



**LABORATORIUM
EKSPERTYZ
RADIOMETRYCZNYCH**
Radzikowskiego 152, 31-342 KRAKÓW



AB 788

tel.: 12 66 28 332 • mob.: 517 904 204 • fax: 12 66 28 458 • e-mail: radon@ifj.edu.pl • [http:// radon.ifj.edu.pl](http://radon.ifj.edu.pl)

RAPORT Z POMIARÓW PORÓWNAWCZYCH STĘŻENIA RADONU Rn-222 W WODZIE

Jadwiga Mazur, Dominik Grządziel, Krzysztof Kozak, Mariusz Mroczek

Kraków, czerwiec 2014

1. Wstęp

Pomiary porównawcze stężenia radonu Rn-222 w wodzie zostały przeprowadzone z inicjatywy Laboratorium Ekspertyz Radiometrycznych IFJ PAN w Krakowie. W pomiarach porównawczych brało udział 6 instytucji; jedna z nich (LER IFJ PAN) posiada akredytację PCA stosowanej metody pomiarowej. Materiałem do badania były przygotowane w LER dwie próbki wody o różniącym się stężeniu radonu - STĘŻENIE 1 oraz STĘŻENIE 2. Sposób przygotowania próbek opisano w Aneksie 1. Próbki zostały przygotowane w dniu 20.03.2014 bezpośrednio przed poborem materiału do badania przez uczestników. W Tabeli 1 przedstawiono uczestników pomiarów porównawczych, stosowane przez nich metody pomiarowe oraz oznaczenie kodowe każdej instytucji.

TABELA 1.

Instytucje biorące udział w pomiarach porównawczych stężenia radonu (Rn-222) w wodzie

Instytucja	Metoda pomiaru	Kod
AGH -Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej ul. Reymonta 19, 30-059 Kraków	LSC (licznik ciekłoscyntylacyjny) Guardian Wallac 1414 α/β	A
Uniwersytet Śląski, Instytut Fizyki Ul. Uniwersytecka 4 40-007 Katowice	LSC (licznik ciekłoscyntylacyjny) Wallac WinSpectral 1414 α/β	B
GIG Śląskie Centrum Radiometrii Środowiskowej Plac Gwarków 1 40-166 Katowice	LSC (licznik ciekłoscyntylacyjny) α/β Quantulus 1220	C
CLOR, Konwaliowa 7 03-194 Warszawa	1. AlphaGUARD +AquaKit, 2. LSC (licznik ciekłoscyntylacyjny)	D1, D2
IFJ PAN Laboratorium Ekspertyz Radiometrycznych Radzikowskiego 152 31-342 Kraków	1. AlphaGUARD +AquaKit 2. LSC (licznik ciekłoscyntylacyjny) – Triathler Beta Scout (Canberra)	E1, E2
Politechnika Wrocławska - Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Zakład Geologii i Wód Mineralnych Wybrzeże Wyspiańskiego 27 50-370 Wrocław	LSC (licznik ciekłoscyntylacyjny) α/β Quantulus 1220 metoda obliczeń 1 metoda obliczeń 2	F1, F2

W dniu 20.03.2014 r. w siedzibie LER IFJ PAN miał miejsce pobór materiału do pomiarów. Uczestnicy z pięciu instytucji pobrali próbki na miejscu. Dla każdego stężenia radonu w wodzie (STĘŻENIE 1 oraz STĘŻENIE 2) uczestnicy pobierali od 1 do 5 próbek. Pobierany materiał był wprowadzany bezpośrednio do naczyń ze scyntylatorem (w przypadku metody liczników ciekłoscyntylacyjnych) lub do naczynia „degassing vessel” (w przypadku metody komory jonizacyjnej AlphaGUARD + AquaKit). Pracownicy LER pobrali

próbki każdego stężenia (po 1 dm³) dla CLOR. Próbkę te zostały następnie przesłane do Warszawy przesyłką konduktorską. Próbkę zostały odebrane przez pracownika CLOR w dniu 20.03.2014 r. w godzinach wieczornych.

2. Wyniki pomiarów

Pobrane próbki uczestnicy mierzyli w swoich laboratoriach zgodnie ze stosowanymi procedurami pomiarowymi. Wyniki dostarczyli do LER IFJ PAN na przygotowanych przez organizatorów formatkach (Aneks 2). W formatkach, poza opisem poboru próbki i metody pomiarowej, umieszczono wyniki pomiarów poszczególnych próbek dla danego stężenia oraz wynik ostateczny pomiaru wraz z niepewnością.

W Tabeli 2 zebrano wyniki końcowe przekazane przez poszczególnych uczestników, których nazwy są zakodowane zgodnie z Tabelą 1.

TABELA 2. Wyniki pomiarów porównawczych stężenia radonu (Rn-222) w wodzie

KOD laboratorium	STĘŻENIE 1 [Bq dm ⁻³]		STĘŻENIE 2 [Bq dm ⁻³]	
	C _{Rn}	niepewność	C _{Rn}	niepewność
A	66,3	3,1	13,9	0,6
B	72,4	2,5	14,0	0,6
C	69,1	5,2	13,5	1,0
D1	63,1	6,8	10,1	2,0
D2	47,3	8,0	8,9	1,5
E1	67,5	4,9	10,8	2,2
E2	71,1	2,0	12,3	0,4
F1	74,7	0,5	14,2	0,2
F2	71,8	2,4	13,1	0,5

Za pomocą testu Dixona sprawdzono czy nie należy odrzucić któregoś wyniku jako wątpliwego. Test wykazał, iż wynik D2 dla STĘŻENIA 1 jest wątpliwy, wobec czego wynik ten odrzucono.

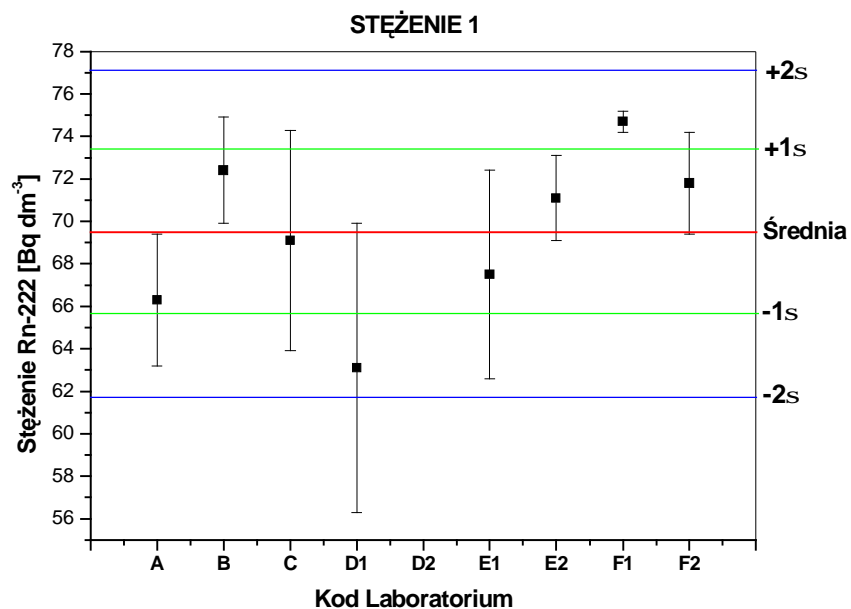
Obliczono wartości średnie i odchylenia standardowe z pozostałych wyników uzyskanych przez uczestników dla obydwóch stężeń radonu w wodzie, które wynoszą odpowiednio:

STĘŻENIE 1: **69,5 Bq dm⁻³ s = 3,8**

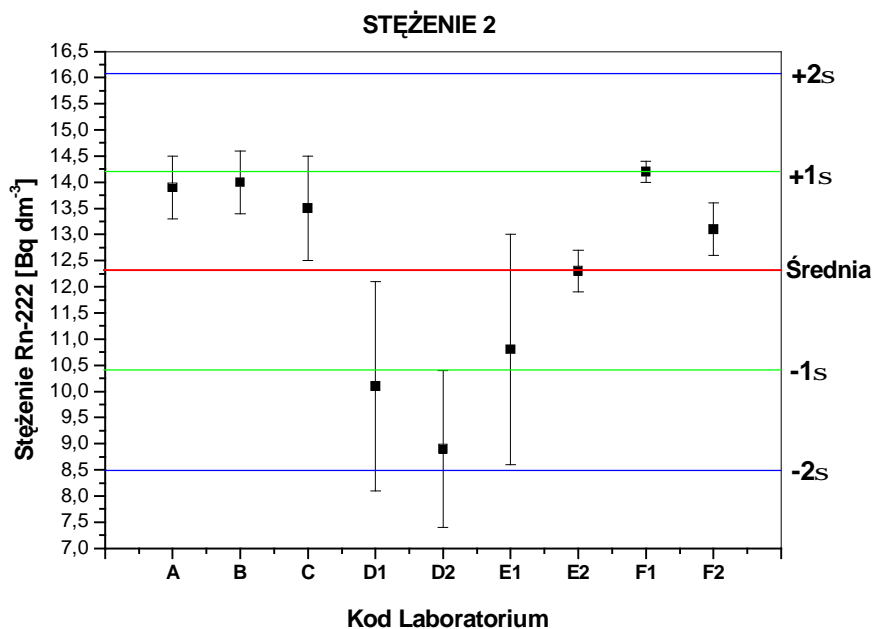
STĘŻENIE 2: **12,3 Bq dm⁻³ s = 1,9**

Wartości te uznano za wartości referencyjne, względem których oceniano dokładność uzyskanych przez uczestników wyników.

Na rysunkach 1 i 2 pokazano odpowiednio wyniki pomiarów obydwóch stężeń radonu w wodzie wraz z niepewnością pomiarową określoną przez uczestników. Na rysunkach zaznaczono wartość referencyjną (średnia arytmetyczna wyników) oraz wartość jednego i dwóch odchyłeń standardowych.



Rys. 1. Wyniki pomiarów stężenia radonu w wodzie – STĘŻENIE 1



Rys. 2. Wyniki pomiarów stężenia radonu w wodzie – STĘŻENIE 2

3. Ocena dokładności wyników

Kryterium oceny wyników każdego uczestnika opierało się na analizie wartości Z-score obliczonej zgodnie ze wzorem:

$$Z - score = \frac{(x_i - x_{ref})}{S}$$

gdzie:

x_i – wynik uczestnika

x_{ref} – wartość referencyjna (tu wartość średnia wyników uzyskanych przez uczestników)

σ - wartość odchylenia standardowego średniej

Wartość bezwzględna parametru Z-score decyduje o tym czy wynik poszczególnego uczestnika jest akceptowalny.

Jeśli $|Z - score| \leq 2$ to wynik jest zadowalający,

Jeśli $2 < |Z - score| < 3$ to wynik jest wątpliwy, ale do przyjęcia

Jeśli $|Z - score| \geq 3$ to wynik jest niezadowalający

Tabela 3 przedstawia wyniki testu Z-score dla obydwóch stężeń radonu w wodzie. W tabeli oceniono także wyniki poszczególnych uczestników:

+ oznacza wynik zadowalający

+/- oznacza wynik wątpliwy

– oznacza wynik niezadowalający

TABELA 3. Wyniki testu Z-score dla dwóch wartości stężeń radonu w wodzie

KOD uczestnika	Wartość $\frac{1}{2}Z\text{-score}\frac{1}{2}$		OCENA WYNIKU
	STĘŻENIE 1	STĘŻENIE 2	
A	0,85	0,82	+
B	0,77	0,88	+
C	0,11	0,62	+
D1	1,71	1,15	+
D2	-	1,77	+
E1	0,53	0,78	+
E2	0,43	0,01	+
F1	1,39	0,98	+
F2	0,61	0,41	+

4. Wnioski

W pomiarach porównawczych stężenia radonu w wodzie uczestniczyło 6 laboratoriów z Polski. Wszystkie laboratoria stosują metodę liczników ciekłoscyntylacyjnych. Dwa z nich ponadto używają metody spektrometrii promieniowania alfa z użyciem komory jonizacyjnej AlphaGUARD. Jedno laboratorium (IFJ PAN) posiada akredytację metody pomiaru stężenia radonu w wodzie za pomocą komory jonizacyjnej AlphaGUARD (AB 788). Uzyskane wyniki pomiarów przedstawiono na rysunkach (Rys. 1, Rys. 2).

W przypadku STĘŻENIA 1 – odrzucono wynik D2 jako wątpliwy (test Dixona). Wynik F1 nie mieści się w granicach 1σ z uwzględnieniem niepewności. Wynik D1 z uwzględnieniem niepewności mieści się w tej granicy. Pozostałe laboratoria uzyskały wyniki w granicach $\pm 1\sigma$.

W przypadku STĘŻENIA 2 – wynik D2 nie mieści się w granicach 1σ z uwzględnieniem niepewności. Wynik D1 z uwzględnieniem niepewności mieści się w tej granicy. Pozostałe laboratoria uzyskały wyniki w granicach $\pm 1\sigma$.

Test *Z-score* wykazał pozytywne oceny wyników wszystkich laboratoriów dla obydwóch stężeń radonu w przygotowanych próbkach.