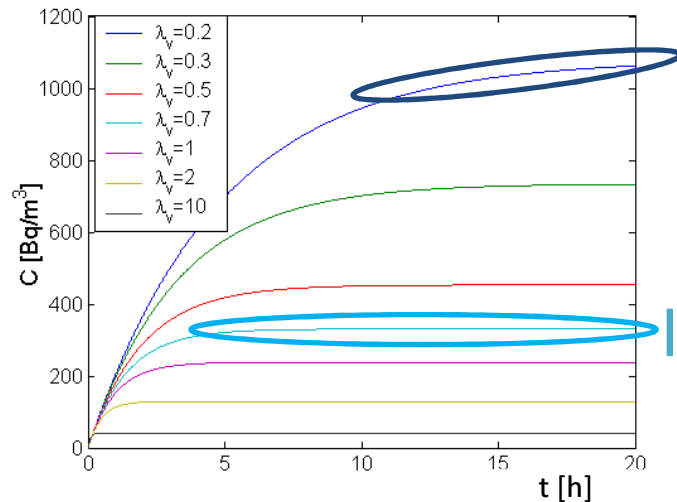
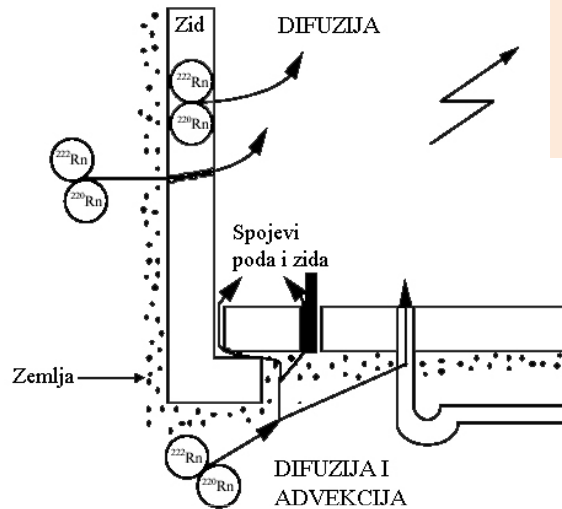
Problem:

Politika smanjenja otpada i povećanja njegove iskoristivosti
→ cigle na bazi pepela i šljake

Politika povećanje energetske efikasnosti

→ smanjenje srednje brzine izmene vazduha

MIT: $D_E < 1 \text{ mSv/y}$ → $C_{Rn} < 200 \text{ Bq/m}^3$



Važnost merenja brzine ekshalacije:

- za građevinski materijal:
procena unutrašnjeg izlaganja od Rn
- za objekte:
identifikacija problema i saniranje

Cilj:

- ispitati pojedine parametre koji utiču na brzinu ekshalacije

Materijal i metodi:

Materijal: bigar iz Niške Banje

- nastao taloženjem CaCO_3
- visoka koncentracija ^{226}Ra
- šupljikava tekstura
- lako se usitnjava

Priprema uzoraka:

- mehaničko usitnjavanje
- prosejavanje i klasifikacija zrna:
 - < 0.7 mm
 - 0.7 - 1.2 mm
 - 1.2 – 1,6 mm
 - 1.6 - 2.1 mm
- pakovanje u standardne kutijice

Metode:

- gama spektrometrijsko merenje:
 - određivanje sadržaja radionuklida
- metod zatvorene komore
 - određivanje brzine ekshalacije

Materijal i metodi: Metod zatvorene komore



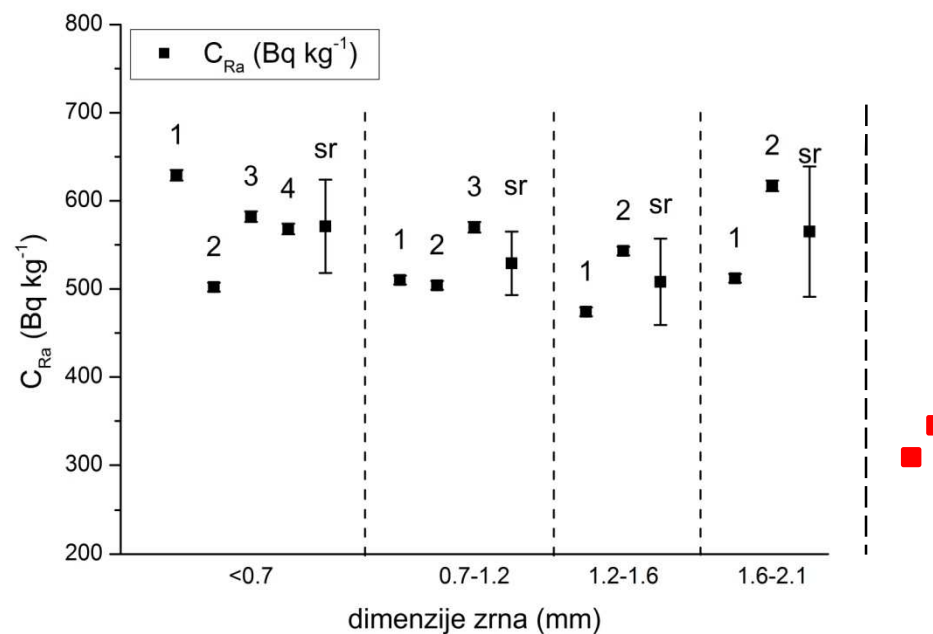
- Određivanje koncentracije radona:
 - Aktivnim metodom, uređajem RTM 1688-2
- Određivanje brzine ekshalacije radona:
 - Merenjem brzine nagomilavanja radona u komori date formulom:

$$C(t) = \frac{E_m m}{\lambda V} (1 - e^{-\lambda t}) + C_0 e^{-\lambda t}$$

Problemi:

- efekat povratne difuzije ("back diffusion")
- curenja radona iz komore

Rezultati merenja: Koncentracija ^{226}Ra



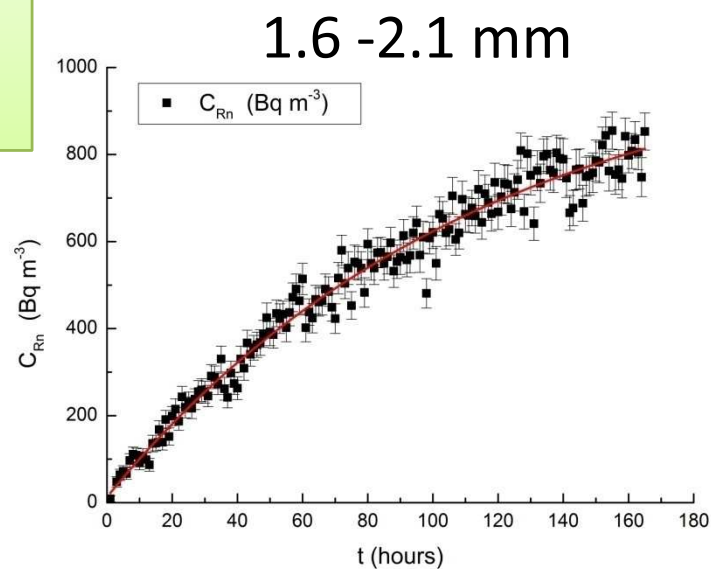
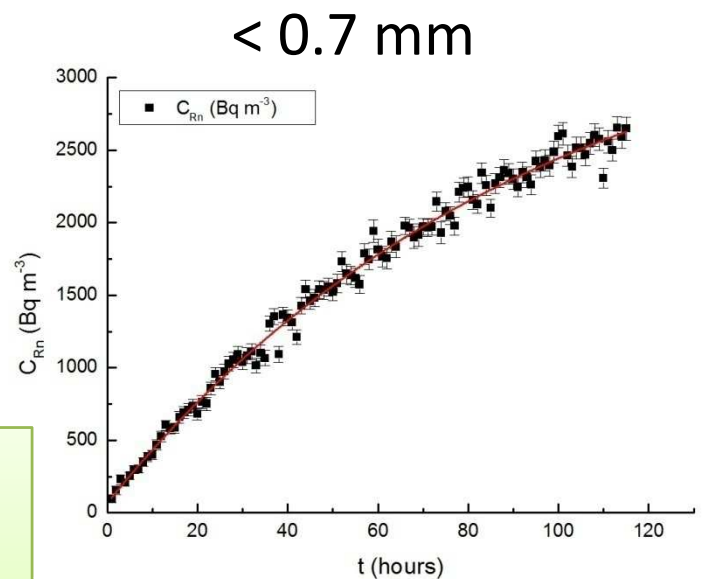
Pojedinačna merenja: $< 1 \%$

Neodređenost srednje vrednosti: $9 - 13 \%$

Rezultati merenja:

Interval merena: 1h

Dužina merenja:
5 – 7 dana



Rezultati merenja:

Veličina uzorka (mm)	m (kg)	$C_{226\text{Ra}}$ (Bq kg ⁻¹)	λ_{eff} 10 ⁻⁴ (h ⁻¹)	C_0 (Bq m ⁻³)	E_m (Bq kg ⁻¹ h ⁻¹)	Adj R ²
< 0.7	0.910	551 ± 53	106.8±5.6	66±13	1.298±0.028	0.994
0.7 - 1.2	0.505	529 ± 36	82±10	84.5±7.4	1.047±0.039	0.990
1.2 - 1.6	0.323	508 ± 49	107.5±4.9	-19±1	0.963±0.020	0.993
1.6 - 2.1	0.293	564 ± 74	87.3±5.1	12.9±4.6	0.949±0.025	0.986

Rezultati merenja:

Veličina uzorka (mm)	m (kg)	$C_{226\text{Ra}}$ (Bq kg ⁻¹)	λ_{eff} 10 ⁻⁴ (h ⁻¹)	C_0 (Bq m ⁻³)	E_m (Bq kg ⁻¹ h ⁻¹)	Adj R ²
< 0.7	0.910	551 ± 53	106.8±5.6	66±13	1.298±0.028	0.994
0.7 - 1.2	0.505	529 ± 36	82±10	84.5±7.4	1.047±0.039	0.990
1.2 - 1.6	0.323	508 ± 49	107.5±4.9	-19±1	0.963±0.020	0.993
1.6 - 2.1	0.293	564 ± 74	87.3±5.1	12.9±4.6	0.949±0.025	0.986

$$\lambda_{\text{eff}} = \lambda + \lambda_{\text{leak}} + \lambda_{\text{back}} \rightarrow 0$$

$$\lambda_{\text{leak}} = 7 \cdot 10^{-4} \text{ h}^{-1} \text{ do } 3.2 \cdot 10^{-3} \text{ h}^{-1}$$

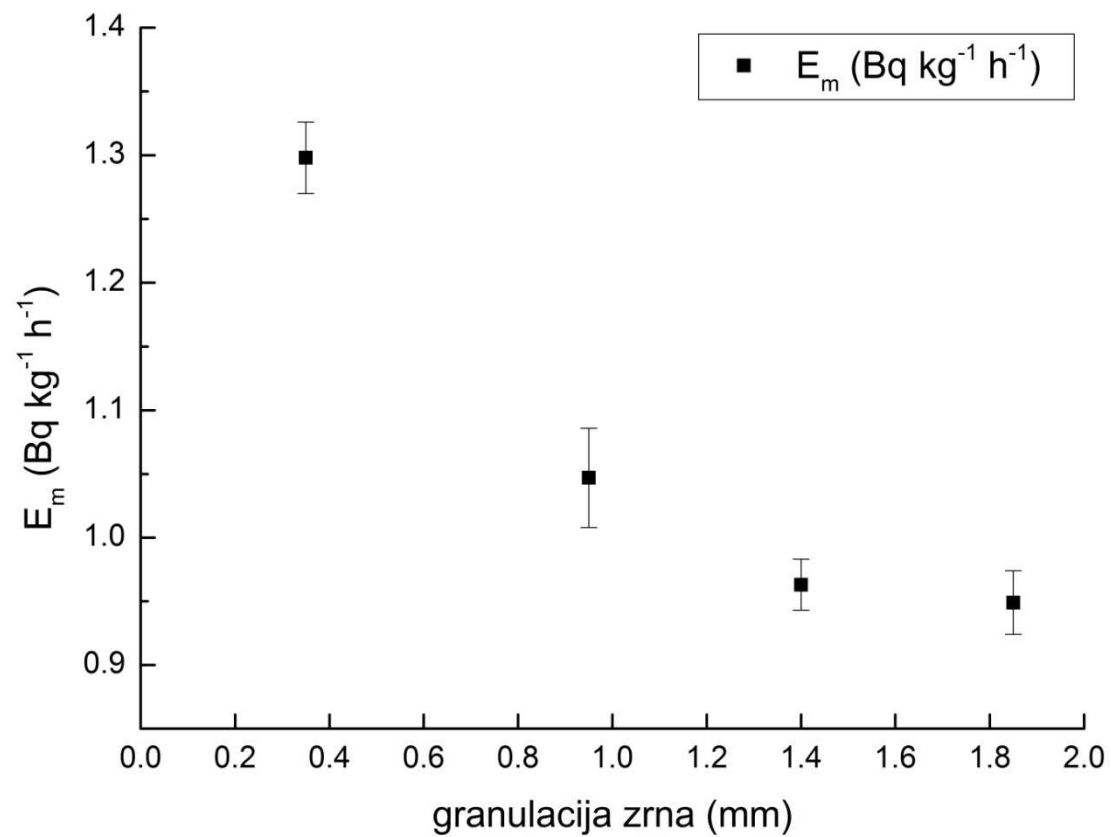
Rezultati merenja:

Veličina uzorka (mm)	m (kg)	$C_{226\text{Ra}}$ (Bq kg ⁻¹)	λ_{eff} 10 ⁻⁴ (h ⁻¹)	C_0 (Bq m ⁻³)	E_m (Bq kg ⁻¹ h ⁻¹)	Adj R ²
< 0.7	0.910	551 ± 53	106.8±5.6	66±13	1.298±0.028	0.994
0.7 - 1.2	0.505	529 ± 36	82±10	84.5±7.4	1.047±0.039	0.990
1.2 - 1.6	0.323	508 ± 49	107.5±4.9	-19±1	0.963±0.020	0.993
1.6 - 2.1	0.293	564 ± 74	87.3±5.1	12.9±4.6	0.949±0.025	0.986

Rezultati merenja:

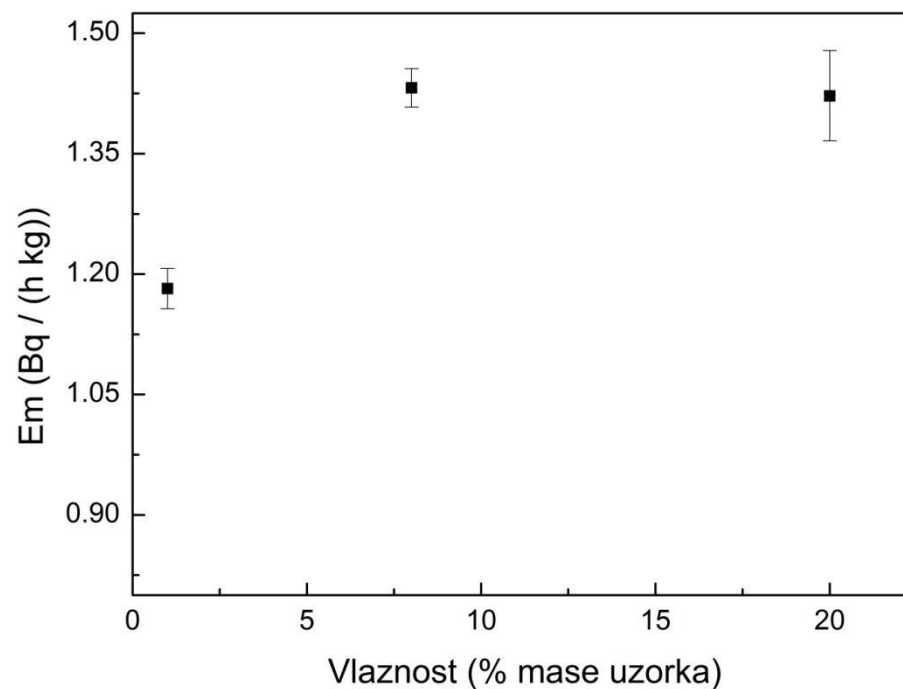
Veličina uzorka (mm)	m (kg)	$C_{226\text{Ra}}$ (Bq kg ⁻¹)	λ_{eff} 10 ⁻⁴ (h ⁻¹)	C_0 (Bq m ⁻³)	E_m (Bq kg ⁻¹ h ⁻¹)	Adj R ²
< 0.7	0.910	551 ± 53	106.8±5.6	66±13	1.298±0.028	0.994
0.7 - 1.2	0.505	529 ± 36	82±10	84.5±7.4	1.047±0.039	0.990
1.2 - 1.6	0.323	508 ± 49	107.5±4.9	-19±1	0.963±0.020	0.993
1.6 - 2.1	0.293	564 ± 74	87.3±5.1	12.9±4.6	0.949±0.025	0.986

Rezultati merenja:



Rezultati merenja:

masa vode (%) mase suvog uzorka	λ_{eff} $10^{-4}(\text{h}^{-1})$	C_0 (Bq m ⁻³)	E (Bq h ⁻¹)	Adj R ²
1	106.8±5.6	66±13	1.182±0.025	0.994
8	85.1±4.3	70±10	1.432±0.024	0.997
20	80±12	3±18	1.422±0.056	0.996



Zaključak:

- ispitivan uticaj granulacije i vlažnosti materijala na brzinu ekshalacije
- bigar: 550 Bq/kg
- povećanje brzine ekshalacije sa smanjenjem veličine zrna
- efekat je izraženiji što je granulacija finija
- Brzina ekshalacije radona je veća za vlažni uzorak u odnosu na suvi
- bez promene brzine ekshalacije kada je masa vode iznosila 8% i 20%

za 8 dana izlaganja

2.5 kg bigra

sprašenog < 0.7 mm



1 MBq m⁻³ h

0.1 %

An aerial photograph of a wide river curving through a landscape. In the foreground, a dam structure spans across the river. To the left of the dam, there is a large complex of buildings, including a prominent circular structure, and a parking lot filled with cars. The surrounding area is a mix of greenery and open fields. The text 'HVALA NA PAŽNJI' is overlaid in red on the right side of the image.

HVALA NA PAŽNJI