



Wyniki międzylaboratoryjnych
pomiarów porównawczych
zawartości naturalnych
izotopów promieniotwórczych
w surowcach
i materiałach budowlanych
przeprowadzonych w roku 2021

-
- ✓ mgr Olga Stawarz
 - ✓ mgr inż. Krzysztof Isajenko
 - ✓ mgr Barbara Piotrowska
 - ✓ mgr inż. Karol Wojtkowski
 - ✓ Anita Kiełbasińska
 - ✓ Marcin Kozdój

Wstęp

Zgodnie z wymogami Polskiego Centrum Akredytacji pozytywny wynik międzylaboratoryjnych pomiarów porównawczych (ILC) jest konieczny do uzyskania bądź utrzymania akredytacji przez laboratorium. Stanowi dowód wykazania kompetencji w zakresie monitorowania działań oraz uznania ważności wyników badań.

Pomiary porównawcze zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych w surowcach budowlanych pochodzenia przemysłowego zostały zorganizowane przez Zakład Dozymetrii CLOR w oparciu o:

- normę PN-EN ISO/IEC 17043:2010 „Ocena zgodności. Ogólne wymagania dotyczące badania biegłości”
- dokument PCA DA-05 „Polityka dotycząca uczestnictwa w badaniach biegłości”
- „Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 17 grudnia 2020 r. w sprawie materiałów budowlanych, w przypadku których oznacza się stężenie promieniotwórcze izotopów promieniotwórczych potasu ^{40}K , radu ^{226}Ra i toru ^{232}Th , wymagań dotyczących dokonywania tych oznaczeń oraz wartości wskaźnika stężenia promieniotwórczego, o której przekroczeniu informuje się właściwe organy” (Dz. U. 2021, poz. 33; RRM obowiązuje od 7 lutego 2021 r.).

Analizie poddano określone przez laboratoria stężenia radionuklidów potasu ^{40}K , radu ^{226}Ra i toru ^{232}Th oraz wartości wskaźnika stężenia promieniotwórczego I w próbkach popiołu paleniskowego (z elektrofiltrów Elektrociepłowni Siekierki).

Plan realizacji programu międzylaboratoryjnych pomiarów porównawczych:

Zadanie	Planowany termin
Rozesłanie deklaracji chęci uczestniczenia w pomiarach porównawczych	01.2021
Zebranie zgłoszeń uczestników	31.03.2021
Rozesłanie informacji o sposobie przeprowadzenia pomiarów porównawczych, ankiet oraz informacji RODO	04.2021
Pozyskanie obiektu badań	02.2021
Przygotowanie obiektu badań (wraz ze sprawdzeniem jednorodności)	03. - 04.2021
Dystrybucja obiektów badań	04. - 05.2021
Rzesłanie instrukcji przeprowadzenia pomiarów oraz arkuszy do wprowadzenia wyników badań	04. - 05.2021
Zebranie wyników ankiet oraz wyników badań	31.08.2021
Porównanie wyników badań z założonymi kryteriami	09.2021
Opracowanie sprawozdania z pomiarów porównawczych	10.2021
Rzesłanie sprawozdania z pomiarów porównawczych	11.2021

Uczestnicy porównań międzylaboratoryjnych:

L.p.	Nazwa laboratorium	Adres
1., 2.	Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej	ul. Konwaliowa 7 03-194 warszawa
3.	Centralne Laboratorium Pomiarowo-Badawcze Sp. z o. o.	ul. Rybnicka 6 44-335 Jastrzębie-Zdrój
4.	ELPOLAB Sp. z o.o.	Zawada 26 28-230 Połaniec
5.	Instytut Techniki Budowlanej, Laboratorium Konstrukcji Budowlanych, Geotechniki i Betonu, Pracownia Betonu	ul. Filtrowa 1 00-611 Warszawa
6.	Narodowe Centrum Badań Jądrowych Laboratorium Pomiarów Dozymetrycznych	ul. Andrzeja Sołtana 7 05-400 Otwock, Świerk
7.	PGNiG Termika, Elektrociepłownie Warszawskie SA, Laboratorium Chemiczne	ul. Chełmżyńska 180 04-464 Warszawa
8.	Politechnika Wrocławska, Wydział Chemiczny, Zakład Chemii Analitycznej i Metalurgii Chemicznej, Laboratorium Badań Izotopowych	ul. Smoluchowskiego 23 50-371 Wrocław
9.	Polskie Centrum Badań i Certyfikacji SA Oddział w Gdańsku, Laboratorium Wyrobów Budowlanych	ul. Wejhera 18a 80-346 Gdańsk
10.	Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego –Laboratorium Surowców i Wyrobów Budowlanych	ul. Racjonalizacji 6/8 02-673 Warszawa
11.	Wojewódzka Stacja Sanitarno -Epidemiologiczna Dział Laboratoryjny w Rzeszowie, Laboratorium Pomiarów Promieniowania	ul. Wierzbowa 16 35-959 Rzeszów
12.	Zakłady Pomiarowo - Badawcze Energetyki „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o., Zakład Ochrony Środowiska	ul. Gen. J. Sowińskiego 3 44-100 Gliwice



Przygotowanie próbek oraz ich dystrybucja do laboratoriów:

Partia materiału została podzielona na próbki do badań interkalibracyjnych (12 szt.) i próbki do badań jednorodności materiału (próbki kontrolne - 4 szt.).

Próbki kontrolne oraz próbki do pomiarów porównawczych zostały pobrane według następującego schematu: z każdego worka (W1, W2) pobrano próbki do badań jednorodności (P1, P2) oraz próbki do badań porównawczych (P3, P4, P5, P6, P7, P8).

Po okresie leżakowania (minimum 14 dni) dla wszystkich próbek kontrolnych zbadano jednorodność poprzez kontrolę liczby zliczeń w fotopikach odpowiadających kilku wybranym energiom promieniowania (^{226}Ra - 186 keV, ^{212}Pb - 239 keV, ^{212}Bi - 727 keV, ^{228}Ac - 911 keV oraz ^{40}K - 1461 keV).

Do badania jednorodności materiału zastosowano dwa analizatory wielokanałowe z detektorami półprzewodnikowymi HPGe (typu XTRa) oraz analizator wielokanałowy z detektorem koaksjalnym półprzewodnikowym HPGe.

Dla wszystkich badanych próbek względna różnica liczby zliczeń nie przekroczyła 4,2%
→ pozyskany materiał charakteryzuje się dobrą jednorodnością.

Próbki zostały rozestane do uczestników pomiarów porównawczych. Dla zachowania poufności rezultatów każde z laboratoriów dostało losowo wybrany numer kodowy.

Laboratoria przeprowadziły pomiary próbek za pomocą trójkanałowego analizatora typu MAZAR lub wielokanałowego spektrometru promieniowania gamma z detektorem HPGe – w standardowym i wydłużonym czasie pomiaru.



Analiza wyników pomiarów:

Przeanalizowano wyniki pomiarów uzyskane w czasie standardowym oraz w czasie wydłużonym dla następujących wielkości:

- stężenie potasu ^{40}K
- stężenie radu ^{226}Ra
- stężenie toru ^{232}Th
- wskaźnik stężenia promieniotwórczego I , obliczony wg wzoru:

$$I = \frac{C_{K-40}}{3000} \frac{\text{Bq}}{\text{kg}} + \frac{C_{Ra-226}}{300} \frac{\text{Bq}}{\text{kg}} + \frac{C_{Th-232}}{200} \frac{\text{Bq}}{\text{kg}}$$

gdzie: C_{K-40} , C_{Ra-226} , C_{Th-232} – stężenia prom.: ^{40}K , ^{226}Ra i ^{232}Th , wyrażone w Bq/kg .

Przeprowadzono testy statystyczne Q-Dixona i T-Grubbsa w celu eliminacji „błędów grubych”. Odrzucono po jednym wyniku (dla obu czasów pomiaru) dla stężenia radu i wskaźnika I . Dla pozostałych wyników obliczono średnie arytmetyczne - wartości referencyjne:

Czas pomiaru	Wartość referencyjna stężenia radionuklidu [Bq/kg]			Wartość referencyjna wskaźnika I
	^{40}K	^{226}Ra	^{232}Th	
standardowy	$486,00 \pm 33,36$	$238,55 \pm 6,99$	$91,20 \pm 4,55$	$1,42 \pm 0,03$
wydłużony	$474,65 \pm 33,01$	$238,98 \pm 6,33$	$90,47 \pm 4,84$	$1,41 \pm 0,03$

Analiza wyników pomiarów (cd.):

W opracowaniu przekazanym uczestnikom ILC przedstawiono w formie tabel zestawienie (dla obu czasów pomiaru) wartości stężeń ^{40}K , ^{226}Ra i ^{232}Th oraz wskaźnika I wraz z niepewnościami (wartości określone przez uczestników), odchylenia od wartości średniej (liczbowe i procentowe) oraz wartości względne (stosunek wartości otrzymanej przez laboratorium do wartości referencyjnej).

Na wykresach zobrazowano (dla obu czasów pomiaru):

- stężenia radionuklidów naturalnych i wartości wskaźnika I oraz niepewności otrzymane przez uczestników - w stosunku do wartości referencyjnej
- wartości odchylenia stężeń oraz wskaźnika I od wartości średniej
- wartości względne stężeń i wskaźnika I w stosunku do wartości referencyjnej.

Dla standardowego czasu pomiaru wartości wskaźnika stężenia promieniotwórczego I odbiegają od wartości średniej o wartość większą niż niepewność pomiaru dla dwóch laboratoriów (Lab05 i Lab06).

Dla wydłużonego czasu pomiaru wartości wskaźnika stężenia promieniotwórczego I odbiegają od wartości średniej o wartość większą niż niepewność pomiaru dla czterech laboratoriów (Lab05, Lab06, Lab10 i Lab11).

Analiza wyników pomiarów (cd.):

Wyniki poddano analizie statystycznej, stosując test Z oraz procedury zalecane przez MAEA i PCA. Testy Z, dokładności i precyzji zostały przeprowadzone w odniesieniu wartości średniej stężeń ^{40}K , ^{226}Ra i ^{232}Th oraz wyznaczonego wskaźnika I .

Znajomość **parametru Z** pozwala ocenić dokładność wyników na tle całej populacji.

$$Z = \frac{x - X}{\hat{\sigma}}$$

gdzie: x – wynik uzyskany przez uczestnika
 X – wartość średnia (referencyjna)
 $\hat{\sigma}$ – odchylenie standardowe

Dla oceny biegłości laboratorium przyjęto następujące kryteria:

- $|Z| \leq 2$ - wynik zadowolający,
- $2 < |Z| < 3$ - wynik wątpliwy, ale do przyjęcia,
- $|Z| \geq 3$ - wynik niezadowolający, uzasadniający podjęcie działań naprawczych.

Dokładność wyniku jest zadowolająca, jeśli:

$$|\text{wynik lab.} - \text{wartość ref.}| \leq 2,58 \cdot \sqrt{U_{ref}^2 + U_{lab}^2}$$

Precyzja wyniku jest zadowolająca, jeśli wartość:

$$\sqrt{\left(\frac{U_{ref}}{\text{wartość ref.}}\right)^2 + \left(\frac{U_{lab}}{\text{wynik lab.}}\right)^2} \cdot 100\%$$

jest mniejsza lub równa 16% wartości referencyjnej wskaźnika I oraz 25% wartości stężeń aktywności ^{40}K , ^{226}Ra i ^{232}Th . (U - niepewność pomiaru)

stand. czas pom.	Stężenie ⁴⁰ K [Bq/kg]	U _K [Bq/kg]	Z	STATUS Z	K _{lab} -K _{sr}	STATUS DOKŁADNOŚCI	25% PRECYZJI WYNIKU	STATUS PRECYZJI
LAB01	478,00	76,00	0,14	+	8,00	+	16,27	+
LAB02	435,00	50,00	0,92	+	51,00	+	12,00	+
LAB03	535,00	80,00	0,89	+	49,00	+	15,34	+
LAB04	470,00	81,00	0,29	+	16,00	+	17,57	+
LAB05	375,60	49,80	2,00	+	110,40	+	13,70	+
LAB06	485,78	22,11	0,00	+	0,22	+	5,70	+
LAB07	606,99	99,07	2,19	+/-	120,99	+	16,68	+
LAB08	532,00	68,00	0,83	+	46,00	+	13,23	+
LAB09	514,06	41,02	0,51	+	28,06	+	8,69	+
LAB10	448,01	66,59	0,69	+	37,99	+	15,25	+
LAB11	479,30	89,96	0,12	+	6,70	+	19,08	+
LAB12	472,23	68,09	0,25	+	13,77	+	14,82	+
stand. czas pom.	Stężenie ²²⁶ Ra [Bq/kg]	U _{Ra} [Bq/kg]	Z	STATUS Z	Ra _{lab} -Ra _{sr}	STATUS DOKŁADNOŚCI	25% PRECYZJI WYNIKU	STATUS PRECYZJI
LAB01	252,00	23,00	1,22	+	13,45	+	9,24	+
LAB02	245,00	25,00	0,58	+	6,45	+	10,31	+
LAB03	230,00	23,00	0,77	+	8,55	+	10,11	+
LAB04	237,00	23,00	0,14	+	1,55	+	9,81	+
LAB05	190,48	15,07	4,35	-	48,07	-	8,05	+
LAB06	261,00	12,06	2,03	+/-	22,45	+	4,85	+
LAB07	229,91	24,62	0,78	+	8,64	+	10,81	+
LAB08	226,00	20,00	1,13	+	12,55	+	8,97	+
LAB09	244,22	10,12	0,51	+	5,67	+	4,40	+
LAB10	227,44	19,61	1,00	+	11,11	+	8,75	+
LAB11	227,38	24,05	1,01	+	11,17	+	10,68	+
LAB12	244,09	20,31	0,50	+	5,54	+	8,45	+

stand. czas pom.	Stężenie ²³² Th [Bq/kg]	U _{Th} [Bq/kg]	Z	STATUS Z	Th _{lab} -Th _{śr}	STATUS DOKŁADNOŚCI	25% PRECYZJI WYNIKU	STATUS PRECYZJI
LAB01	92,10	9,10	0,12	+	0,90	+	10,19	+
LAB02	93,50	9,20	0,31	+	2,30	+	10,15	+
LAB03	103,00	11,00	1,56	+	11,80	+	10,97	+
LAB04	99,00	9,70	1,03	+	7,80	+	10,11	+
LAB05	77,00	6,35	1,88	+	14,20	+	8,62	+
LAB06	92,11	4,62	0,12	+	0,91	+	5,60	+
LAB07	86,46	10,14	0,63	+	4,74	+	11,99	+
LAB08	103,10	0,10	1,58	+	11,90	-	2,50	+
LAB09	89,70	3,82	0,20	+	1,50	+	4,94	+
LAB10	81,58	7,65	1,27	+	9,62	+	9,70	+
LAB11	88,71	10,24	0,33	+	2,49	+	11,81	+
LAB12	88,11	8,07	0,41	+	3,09	+	9,49	+
stand. czas pom.	Wskaźnik I	U _I	Z	STATUS Z	I _{lab} -I _{śr}	STATUS DOKŁADNOŚCI	16% PRECYZJI WYNIKU	STATUS PRECYZJI
LAB01	1,46	0,10	0,88	+	0,04	+	6,93	+
LAB02	1,43	0,15	0,25	+	0,01	+	10,54	+
LAB03	1,45	0,12	0,67	+	0,03	+	8,35	+
LAB04	1,44	0,12	0,46	+	0,02	+	8,40	+
LAB05	1,14	0,08	5,76	-	0,28	-	7,10	+
LAB06	1,49	0,05	1,50	+	0,07	+	3,52	+
LAB07	1,39	0,12	0,58	+	0,03	+	8,70	+
LAB08	1,44	0,10	0,46	+	0,02	+	7,03	+
LAB09	1,43	0,07	0,25	+	0,01	+	5,01	+
LAB10	1,32	0,10	2,13	+/-	0,10	+	7,60	+
LAB11	1,35	0,11	1,40	+	0,07	+	8,22	+
LAB12	1,40	0,10	0,37	+	0,02	+	7,22	+

wydłużony czas pom.	Stężenie ⁴⁰ K [Bq/kg]	U _K [Bq/kg]	Z	STATUS Z	K _{lab} -K _{sr}	STATUS DOKŁADNOŚCI	25% PRECYZJI WYNIKU	STATUS PRECYZJI
LAB01	475,00	77,00	0,01	+	0,35	+	16,58	+
LAB02	441,00	50,00	0,61	+	33,65	+	11,86	+
LAB03	470,00	47,00	0,08	+	4,65	+	10,59	+
LAB04	442,00	78,00	0,60	+	32,65	+	17,99	+
LAB05	367,65	39,21	1,95	+	107,00	+	11,22	+
LAB06	498,31	23,04	0,43	+	23,66	+	5,78	+
LAB07	589,50	53,58	2,10	+/-	114,85	+	9,73	+
LAB08	537,00	47,00	1,14	+	62,35	+	9,42	+
LAB09	511,99	40,52	0,68	+	37,34	+	8,64	+
LAB10	429,13	41,95	0,83	+	45,52	+	10,38	+
LAB11	444,07	43,73	0,56	+	30,58	+	10,44	+
LAB12	490,15	45,96	0,28	+	15,50	+	10,00	+
wydłużony czas pom.	Stężenie ²²⁶ Ra [Bq/kg]	U _{Ra} [Bq/kg]	Z	STATUS Z	Ra _{lab} -Ra _{sr}	STATUS DOKŁADNOŚCI	25% PRECYZJI WYNIKU	STATUS PRECYZJI
LAB01	255,00	23,00	1,60	+	16,02	+	9,12	+
LAB02	244,00	25,00	0,50	+	5,02	+	10,33	+
LAB03	237,00	16,00	0,20	+	1,98	+	6,88	+
LAB04	239,00	16,60	0,00	+	0,02	+	7,07	+
LAB05	192,31	13,13	4,66	-	46,67	-	6,95	+
LAB06	256,56	12,31	1,76	+	17,58	+	4,98	+
LAB07	232,72	15,85	0,63	+	6,26	+	6,94	+
LAB08	223,00	15,00	1,60	+	15,98	+	6,86	+
LAB09	243,61	10,04	0,46	+	4,63	+	4,33	+
LAB10	231,96	15,14	0,70	+	7,02	+	6,66	+
LAB11	227,09	15,01	1,19	+	11,89	+	6,74	+
LAB12	238,84	15,51	0,01	+	0,14	+	6,63	+

wydłużony czas pom.	Stężenie ²³² Th[Bq/kg]	U _{Th} [Bq/kg]	Z	STATUS Z	Th _{lab} -Th _{śr}	STATUS DOKŁADNOŚCI	25% PRECYZJI WYNIKU	STATUS PRECYZJI
LAB01	96,40	9,30	0,74	+	5,93	+	10,01	+
LAB02	91,60	8,90	0,14	+	1,13	+	10,08	+
LAB03	101,00	7,00	1,31	+	10,53	+	7,43	+
LAB04	96,70	6,80	0,78	+	6,23	+	7,52	+
LAB05	76,21	5,41	1,78	+	14,26	+	7,59	+
LAB06	92,44	5,35	0,25	+	1,97	+	6,38	+
LAB07	86,29	6,23	0,52	+	4,18	+	7,70	+
LAB08	103,80	6,90	1,66	+	13,33	+	7,16	+
LAB09	84,41	3,56	0,76	+	6,06	+	4,99	+
LAB10	78,59	5,46	1,48	+	11,88	+	7,44	+
LAB11	88,14	6,13	0,29	+	2,33	+	7,45	+
LAB12	90,05	6,16	0,05	+	0,42	+	7,34	+
wydłużony czas pom.	Wskaźnik I	U _I	Z	STATUS Z	I _{lab} -I _{śr}	STATUS DOKŁADNOŚCI	16% PRECYZJI WYNIKU	STATUS PRECYZJI
LAB01	1,49	0,10	1,47	+	0,08	+	6,82	+
LAB02	1,42	0,14	0,15	+	0,01	+	9,93	+
LAB03	1,44	0,09	0,53	+	0,03	+	6,36	+
LAB04	1,43	0,09	0,34	+	0,02	+	6,40	+
LAB05	1,14	0,07	5,13	-	0,27	-	6,25	+
LAB06	1,48	0,05	1,29	+	0,07	+	3,58	+
LAB07	1,39	0,08	0,41	+	0,02	+	5,88	+
LAB08	1,44	0,09	0,57	+	0,03	+	6,15	+
LAB09	1,40	0,06	0,22	+	0,01	+	4,45	+
LAB10	1,31	0,08	1,94	+	0,10	+	6,08	+
LAB11	1,33	0,07	1,55	+	0,08	+	5,40	+
LAB12	1,40	0,08	0,22	+	0,01	+	5,84	+

Analiza wyników pomiarów (cd.):

Test En

Do analizy parametru En (określonego w normie PN-EN ISO/IEC 17043) wzięto pod uwagę wartości wskaźników stężenia promieniotwórczego I oraz niepewności określone przez uczestników ILC, a także wartość średnią (referencyjną) z rozszerzoną niepewnością.

$$E_n = \frac{x_{lab} - x_{ref}}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}}$$

gdzie: x_{lab} – wynik uzyskany w laboratorium

x_{ref} – wynik referencyjny uzyskany w laboratorium odniesienia (wartość średnia)

U_{lab} - rozszerzona niepewność wyniku uczestnika

U_{ref} - rozszerzona niepewność wartości przypisanej, wyznaczonej przez laboratorium odniesienia (wartości średniej)

$|E_n| \leq 1$ - rezultat porównania jest zadowalający

$|E_n| > 1$ - wynik porównania jest niezadowalający

Wartość referencyjna wskaźnika I

$1,42 \pm 0,03$ - standardowy czas pomiaru

$1,41 \pm 0,03$ - wydłużony czas pomiaru

Wyniki testu En dla wskaźnika I dla standardowego i wydłużonego czasu pomiaru

NUMER KODOWY	Standardowy czas pomiaru				Wydłużony czas pomiaru			
	Wskaźnik I	U_1	$ E_n $	OCENA	Wskaźnik I	U_1	$ E_n $	OCENA
LAB01	1,46	0,10	0,40	+	1,49	0,10	0,74	+
LAB02	1,43	0,15	0,08	+	1,42	0,14	0,06	+
LAB03	1,45	0,12	0,26	+	1,44	0,09	0,29	+
LAB04	1,44	0,12	0,18	+	1,43	0,09	0,19	+
LAB05	1,14	0,08	3,24	-	1,14	0,07	3,50	-
LAB06	1,49	0,05	1,23	-	1,48	0,05	1,13	-
LAB07	1,39	0,12	0,22	+	1,39	0,08	0,25	+
LAB08	1,44	0,10	0,21	+	1,44	0,09	0,32	+
LAB09	1,43	0,07	0,16	+	1,40	0,06	0,17	+
LAB10	1,32	0,10	0,99	+	1,31	0,08	1,21	-
LAB11	1,35	0,11	0,59	+	1,33	0,07	1,06	-
LAB12	1,40	0,10	0,17	+	1,40	0,08	0,14	+

Podsumowanie:

W pomiarach porównawczych zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych w surowcach budowlanych, przeprowadzonych w 2021 r. wzięto udział 12 laboratoriów.

Pomiary w czasie standardowym

W teście Z przy określaniu stężenia ^{40}K jedno laboratorium podało wynik wątpliwy, ale do przyjęcia (Lab07). Dokładność i precyzja wyników dla wszystkich laboratoriów była zadowalająca.

Przy określaniu stężenia ^{226}Ra jedno laboratorium podało wynik niezadowalający (Lab05) oraz jedno laboratorium podało wynik wątpliwy, ale do przyjęcia (Lab06). Dokładność była zadowalająca dla wszystkich laboratoriów, oprócz Lab05. Precyzja wyników była dla wszystkich laboratoriów zadowalająca.

Wszystkie laboratoria podały wyniki zadowalające w teście Z i precyzyjne przy określaniu stężenia ^{232}Th . Dokładność była niezadowalająca dla jednego uczestnika (Lab08).

Podczas analizy określania przez uczestników wartości wskaźnika stężenia promieniotwórczego I stwierdzono, że w teście Z jedno laboratorium podało wynik niezadowalający (Lab05) i jedno laboratorium podało wynik wątpliwy, ale do przyjęcia (Lab10). Status dokładności dla jednego uczestnika był niezadowalający (Lab05). Precyzja wyznaczenia wartości wskaźnika I była na zadowalającym poziomie dla wszystkich laboratoriów.

Pomiary w czasie wydłużonym

W teście Z przy określaniu stężenia potasu ^{40}K jedno laboratorium podało wynik wątpliwy, ale do przyjęcia (Lab07). Dokładność i precyzja wyników dla wszystkich laboratoriów była zadowalająca.

W przypadku stężenia radu ^{226}Ra jedno laboratorium podało wynik niezadowalający (Lab05) dla testu Z oraz niedokładny. Precyzja wyników była zadowalająca dla wszystkich uczestników.

Wszystkie laboratoria podały stężenia aktywności toru ^{232}Th , które były zadowalające (test Z), dokładne i precyzyjne.

Podsumowanie (cd.):

Przy określaniu wartości wskaźnika I jedno laboratorium podało wynik niezadawalający dla testu Z oraz dokładności (Lab05). Precyzja wyznaczenia wartości wskaźnika I była na zadowalającym poziomie dla wszystkich uczestników porównań.

W przypadku testu En, zastosowanego dla oceny określenia wartości wskaźników stężenia promieniotwórczego I , odrzucone zostały wyniki dwóch laboratoriów (Lab05 i Lab06) dla standardowego czasu pomiaru oraz czterech laboratoriów (Lab05, Lab06, Lab10 i Lab11) dla wydłużonego czasu pomiaru. Dla pozostałych laboratoriów wynik testu En jest pozytywny.

Literatura:

Prawo atomowe z dnia 29 listopada 2000 r. (tekst jednolity: Dz. U. 2021, poz. 623)

Norma PN-EN ISO/IEC 17043:2010 „Ocena zgodności. Ogólne wymagania dotyczące badania biegłości”

DA-05 „Polityka dotycząca uczestnictwa w badaniach biegłości” (dokument PCA, wyd. 8 z 18.06.2021)

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 17 grudnia 2020 r. w sprawie materiałów budowlanych, w przypadku których oznacza się stężenie promieniotwórcze izotopów promieniotwórczych potasu ^{40}K , radu ^{226}Ra i toru ^{232}Th , wymagań dotyczących dokonywania tych oznaczeń oraz wartości wskaźnika stężenia promieniotwórczego, o której przekroczeniu informuje się właściwe organy” (Dz. U. 2021, poz. 33)

Poradnik Instytutu Techniki Budowlanej nr 455/2010 „Badania promieniotwórczości naturalnej wyrobów budowlanych”

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewjKyLjG0-ZzAhVppIsKHQNIaiUQFnoECAIQAQ&url=https%3A%2F%2Fotscweb.tamu.edu%2FRisk%2FTools%2FDixonOutlierCalculator.xls&usg=AOvVaw1tJkikMbdS04qvjJyweZDb> (dostęp 05.10.2021)

<http://xcatliu.github.io/grubbs/> (dostęp 12.10 2021).

Dziękuję za uwagę 😊