



RMC-1000.5Y

Nowe rozwiązanie dla procesu komparacji wzorców masy w cyklu robotycznym

dr Sławomir Janas¹⁾, M.Sc. Michał Solecki²⁾, M.Sc. Agnieszka Żukowska³⁾

¹⁾ Head of the Research Laboratory, Radwag Metrology Research and Certification Center

²⁾ Mass Comparator Department Manager, Construction Department

³⁾ Deputy Head of Calibration Laboratory, Radwag Metrology Research and Certification Center



Komparacja jest procesem w którym dokonuje się porównania obiektu badanego z wzorcem odniesienia celem wykazania różnic jakie między nimi zachodzą. Takie podejście stosowane jest w bardzo wielu aspektach a jednym z nich jest pomiar masy. Określenie masy medium jest dość powszechne w każdym obszarze począwszy od farmacji po przemysł ciężki. Oczywiście pożądanym jest zawsze pomiar dokładny a taki można osiągnąć tylko gdy zachowana jest spójność pomiarowa podczas przekazywania jednostki miary od wzorców wyższego rzędu do wzorców niższego rzędu. Proces przekazania jednostki miary może się odbywać metodą ręczną, automatyczną lub robotyczną, tak jak jest to wykonywane w Laboratorium Pomiarowym Centrum Metrologii Badań i Certyfikacji firmy Radwag. Należy stwierdzić że spójność pomiarowa czyli powiązanie między wzorcami masy jest jednym z filarów metrologii który poza aspektem metrologicznym zapewnia bezpieczeństwo dla wszystkich odbiorców oraz użytkowników którzy codziennie stykają się z metrologią np. poprzez zakup towaru według jego masy lub ceny jednostkowej.

Copyright by RADWAG Wagi Elektroniczne
Radom 2023
Wydanie I
RADWAG Wagi Elektroniczne
26-600 Radom, ul. Toruńska 5
Tel. 48 48 38 48 800, fax 48 48 385 00 10
e-mail: radom@radwag.pl
<http://www.radwag.com>

SPIS TREŚCI

1. Wstęp	4
2. Budowa komparatora RMC 1000.5Y.....	5
3. Parametry metrologiczne RMC 1000.5Y	9
4. Badania.....	10
5. Dyseminacja.....	12
6. Podsumowanie	14
7. Załącznik 1 – wyniki badań	15
7.1. Wyniki dla odważnika o masie 1000 g.....	15
7.2. Wyniki dla odważnika o masie 500 g.....	17
7.3. Wyniki dla odważnika o masie 200 g.....	19
7.4. Wyniki dla odważnika o masie 100 g.....	21
7.5. Wyniki dla odważnika o masie 50 g.....	23
7.6. Wyniki dla odważnika o masie 20 g.....	25
7.7. Wyniki dla odważnika o masie 10 g.....	27
8. Literatura	29

SPIS RYSUNKÓW

Rysunek 1. Manualny komparator masy serii WAY.....	4
Rysunek 2. Układ wagowy komparatora masy RMC 1000.5Y.....	5
Rysunek 3. Szkic komparatora RMC 1000.5Y	6
Rysunek 4. Czujnik warunków wewnętrznych RMC 1000.5Y.....	7
Rysunek 5. Zmienność temperatury i wilgotności w cyklu komparacji	7
Rysunek 6. Widok komparatora masy RMC 1000.5Y.....	8
Rysunek 7. Odważnik w procesie komparacji	9
Rysunek 8. Komplet wzorców masy	10
Rysunek 9. Odważniki w procesie dyseminacji	13

1. Wstęp

Głównym parametrem wielu procesów pomiaru masy w tym także tych związanych z porównywaniem wzorca z obiektem badanym jest powtarzalność. Jest to w ogólnym ujęciu zdolność do wskazywania „takich” samych wyników. Z technologicznego oraz konstrukcyjnego punktu widzenia ten proces jest stabilny ale niestety mocno zależny od warunków w jakich jest wykonywany. Z tego powodu zaleca się dla procesu komparacji dość rygorystyczne wytyczne odnośnie stabilności środowiska pracy. Jednak poza środowiskiem należy uwzględnić także wpływ tzw. czynnika ludzkiego.

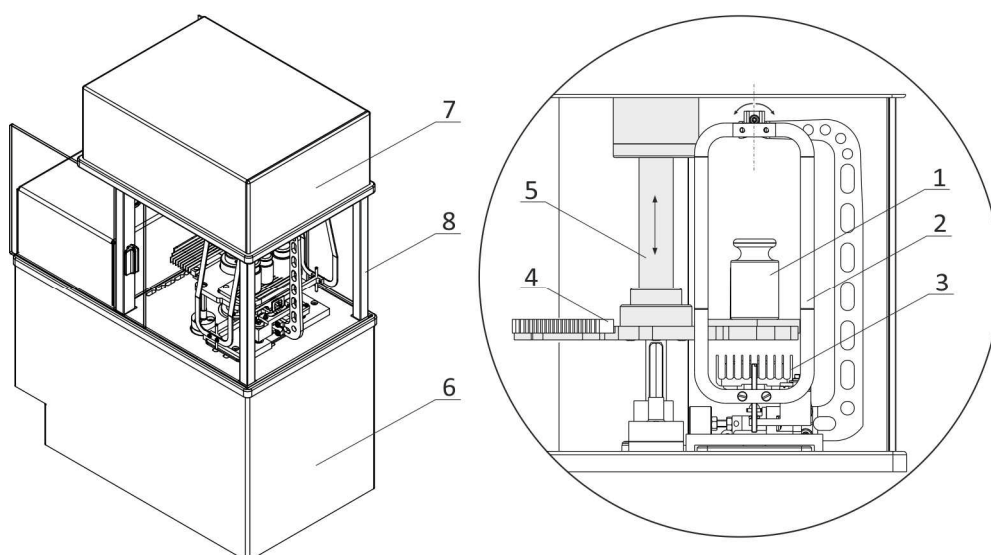
Nie jest tajemnicą że tzw. „good handlig” (rys. 1) rozumiany jako dobra praktyka ważenia też ma ograniczenia. Dotyczą one dynamiki kładzenia ważonego obiektu na szalce wagi / komparatora masy oraz interwałów między pomiarami. Z tego powodu tam gdzie istnieje konieczność osiągnięcia bardzo „dokładnych” pomiarów wprowadza się automatyzację procesu pomiarowego np. komparatory automatyczne i robotyczne. Radwag takie rozwiązania oferuje nie tylko dla laboratoriów związanych z pomiarami masy odważników / wzorców ale także dla obszarów związanych z ochroną środowiska gdzie istotna jest wydajność procesu ważenia oraz precyzyjne odmierzenie bardzo małych ilości pyłu.



Rysunek 1. Manualny komparator masy serii WAY

2. Budowa komparatora RMC 1000.5Y

W procesie ważenia poza dryftami temperatury i wilgotności środowiska pracy występują dwa dodatkowe zjawiska fizyczne które negatywnie wpływają na precyzję pomiaru. Pierwszym z nich jest ruch powietrza który naturalnie istnieje w każdym laboratorium a drugim jest możliwość postawienia wzorca / badanego odważnika poza środkiem szalki. Wyeliminowanie ruchu powietrza uzyskuje się przez zastosowanie osłon lub zabudowę komparatora masy. W przypadku komparatora RMC 1000.5Y zastosowano układ podwójnej osłony gdyż pewien ruch powietrza wewnątrz konstrukcji generuje układ robotyczny podczas pobierania odważników z magazynu i transportowania ich na szalkę komparatora masy. Otwieranie wewnętrznej osłony komory ważenia jest sprzężone z pracą układu robotycznego dzięki czemu dostęp do szalki jest możliwy tylko w momencie dostarczania lub odbierania wzorców. Drugi aspekt czyli brak centryczności podczas stawiania odważników rozwiązano poprzez zastosowanie tzw. układu szalki podwieszanej. To rozwiązanie zawsze zapewnia idealnie centryczną pozycję odważnika względem układu wagowego, (rys. 2).

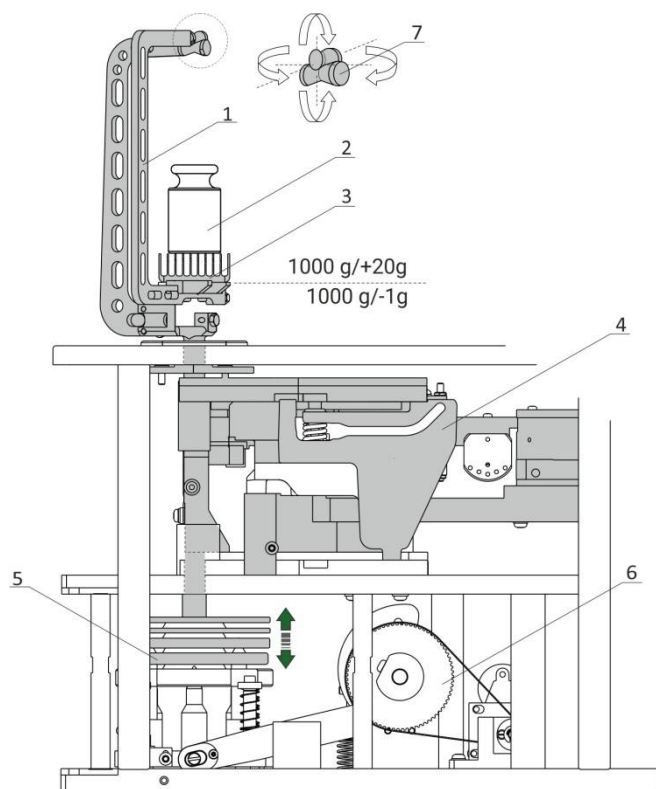


Rysunek 2. Układ wagowy komparatora masy RMC 1000.5Y.

Legenda: 1 - wzorzec masy, 2 – układ podwieszenia szalki, 3 – szalka układu wagowego, 4 – szalka wewnętrznego magazynu, 5 – układ przenoszenia napędu wewnętrznego magazynu, 6 – układ wagowy, 7 – górną osłoną układu automatyki, 8 – wewnętrzna szafka przeciwpodmuchowa.

Układ wagowy komparatora masy to dedykowane rozwiązanie wykorzystujące wysoko stabilny układ przetwornika magnetoelektrycznego który realizuje pomiar masy z rozdzielczością $1\mu\text{g}$ w zakresie równoważenia elektrycznego 1000g ($-1\text{g} \div + 20\text{g}$). Takie rozwiązanie wymaga zastosowania dodatkowych wewnętrznych obciążeń balastowych które łącznie z masą komparowaną dają finalnie obciążenie równe około 1 kg . W profesjonalnych komparatorach masy, takich jak RMC 1000.5Y dodatkowe obciążenia balastowe są zawsze zabudowane wewnątrz konstrukcji komparatora masy co jest niewątpliwie ergonomicznym, choć skomplikowanym rozwiązaniem technicznym. Widok takiego rozwiązania pokazano na rysunku 3.

Wewnątrz obudowy komparatora masy zainstalowano precyzyjny układ pomiarowy (4), który od góry jest powiązany z ramieniem szalki (1) oraz szalką (3) a od dołu układ pomiarowy ma system automatycznie zmienianych mas balastowych (5). Nakładanie i zdejmowanie dodatkowych obciążeń jest programowo sprzężone z planami komparacji, płynność zmian zapewnia układ automatyki (6). Takie rozwiązanie gwarantuje to że zawsze obciążenie komparatora wynosi około 1 kg, niezależnie od tego jaka aktualnie masa jest ważona na szalce (3).



Rysunek 3. Szkic komparatora RMC 1000.5Y

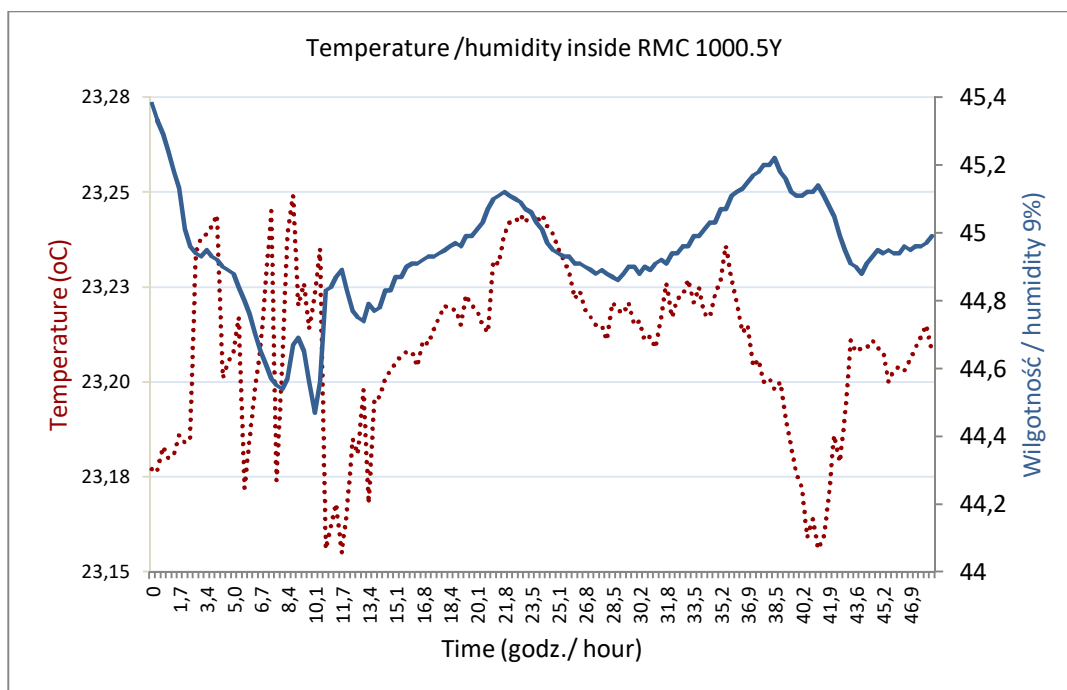
Legenda: 1-ramię szalki, 2-odważnik, 3-szalka komparatora, 4-układ mechaniczny, 5-obciążenia balastowe, 6-układ sterowania, 7-wahliwe mocowanie ramienia szalki

Ramię szalki (1) jest wahliwie podparte (7) w górnej części poprzez co potencjalny błąd pochodzący od braku centryczności można uznać za mało istotny. Wewnątrz wewnętrznej szafki przeciwpodmuchowej (8, rys. 2) zainstalowany jest czujnik warunków środowiskowych serii THB, który mierzy temperaturę, wilgotność i ciśnienie atmosferyczne dokładnie w miejscu komparacji. Jest to szczególnie istotne gdyż zmienność warunków środowiskowych to nie tylko zmiany geometryczne czy też fizyczne obiektu badanego ale także potencjalny wpływ na aspekty metrologiczne układu pomiarowego. Warto tu wspomnieć że wewnątrz konstrukcji układu pomiarowego zainstalowany jest dodatkowy czujnik temperatury który monitoruje zmienność tego czynnika wewnątrz konstrukcji mechanicznej. Informacje te są wykorzystywane poprzez algorytm komparatora celem zapewniania zawsze dokładnych pomiarów. Widok czujnika warunków środowiskowych serii THB pokazano na rysunku 4. Wartości wskazywane przez czujnik THB są odniesione do wzorców wyższego rzędu poprzez procedurę wzorcowania.



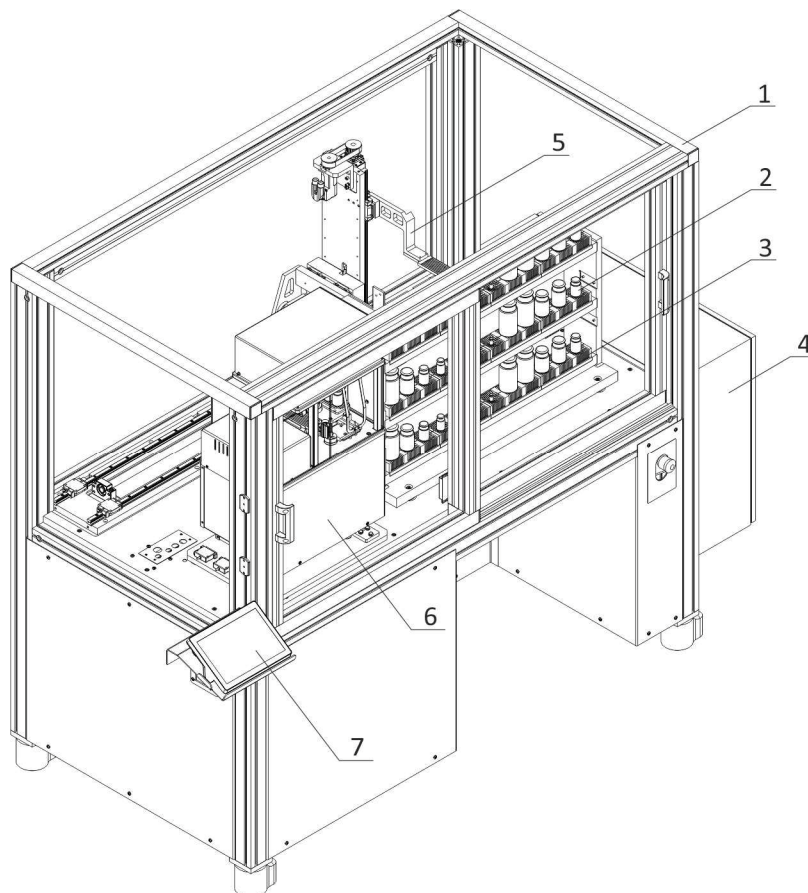
Rysunek 4. Czujnik warunków wewnętrznych RMC 1000.5Y

Monitoring zmienności warunków środowiskowych jest rejestrowany w trybie on-line w bazie danych komparatora masy. Zebrane dane można następnie poddać wybiórczo analizie w dowolnej aplikacji tak jak to pokazano na rysunku 5. W przypadku korzystania z programu komputerowego RMCS informacje o warunkach środowiskowych są przetwarzane automatycznie bez konieczności ingerencji operatora.



Rysunek 5. Zmienność temperatury i wilgotności w cyklu komparacji
Informacje z bazy danych komparatora masy (baza danych warunków środowiskowych)

Widok komparatora masy RMC 1000.5Y pokazano na rysunku 6. Wewnątrz komparatora (1) znajduje się magazyn główny (3) dla wzorców masy (2). Układ robotyczny (5) zgodnie z harmonogramem podanym w planie komparacji pobiera z magazynu wzorce / odważniki i umieszcza je w magazynie wewnętrznym układu pomiarowego, gdzie odbywa się komparacja. Sterowanie pracą komparatora masy odbywa się poprzez panel operatora (7). Jest to ergonomicznie zaprojektowany interfejs który poza sterowaniem gromadzi wszystkie informacje związane z procesem komparacji takie jak bazy danych, raporty, konfiguracja urządzenia itd.



Rysunek 6. Widok komparatora masy RMC 1000.5Y

Legenda: 1 – osłona zewnętrzna komparatora, 2 – wzorce masy, 3 – magazyn liniowy wzorców masy, 4 – układ sterowania pracą komparatora, 5 – układ robotyczny (ramię z szalką), 6 – układ wagowy komparatora, 7 – pulpit operatora.

Sterowanie pracą komparatora RMC 1000.5Y może się odbywać zdalnie wykorzystując aplikację komputerową RMCS, która zarządza całym procesem od momentu przyjęcia zlecenia poprzez komparację aż do wydania świadectwa wzorcowania. Wyposażeniem opcjonalnym komparatora jest kamera sprzężona z indywidualnym środowiskiem klienta (nadzór nad pracą układu robotycznego).

3. Parametry metrologiczne RMC 1000.5Y

Parametry metrologiczne komparatora masy, głównie w kontekście powtarzalności wskazań są jak wspomniano wcześniej mocno zależne od rzeczywistych warunków pracy. Szybkość zmian temperatury nie powinna być większa niż $\pm 0,5^{\circ}\text{C}/12\text{h}$ ($\pm 0,3^{\circ}\text{C}/4\text{h}$), a wilgotności względnej $\pm 5\%/12\text{h}$ ($2\%/4\text{h}$). Temperatura pracy powinna się zawierać w zakresie $15^{\circ}\text{C} \div 30^{\circ}\text{C}$, a wilgotność w zakresie 40% — 60%. Specyfikacja techniczna komparatora jest podana w tabeli 1.

Tabela 1. Parametry metrologiczne komparatora masy RMC 1000.5Y

Zakres komparacji - odważniki klasy dokł. E1, E2, F1, F2	10 g — 1 kg
Obciążenie maksymalne Max	1020g
Działka elementarna (d)	1 μg
Powtarzalność standardowa dla 5% Max	1.2 μg
Powtarzalność standardowa dla Max	2 μg
Powtarzalność dopuszczalna	5 μg
Zakres równoważenia elektrycznego	-1 g ÷ +20 g
Czas stabilizacji	30s
Adiustacja	wewnętrzna
Wilgotność względna	40% ÷ 60%
Magazyn odważników / wzorców masy	36 szt.
Czas komparacji pojedynczego cyklu ABBA	7 minut
Wymiary komparatora	1750 x 1070 x 1800mm
Interfejs komunikacyjny	USB-Ax2, USB-C, HDMI, Ethernet, Wi-Fi, Hotspot

Powtarzalność jest wyrażona odchyleniem standardowym wyznaczonym dla 6 cykli ABBA



Rysunek 7. Odważnik w procesie komparacji

4. Badania

Ocena przydatności w sensie metrologicznym każdego komparatora masy dotyczy głównie precyzji pomiaru której miarą jest odchylenie standardowe z serii pomiarów wykonanych metodą ABA lub ABBA. Można stwierdzić że precyzja pomiaru masy wagi / komparatora masy jest wartością stałą z pewną niewielką zmiennością gdy warunki wykonywani testu są idealnie stabilne. Uzyskanie idealnych warunków pracy jest możliwe ale niestety wymaga dość dużych nakładów finansowych które muszą zapewnić odpowiednią kubaturę laboratorium, precyzyjne sterowanie temperaturą i wilgotnością, eliminację drgań podłoża oraz zdecydowanie ograniczenie wpływu tzw. czynnika ludzkiego. Mając na uwadze powyższe zależności warunki komparacji uznaje się za dostateczne gdy w czasie tego procesu zachodzą niewielkie dryfty wilgotności i temperatury. Wartości te dla odważników zdefiniowano w normie OIML R111-1. Weights of classes E₁, E₂, F₁, F₂, M₁, M₁₋₂, M₂, M₂₋₃ and M₃. Part 1: Metrological and technical requirements (tabela 2).

Tabela 2. Warunki klimatyczne w procesie komparacji odważników.

Klasa odważnika	Zmiana temperatury podczas wzorcowania		Zmiana wilgotności podczas wzorcowania	
	w czasie 1 godziny	w czasie 12 godzin	zakres wilgotności	Max. / 4 godziny
E1	± 0.3 °C	± 0.5 °C	od 40 % do 60 %	± 5 %
E2	± 0.7 °C	± 1.0 °C		± 10 %
F1	± 1.5 °C	± 2.0 °C		± 15 %
F2	± 2.0 °C	± 3.5 °C		
M1	± 3.0 °C	± 5.0 °C	x	x



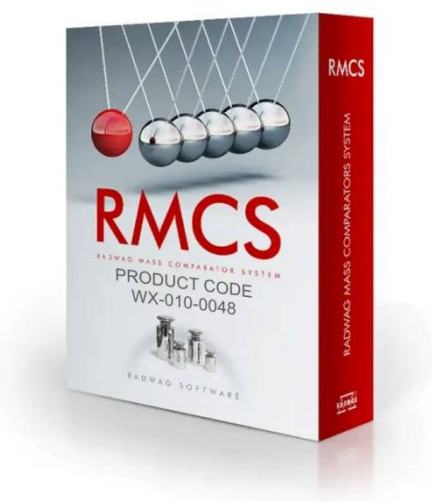
Rysunek 8. Komplet wzorców masy

W ramach badań własnych oceniono precyzję pomiarów masy robotycznego komparatora masy RMC 1000.5Y w całym zakresie pomiarowym tj. od 1kg do 10g. Badania przeprowadzono w Centrum Metrologii Badań i Certyfikacji firmy Radwag. Wzorcem odniesienia w metodzie ABBA dla każdego obciążenia był odważnik klasy dokładności E_1 a obiektem badanym odważnik klasy dokładności F_1 wg. OIML R111-1. Dla każdego obciążenia wyznaczono odchylenie standardowe z 6 serii ważeń metody ABBA, którą następnie powtórzono 8 krotnie celem określenia stabilności komparatora w długim okresie czasu. Warunki klimatyczne w czasie komparacji zaprezentowano w tabeli 3.

Tabela 3. Warunki środowiskowe w czasie badania komparatora RMC 1000.5Y

Masa wzorca	Min. temp. (°C)	Max. temp. (°C)	Min. wilgot. (%)	Max. wilgot. (%)	Ciśnienie (hPa)
1000 g	21.24	21.46	49.4	51.7	1002
500 g	21.19	21.33	48.7	50.2	1003
200 g	21.11	21.34	46.1	49.5	1005
100 g	21.32	21.46	44.8	47.1	1003
50 g	21.17	21.41	47.1	48.5	1002
20 g	21.11	21.36	49.1	51.6	1000
10 g	21.23	21.49	48.3	50.9	998

Plany komparacji dla badanych odważników zostały zaprojektowane w menu komparatora RMC 1000.5Y a następnie były one cyklicznie uruchamiane zdalnie zgodnie z wcześniej ustalonym planem. Nadzór nad pracą komparatora odbywał się zdalnie poprzez komputerową aplikację RMCS która jest dedykowana dla zarządzania cyklem komparacji od momentu przyjęcie zlecenia aż do momentu wygenerowania raportu i świadectwa wzorcowania.



Wyniki zbiorcze w zakresie odchyleń standardowych jakie uzyskano z przeprowadzonych badań pokazano w tabeli 4.

Tabela 4. Precyzja pomiaru komparatora RMC 1000.5Y zależnie od masy wzorca

Masa wzorca	Odchylenie standardowe (S) z 6 serii metody ABBA (μg)								\bar{x} (μg)
	$S_{6/1}$	$S_{6/2}$	$S_{6/3}$	$S_{6/4}$	$S_{6/5}$	$S_{6/6}$	$S_{6/7}$	$S_{6/8}$	
1000 g	1.3	1.7	1.6	1.2	1.8	0.8	1.2	1.8	1.43 ± 0.36
500 g	1.5	0.9	1.2	1.4	1.2	1.9	1.3	1.4	1.35 ± 0.29
200 g	1.2	1.0	1.3	1.3	0.8	1.1	1.3	1.6	1.20 ± 0.24
100 g	1.3	1.2	0.9	1.6	1.5	0.6	0.8	1.5	1.18 ± 0.37
50 g	1.1	0.9	1	0.7	0.9	1.1	1.3	1.1	1.01 ± 0.18
20 g	1.1	0.7	1.3	0.8	1.0	1.1	1.0	1.1	1.00 ± 0.19
10 g	1.1	0.9	1.0	0.4	1.4	1.0	0.8	1.1	0.96 ± 0.29

Szczegółowe wyniki z wszystkich serii ABBA dla badanych obciążeń podano w załączniku 1.

5. Dyseminacja

Tradycyjna ręczna metoda wyznaczania masy odważnika / wzorca poprzez bezpośrednie porównania zazwyczaj wymaga dość dużej ilości powtórzeń. Taki sposób określania masy odważnika jest podatny na błędy pochodzące od tzw. wartości odstających, które trudno poprawnie zdiagnozować. Konsekwencją tego może być zbyt duża niepewność wyznaczenia masy obiektu badanego. Mamy tu zatem powiązanie efektu ekonomicznego bo czas to pieniądz z metrologią.

Automatyzacja i robotyzacja pomiarów masy znacznie zmieniła ten stan rzeczy gdyż ilość pomiarów nie już taka istotna. Drugi problem czyli niepewność wyznaczenia masy odważnika dotyczy głównie odważników klasy dokładności E1 o masie mniejszej niż 1g. Tu znaczny wpływ pochodzi od niepewności wyznaczenia masy odważników referencyjnych (6), ale nie należy zapominać także o wpływie czynników zewnętrznych (np. ruch powietrza), gdy powierzchnia odważnika jest duża. Mając na uwadze te ograniczenia coraz częściej podczas badań wykorzystywana jest metodę podziału (dyseminacja).



Rysunek 9. Odważniki w procesie dyseminacji

Dyseminacja to w ogólnym ujęciu porównywanie zestawu odważników względem jednego lub więcej odważników referencyjnych. Metoda wymaga przeprowadzenia kilku lub kilkunastu ważeń z różnymi kombinacjami odważników o równej całkowitej masie nominalnej z zastosowaniem obliczeń adiustacyjnych w celu ograniczenia propagacji błędów. Przy zastosowaniu robotyzacji np. komparator robotyczny RMC 1000.5Y nie stanowi to większego problemu, gdyż wszystkie obliczenia realizuje oprogramowanie RMCS współpracujące z układem robotycznym. Równania opisujące wyznaczanie mas odważników z dekady 1 kg ÷ 100 g przedstawiono poniżej.

1. $m_{1000} = m_{1000ref} + \rho_a(V_{1000} - V_{1000ref}) + \overline{m}_1$
2. $m_{500,1} + m_{500,2} = m_{1000ref} + \rho_a(V_{500,1} + V_{500,2} - V_{1000ref}) + \overline{m}_2$
3. $m_{500,1} + m_{500,2} = m_{1000} + \rho_a(V_{500,1} + V_{500,2} - V_{1000}) + \overline{m}_3$
4. $m_{500,2} = m_{500,1} + \rho_a(V_{500,2} - V_{500,1}) + \overline{m}_4$
5. $m_{200,1} + m_{200,2} + m_{100,1} = m_{500,1} + \rho_a(V_{200,1} + V_{200,2} + V_{100,1} - V_{500,1}) + \overline{m}_5$
6. $m_{200,1} + m_{200,2} + m_{100,2} = m_{500,1} + \rho_a(V_{200,1} + V_{200,2} + V_{100,2} - V_{500,1}) + \overline{m}_6$
7. $m_{200,1} + m_{200,2} + m_{100,1} = m_{500,2} + \rho_a(V_{200,1} + V_{200,2} + V_{100,1} - V_{500,2}) + \overline{m}_7$
8. $m_{200,1} + m_{200,2} + m_{100,2} = m_{500,2} + \rho_a(V_{200,1} + V_{200,2} + V_{100,2} - V_{500,2}) + \overline{m}_8$
9. $m_{200,2} = m_{200,1} + \rho_a(V_{200,2} - V_{200,1}) + \overline{m}_9$
10. $m_{100,1} + m_{100,2} = m_{200,1} + \rho_a(V_{100,1} + V_{100,2} - V_{200,1}) + \overline{m}_{10}$
11. $m_{100,1} + m_{100,2} = m_{200,2} + \rho_a(V_{100,1} + V_{100,2} - V_{200,2}) + \overline{m}_{11}$
12. $m_{100,2} = m_{100,1} + \rho_a(V_{100,2} - V_{100,1}) + \overline{m}_{12}$

Algorytm opisujący sekwencję ważeń kolejnych odważników w procesie dyseminacji jest zaimplementowany w oprogramowaniu komputerowym, więc może on być dowolnie modyfikowany zależnie od istniejących potrzeb.

6. Podsumowanie

Automatyzacja i robotyzacja pomiarów masy może być postrzegana w aspekcie ekonomicznym oraz metrologicznym. W pierwszym przypadku można istotnie ograniczyć koszty pracy uzyskując niezawodny przyrząd pomiarowy który może niezawodnie pracować 24 godz./dobę , tak jak w przypadku komparatora masy RMC 100.5Y. Z metrologicznego punktu widzenia oczekiwana jest ergonomia pracy (np. zdalny nadzór), obsługi (intuicyjny interfejs operatora), elastyczność oprogramowania oraz doskonała stabilność i powtarzalność wskazań. Takie cechy można odnaleźć w komparatorach produkcji firmy Radwag, która ciągle doskonali swoje produkty. Wiele z nich jest wykorzystywanych w laboratoriach badawczych związanych z pomiarami masy oraz w laboratoriach jednostek notyfikowanych na całym świecie.

7. Załącznik 1 – wyniki badań

7.1. Wyniki dla odważnika o masie 1000 g

SERIA 1	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	r_i (g)	$r_{i\bar{r}}$ (g)	S (g)
1	0.000015	0.000061	0.000062	0.000010	0.0000490	0,0000508	0,0000013
2	0.000010	0.000059	0.000058	0.000002	0.0000525		
3	0.000005	0.000053	0.000055	0.000000	0.0000515		
4	-0.000002	0.000044	0.000045	-0.000008	0.0000495		
5	-0.000010	0.000040	0.000041	-0.000012	0.0000515		
6	-0.000015	0.000034	0.000034	-0.000019	0.0000510		

SERIA 2	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	r_i (g)	$r_{i\bar{r}}$ (g)	S (g)
1	0.000014	0.000066	0.000066	0.000015	0.0000515	0.0000503	0.0000017
2	0.000015	0.000064	0.000061	0.000006	0.0000520		
3	0.000007	0.000055	0.000054	0.000003	0.0000495		
4	0.000005	0.000052	0.000050	-0.000002	0.0000495		
5	-0.000002	0.000048	0.000047	-0.000006	0.0000515		
6	-0.000004	0.000042	0.000042	-0.000007	0.0000475		

SERIA 3	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	r_i (g)	$r_{i\bar{r}}$ (g)	S (g)
1	0.000014	0.000063	0.000064	0.000010	0.0000515	0.0000513	0.0000016
2	0.000012	0.000064	0.000069	0.000023	0.0000490		
3	0.000027	0.000079	0.000080	0.000026	0.0000530		
4	0.000030	0.000080	0.000083	0.000029	0.0000520		
5	0.000033	0.000083	0.000083	0.000034	0.0000495		
6	0.000041	0.000091	0.000089	0.000034	0.0000525		

SERIA 4	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	r_i (g)	$r_{i\bar{r}}$ (g)	S (g)
1	0.000017	0.000071	0.000076	0.000023	0.0000535	0.0000513	0.0000012
2	0.000027	0.000078	0.000080	0.000028	0.0000515		
3	0.000030	0.000081	0.000083	0.000031	0.0000515		
4	0.000034	0.000083	0.000086	0.000033	0.0000510		
5	0.000032	0.000079	0.000075	0.000021	0.0000505		
6	0.000020	0.000070	0.000072	0.000022	0.0000500		

SERIA 5	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	$r_i(g)$	$r_{i\acute{s}r}(g)$	S (g)
1	0.000013	0.000065	0.000070	0.000018	0.0000520	0.0000516	0.0000018
2	0.000019	0.000066	0.000067	0.000016	0.0000490		
3	0.000021	0.000071	0.000073	0.000022	0.0000505		
4	0.000022	0.000074	0.000076	0.000022	0.0000530		
5	0.000022	0.000072	0.000072	0.000020	0.0000510		
6	0.000021	0.000076	0.000079	0.000026	0.0000540		

SERIA 6	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	$r_i(g)$	$r_{i\acute{s}r}(g)$	S (g)
1	0.000014	0.000068	0.000075	0.000026	0.0000515	0.0000518	0.0000008
2	0.000030	0.000082	0.000083	0.000030	0.0000525		
3	0.000032	0.000083	0.000086	0.000034	0.0000515		
4	0.000035	0.000086	0.000091	0.000040	0.0000510		
5	0.000045	0.000097	0.000099	0.000045	0.0000530		
6	0.000044	0.000092	0.000091	0.000037	0.0000510		

SERIA 7	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	$r_i(g)$	$r_{i\acute{s}r}(g)$	S (g)
1	0.000012	0.000065	0.000069	0.000017	0.0000525	0.0000516	0.0000012
2	0.000020	0.000069	0.000070	0.000018	0.0000505		
3	0.000018	0.000072	0.000071	0.000019	0.0000530		
4	0.000023	0.000074	0.000075	0.000026	0.0000500		
5	0.000029	0.000080	0.000082	0.000030	0.0000515		
6	0.000030	0.000082	0.000087	0.000035	0.0000520		

SERIA 8	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	$r_i(g)$	$r_{i\acute{s}r}(g)$	S (g)
1	0.000015	0.000071	0.000074	0.000023	0.0000535	0.0000513	0.0000018
2	0.000025	0.000073	0.000072	0.000020	0.0000500		
3	0.000020	0.000073	0.000075	0.000021	0.0000535		
4	0.000023	0.000073	0.000071	0.000019	0.0000510		
5	0.000024	0.000073	0.000074	0.000022	0.0000505		
6	0.000024	0.000071	0.000075	0.000023	0.0000495		

7.2. Wyniki dla odważnika o masie 500 g

SERIA 1	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	$r_i(g)$	$r_{i\bar{s}r}(g)$	S (g)
1	0.000004	-0.000121	-0.000121	0.000002	-0.0001240	-0.0001239	0.0000015
2	0.000002	-0.000123	-0.000119	0.000001	-0.0001225		
3	0.000007	-0.000121	-0.000121	0.000000	-0.0001245		
4	0.000001	-0.000126	-0.000127	-0.000008	-0.0001230		
5	-0.000008	-0.000133	-0.000136	-0.000015	-0.0001230		
6	-0.000014	-0.000143	-0.000143	-0.000019	-0.0001265		

SERIA 2	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	$r_i(g)$	$r_{i\bar{s}r}(g)$	S (g)
1	0.000007	-0.000117	-0.000118	0.000005	-0.0001235	-0.0001248	0.0000009
2	0.000005	-0.000120	-0.000120	0.000003	-0.0001240		
3	0.000001	-0.000125	-0.000126	-0.000003	-0.0001245		
4	-0.000002	-0.000132	-0.000130	-0.000010	-0.0001250		
5	-0.000006	-0.000135	-0.000137	-0.000014	-0.0001260		
6	-0.000014	-0.000143	-0.000146	-0.000024	-0.0001255		

SERIA 3	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	$r_i(g)$	$r_{i\bar{s}r}(g)$	S (g)
1	0.000005	-0.000122	-0.000124	-0.000002	-0.0001245	-0.0001236	0.0000012
2	-0.000002	-0.000132	-0.000134	-0.000014	-0.0001250		
3	-0.000014	-0.000143	-0.000146	-0.000027	-0.0001240		
4	-0.000027	-0.000152	-0.000156	-0.000037	-0.0001220		
5	-0.000039	-0.000165	-0.000162	-0.000043	-0.0001225		
6	-0.000042	-0.000171	-0.000173	-0.000055	-0.0001235		

SERIA 4	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	$r_i(g)$	$r_{i\bar{s}r}(g)$	S (g)
1	0.000003	-0.000121	-0.000119	-0.000002	-0.0001205	-0.0001227	0.0000014
2	-0.000001	-0.000127	-0.000126	-0.000006	-0.0001230		
3	-0.000005	-0.000130	-0.000131	-0.000012	-0.0001220		
4	-0.000013	-0.000137	-0.000140	-0.000019	-0.0001225		
5	-0.000022	-0.000146	-0.000143	-0.000020	-0.0001235		
6	-0.000021	-0.000147	-0.000142	-0.000019	-0.0001245		

SERIA 5	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	r _i (g)	r _{i sr} (g)	S (g)
1	0.000001	-0.000121	-0.000122	0.000003	-0.0001235	-0.0001243	0.0000012
2	0.000001	-0.000123	-0.000126	-0.000002	-0.0001240		
3	0.000001	-0.000123	-0.000123	0.000000	-0.0001235		
4	0.000001	-0.000127	-0.000126	-0.000004	-0.0001250		
5	-0.000006	-0.000132	-0.000131	-0.000010	-0.0001235		
6	-0.000009	-0.000139	-0.000138	-0.000015	-0.0001265		

SERIA 6	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	r _i (g)	r _{i sr} (g)	S (g)
1	0.000005	-0.000117	-0.000118	0.000001	-0.0001205	-0.0001228	0.0000019
2	0.000002	-0.000125	-0.000122	-0.000002	-0.0001235		
3	-0.000004	-0.000129	-0.000128	-0.000005	-0.0001240		
4	-0.000008	-0.000131	-0.000135	-0.000013	-0.0001225		
5	-0.000013	-0.000142	-0.000141	-0.000019	-0.0001255		
6	-0.000020	-0.000144	-0.000146	-0.000028	-0.0001210		

SERIA 7	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	r _i (g)	r _{i sr} (g)	S (g)
1	0.000007	-0.000121	-0.000120	0.000005	-0.0001265	-0.0001248	0.0000013
2	0.000006	-0.000123	-0.000123	0.000000	-0.0001260		
3	0.000000	-0.000127	-0.000126	-0.000006	-0.0001235		
4	-0.000008	-0.000138	-0.000135	-0.000014	-0.0001255		
5	-0.000017	-0.000140	-0.000142	-0.000018	-0.0001235		
6	-0.000020	-0.000147	-0.000147	-0.000026	-0.0001240		

SERIA 8	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	r _i (g)	r _{i sr} (g)	S (g)
1	0.000003	-0.000121	-0.000119	-0.000002	-0.0001205	-0.0001227	0.0000014
2	-0.000001	-0.000127	-0.000126	-0.000006	-0.0001230		
3	-0.000005	-0.000130	-0.000131	-0.000012	-0.0001220		
4	-0.000013	-0.000137	-0.000140	-0.000019	-0.0001225		
5	-0.000022	-0.000146	-0.000143	-0.000020	-0.0001235		
6	-0.000021	-0.000147	-0.000142	-0.000019	-0.0001245		

7.3. Wyniki dla odważnika o masie 200 g

SERIA 1	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	r_i (g)	$r_{i\bar{r}}$ (g)	S (g)
1	0.000011	0.000036	0.000034	0.000012	0.0000235	0.0000236	0.0000012
2	0.000011	0.000033	0.000030	0.000008	0.0000220		
3	0.000007	0.000027	0.000027	0.000000	0.0000235		
4	-0.000002	0.000019	0.000019	-0.000006	0.0000230		
5	-0.000006	0.000014	0.000014	-0.000014	0.0000240		
6	-0.000011	0.000011	0.000013	-0.000016	0.0000255		

SERIA 2	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	r_i (g)	$r_{i\bar{r}}$ (g)	S (g)
1	0.000013	0.000040	0.000038	0.000015	0.0000250	0.0000238	0.0000010
2	0.000014	0.000037	0.000037	0.000013	0.0000235		
3	0.000011	0.000033	0.000032	0.000007	0.0000235		
4	0.000008	0.000028	0.000029	0.000005	0.0000220		
5	0.000005	0.000027	0.000026	-0.000001	0.0000245		
6	0.000002	0.000024	0.000025	-0.000001	0.0000240		

SERIA 3	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	r_i (g)	$r_{i\bar{r}}$ (g)	S (g)
1	0.000013	0.000036	0.000036	0.000012	0.0000235	0.0000243	0.0000013
2	0.000009	0.000034	0.000033	0.000009	0.0000245		
3	0.000009	0.000033	0.000032	0.000007	0.0000245		
4	0.000008	0.000029	0.000036	0.000004	0.0000265		
5	0.000006	0.000028	0.000029	0.000002	0.0000245		
6	0.000004	0.000021	0.000022	-0.000006	0.0000225		

SERIA 4	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	r_i (g)	$r_{i\bar{r}}$ (g)	S (g)
1	0.000014	0.000039	0.000042	0.000017	0.0000250	0.0000258	0.0000013
2	0.000017	0.000041	0.000039	0.000007	0.0000280		
3	0.000010	0.000031	0.000031	0.000002	0.0000250		
4	0.000003	0.000024	0.000025	-0.000006	0.0000260		
5	-0.000005	0.000019	0.000017	-0.000011	0.0000260		
6	-0.000013	0.000011	0.000008	-0.000017	0.0000245		

SERIA 5	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	$r_i(g)$	$r_{i\acute{s}r}(g)$	S (g)
1	0.000013	0.000038	0.000038	0.000013	0.0000250	0.0000245	0.0000008
2	0.000011	0.000037	0.000033	0.000008	0.0000255		
3	0.000007	0.000026	0.000029	-0.000001	0.0000245		
4	-0.000001	0.000023	0.000020	-0.000003	0.0000235		
5	-0.000004	0.000017	0.000016	-0.000010	0.0000235		
6	-0.000010	0.000012	0.000009	-0.000019	0.0000250		

SERIA 6	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	$r_i(g)$	$r_{i\acute{s}r}(g)$	S (g)
1	0.000014	0.000039	0.000040	0.000012	0.0000265	0.0000248	0.0000011
2	0.000012	0.000035	0.000032	0.000007	0.0000240		
3	0.000006	0.000027	0.000025	-0.000001	0.0000235		
4	0.000000	0.000020	0.000021	-0.000007	0.0000240		
5	-0.000007	0.000014	0.000014	-0.000016	0.0000255		
6	-0.000018	0.000004	0.000002	-0.000026	0.0000250		

SERIA 7	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	$r_i(g)$	$r_{i\acute{s}r}(g)$	S (g)
1	0.000011	0.000036	0.000037	0.000009	0.0000265	0.0000243	0.0000013
2	0.000010	0.000030	0.000030	0.000004	0.0000230		
3	0.000006	0.000026	0.000025	-0.000004	0.0000245		
4	-0.000004	0.000017	0.000015	-0.000011	0.0000235		
5	-0.000011	0.000008	0.000007	-0.000021	0.0000235		
6	-0.000023	0.000000	-0.000004	-0.000030	0.0000245		

SERIA 8	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	$r_i(g)$	$r_{i\acute{s}r}(g)$	S (g)
1	0.000011	0.000038	0.000037	0.000008	0.0000280	0.0000253	0.0000016
2	0.000006	0.000029	0.000027	-0.000002	0.0000260		
3	-0.000002	0.000017	0.000015	-0.000013	0.0000235		
4	-0.000014	0.000007	0.000005	-0.000024	0.0000250		
5	-0.000027	-0.000005	-0.000009	-0.000037	0.0000250		
6	-0.000037	-0.000016	-0.000019	-0.000046	0.0000240		

7.4. Wyniki dla odważnika o masie 100 g

SERIA 1	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	$r_i(g)$	$r_{i\bar{s}r}(g)$	S (g)
1	0.000017	0.000058	0.000056	0.000005	0.0000460	0.0000463	0.0000013
2	0.000005	0.000045	0.000048	-0.000006	0.0000470		
3	-0.000010	0.000030	0.000026	-0.000024	0.0000450		
4	-0.000026	0.000015	0.000009	-0.000040	0.0000450		
5	-0.000046	-0.000003	-0.000005	-0.000059	0.0000485		
6	-0.000059	-0.000018	-0.000019	-0.000070	0.0000460		

SERIA 2	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	$r_i(g)$	$r_{i\bar{s}r}(g)$	S (g)
1	0.000015	0.000061	0.000060	0.000011	0.0000475	0.0000465	0.0000012
2	0.000008	0.000054	0.000052	0.000001	0.0000485		
3	0.000002	0.000042	0.000042	-0.000009	0.0000455		
4	-0.000011	0.000031	0.000029	-0.000021	0.0000460		
5	-0.000023	0.000019	0.000020	-0.000029	0.0000455		
6	-0.000033	0.000011	0.000010	-0.000038	0.0000460		

SERIA 3	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	$r_i(g)$	$r_{i\bar{s}r}(g)$	S (g)
1	0.000011	0.000057	0.000056	0.000007	0.0000475	0.0000480	0.0000009
2	0.000008	0.000048	0.000047	-0.000009	0.0000480		
3	-0.000011	0.000032	0.000029	-0.000022	0.0000470		
4	-0.000024	0.000021	0.000021	-0.000031	0.0000485		
5	-0.000032	0.000012	0.000010	-0.000041	0.0000475		
6	-0.000042	0.000002	0.000001	-0.000054	0.0000495		

SERIA 4	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	$r_i(g)$	$r_{i\bar{s}r}(g)$	S (g)
1	0.000017	0.000059	0.000062	0.000007	0.0000485	0.0000463	0.0000016
2	0.000008	0.000051	0.000050	0.000000	0.0000465		
3	-0.000001	0.000042	0.000040	-0.000009	0.0000460		
4	-0.000011	0.000032	0.000033	-0.000017	0.0000465		
5	-0.000016	0.000023	0.000026	-0.000022	0.0000435		
6	-0.000025	0.000018	0.000018	-0.000033	0.0000470		

SERIA 5	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	r _i (g)	r _{isr} (g)	S (g)
1	0.000014	0.000060	0.000057	0.000007	0.0000480	0.0000464	0.0000015
2	0.000007	0.000051	0.000051	0.000000	0.0000475		
3	-0.000002	0.000041	0.000037	-0.000011	0.0000455		
4	-0.000011	0.000031	0.000028	-0.000024	0.0000470		
5	-0.000022	0.000017	0.000016	-0.000033	0.0000440		
6	-0.000033	0.000009	0.000008	-0.000043	0.0000465		

SERIA 6	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	r _i (g)	r _{isr} (g)	S (g)
1	0.000012	0.000058	0.000058	0.000010	0.0000470	0.0000474	0.0000006
2	0.000009	0.000055	0.000053	0.000005	0.0000470		
3	0.000005	0.000052	0.000048	0.000000	0.0000475		
4	-0.000003	0.000040	0.000037	-0.000015	0.0000475		
5	-0.000014	0.000032	0.000033	-0.000018	0.0000485		
6	-0.000017	0.000029	0.000028	-0.000020	0.0000470		

SERIA 7	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	r _i (g)	r _{isr} (g)	S (g)
1	0.000015	0.000061	0.000060	0.000010	0.0000480	0.0000473	0.0000008
2	0.000012	0.000053	0.000051	-0.000003	0.0000475		
3	-0.000002	0.000040	0.000039	-0.000013	0.0000470		
4	-0.000016	0.000030	0.000027	-0.000022	0.0000475		
5	-0.000025	0.000020	0.000020	-0.000031	0.0000480		
6	-0.000031	0.000011	0.000008	-0.000042	0.0000460		

SERIA 8	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	r _i (g)	r _{isr} (g)	S (g)
1	0.000015	0.000060	0.000061	0.000010	0.0000480	0.0000470	0.0000015
2	0.000011	0.000052	0.000052	0.000000	0.0000465		
3	0.000001	0.000041	0.000042	-0.000007	0.0000445		
4	-0.000007	0.000038	0.000037	-0.000016	0.0000490		
5	-0.000018	0.000025	0.000027	-0.000025	0.0000475		
6	-0.000029	0.000015	0.000013	-0.000036	0.0000465		

7.5. Wyniki dla odważnika o masie 50 g

SERIA 1	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	r_i (g)	$r_{i\bar{s}r}$ (g)	S (g)
1	0.000017	0.000177	0.000177	0.000017	0.0001600	0.0001588	0.0000011
2	0.000020	0.000178	0.000176	0.000016	0.0001590		
3	0.000016	0.000173	0.000176	0.000018	0.0001575		
4	0.000017	0.000173	0.000176	0.000017	0.0001575		
5	0.000017	0.000174	0.000179	0.000019	0.0001585		
6	0.000018	0.000177	0.000176	0.000015	0.0001600		

SERIA 2	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	r_i (g)	$r_{i\bar{s}r}$ (g)	S (g)
1	0.000017	0.000176	0.000176	0.000016	0.0001595	0.0001590	0.0000009
2	0.000016	0.000174	0.000177	0.000016	0.0001595		
3	0.000019	0.000176	0.000178	0.000018	0.0001585		
4	0.000021	0.000179	0.000178	0.000021	0.0001575		
5	0.000020	0.000177	0.000178	0.000017	0.0001590		
6	0.000017	0.000175	0.000177	0.000015	0.0001600		

SERIA 3	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	r_i (g)	$r_{i\bar{s}r}$ (g)	S (g)
1	0.000019	0.000180	0.000181	0.000021	0.0001605	0.0001594	0.0000010
2	0.000023	0.000180	0.000178	0.000018	0.0001585		
3	0.000020	0.000177	0.000180	0.000021	0.0001580		
4	0.000024	0.000182	0.000182	0.000020	0.0001600		
5	0.000020	0.000178	0.000178	0.000016	0.0001600		
6	0.000017	0.000177	0.000173	0.000014	0.0001595		

SERIA 4	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	r_i (g)	$r_{i\bar{s}r}$ (g)	S (g)
1	0.000016	0.000177	0.000179	0.000020	0.0001600	0.0001588	0.0000007
2	0.000016	0.000173	0.000176	0.000016	0.0001585		
3	0.000016	0.000175	0.000178	0.000020	0.0001585		
4	0.000021	0.000177	0.000177	0.000015	0.0001590		
5	0.000018	0.000175	0.000178	0.000019	0.0001580		
6	0.000020	0.000176	0.000178	0.000017	0.0001585		

SERIA 5	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	$r_i(g)$	$r_{i\acute{s}r}(g)$	S (g)
1	0.000024	0.000184	0.000185	0.000026	0.0001595	0.0001595	0.0000009
2	0.000030	0.000188	0.000190	0.000031	0.0001585		
3	0.000034	0.000193	0.000193	0.000033	0.0001595		
4	0.000034	0.000190	0.000190	0.000029	0.0001585		
5	0.000031	0.000191	0.000193	0.000033	0.0001600		
6	0.000038	0.000197	0.000197	0.000034	0.0001610		

SERIA 6	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	$r_i(g)$	$r_{i\acute{s}r}(g)$	S (g)
1	0.000024	0.000185	0.000184	0.000025	0.0001600	0.0001604	0.0000011
2	0.000026	0.000186	0.000186	0.000024	0.0001610		
3	0.000027	0.000186	0.000188	0.000029	0.0001590		
4	0.000033	0.000191	0.000191	0.000030	0.0001595		
5	0.000032	0.000193	0.000196	0.000034	0.0001615		
6	0.000032	0.000193	0.000192	0.000030	0.0001615		

SERIA 7	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	$r_i(g)$	$r_{i\acute{s}r}(g)$	S (g)
1	0.000019	0.000180	0.000180	0.000020	0.0001605	0.0001598	0.0000013
2	0.000019	0.000181	0.000184	0.000026	0.0001600		
3	0.000028	0.000186	0.000191	0.000027	0.0001610		
4	0.000031	0.000192	0.000194	0.000034	0.0001605		
5	0.000040	0.000196	0.000197	0.000038	0.0001575		
6	0.000039	0.000197	0.000199	0.000038	0.0001595		

SERIA 8	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	$r_i(g)$	$r_{i\acute{s}r}(g)$	S (g)
1	0.000017	0.000178	0.000177	0.000014	0.0001620	0.0001607	0.0000011
2	0.000013	0.000169	0.000170	0.000008	0.0001590		
3	0.000008	0.000164	0.000168	0.000004	0.0001600		
4	0.000005	0.000163	0.000163	0.000000	0.0001605		
5	0.000000	0.000160	0.000161	-0.000001	0.0001610		
6	0.000002	0.000164	0.000168	0.000007	0.0001615		

7.6. Wyniki dla odważnika o masie 20 g

SERIA 1	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	$r_i(g)$	$r_{i\bar{s}r}(g)$	S (g)
1	0.000048	0.000036	0.000037	0.000047	-0.0000110	-0.0000103	0.0000010
2	0.000043	0.000027	0.000034	0.00004	-0.0000110		
3	0.000042	0.00003	0.000031	0.000038	-0.0000095		
4	0.000041	0.000033	0.000032	0.000041	-0.0000085		
5	0.000044	0.000034	0.000037	0.000048	-0.0000105		
6	0.00005	0.000036	0.000033	0.000041	-0.0000110		

SERIA 2	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	$r_i(g)$	$r_{i\bar{s}r}(g)$	S (g)
1	0.000029	0.000018	0.000021	0.000029	-0.0000095	-0.0000104	0.0000007
2	0.000031	0.000021	0.000022	0.000032	-0.0000100		
3	0.000034	0.00002	0.000024	0.000032	-0.0000110		
4	0.000035	0.000023	0.000026	0.000037	-0.0000115		
5	0.000038	0.000025	0.000029	0.000036	-0.0000100		
6	0.000036	0.000023	0.00002	0.000028	-0.0000105		

SERIA 3	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	$r_i(g)$	$r_{i\bar{s}r}(g)$	S (g)
1	0.000029	0.00002	0.000025	0.000034	-0.0000090	-0.0000098	0.0000013
2	0.000036	0.000025	0.000032	0.000039	-0.0000090		
3	0.000041	0.000031	0.000036	0.000044	-0.0000090		
4	0.000047	0.000035	0.000038	0.000049	-0.0000115		
5	0.00005	0.00004	0.000041	0.000049	-0.0000090		
6	0.000048	0.000037	0.000043	0.000055	-0.0000115		

SERIA 4	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	$r_i(g)$	$r_{i\bar{s}r}(g)$	S (g)
1	0.000025	0.000017	0.000024	0.000036	-0.0000100	-0.0000102	0.0000008
2	0.000039	0.000029	0.000035	0.000043	-0.0000090		
3	0.000044	0.000036	0.00004	0.000053	-0.0000105		
4	0.000061	0.000052	0.000055	0.000065	-0.0000095		
5	0.000071	0.000059	0.000062	0.000072	-0.0000110		
6	0.000076	0.000064	0.000067	0.000077	-0.0000110		

SERIA 5	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	$r_i(g)$	$r_{i\acute{s}r}(g)$	S (g)
1	0.000026	0.000016	0.000022	0.000031	-0.0000095	-0.0000096	0.0000010
2	0.000039	0.000029	0.000033	0.000045	-0.0000110		
3	0.000047	0.000038	0.000043	0.00005	-0.0000080		
4	0.000051	0.000041	0.000041	0.000051	-0.0000100		
5	0.000054	0.000047	0.000048	0.00006	-0.0000095		
6	0.000059	0.000051	0.000054	0.000065	-0.0000095		

SERIA 6	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	$r_i(g)$	$r_{i\acute{s}r}(g)$	S (g)
1	0.000019	0.000008	0.000013	0.000021	-0.0000095	-0.0000103	0.0000011
2	0.000022	0.00001	0.000013	0.000023	-0.0000110		
3	0.000022	0.000009	0.000012	0.000021	-0.0000110		
4	0.00002	0.000007	0.00001	0.000017	-0.0000100		
5	0.000021	0.000012	0.000011	0.000019	-0.0000085		
6	0.000024	0.000011	0.000011	0.000021	-0.0000115		

SERIA 7	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	$r_i(g)$	$r_{i\acute{s}r}(g)$	S (g)
1	0.00002	0.00001	0.000017	0.000025	-0.0000090	-0.0000098	0.0000010
2	0.000027	0.000016	0.000016	0.000028	-0.0000115		
3	0.000032	0.000022	0.000025	0.000034	-0.0000095		
4	0.000035	0.000024	0.000028	0.000037	-0.0000100		
5	0.000037	0.000025	0.000025	0.000033	-0.0000100		
6	0.000038	0.000029	0.000036	0.000044	-0.0000085		

SERIA 8	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	$r_i(g)$	$r_{i\acute{s}r}(g)$	S (g)
1	0.000025	0.000015	0.000023	0.000034	-0.0000105	-0.0000107	0.0000010
2	0.000038	0.000027	0.000028	0.000038	-0.0000105		
3	0.000045	0.000036	0.00004	0.000049	-0.0000090		
4	0.000052	0.00004	0.000043	0.000053	-0.0000110		
5	0.000057	0.000045	0.000044	0.000054	-0.0000110		
6	0.000061	0.000049	0.000054	0.000066	-0.0000120		

7.7. Wyniki dla odważnika o masie 10 g

SERIA 1	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	r_i (g)	$r_{i\bar{s}r}$ (g)	S (g)
1	0.000033	0.000094	0.000099	0.000034	0.0000630	0.0000634	0.0000011
2	0.000039	0.000101	0.000109	0.000046	0.0000625		
3	0.000049	0.000110	0.000115	0.000052	0.0000620		
4	0.000059	0.000122	0.000123	0.000058	0.0000640		
5	0.000063	0.000127	0.000132	0.000067	0.0000645		
6	0.000070	0.000135	0.000139	0.000075	0.0000645		

SERIA 2	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	r_i (g)	$r_{i\bar{s}r}$ (g)	S (g)
1	0.000034	0.000098	0.000101	0.000039	0.0000630	0.0000634	0.0000009
2	0.000040	0.000106	0.000114	0.000052	0.0000640		
3	0.000052	0.000116	0.000118	0.000057	0.0000625		
4	0.000061	0.000124	0.000129	0.000063	0.0000645		
5	0.000067	0.000131	0.000135	0.000074	0.0000625		
6	0.000081	0.000147	0.000147	0.000085	0.0000640		

SERIA 3	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	r_i (g)	$r_{i\bar{s}r}$ (g)	S (g)
1	0.000035	0.000097	0.000096	0.000032	0.0000630	0.0000626	0.0000010
2	0.000036	0.000100	0.000104	0.000043	0.0000625		
3	0.000042	0.000108	0.000109	0.000047	0.0000640		
4	0.000050	0.000114	0.000116	0.000056	0.0000620		
5	0.000060	0.000121	0.000122	0.000061	0.0000610		
6	0.000064	0.000129	0.000131	0.000070	0.0000630		

SERIA 4	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	r_i (g)	$r_{i\bar{s}r}$ (g)	S (g)
1	0.000028	0.000087	0.000081	0.000014	0.0000630	0.0000629	0.0000004
2	0.000019	0.000080	0.000082	0.000018	0.0000625		
3	0.000016	0.000078	0.000079	0.000016	0.0000625		
4	0.000019	0.000081	0.000086	0.000022	0.0000630		
5	0.000024	0.000088	0.000089	0.000027	0.0000630		
6	0.000029	0.000094	0.000095	0.000033	0.0000635		

SERIA 5	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	r _i (g)	r _{isr} (g)	S (g)
1	0.000009	0.000069	0.000069	0.000000	0.0000645	0.0000633	0.0000014
2	-0.000007	0.000055	0.000061	-0.000003	0.0000630		
3	0.000000	0.000063	0.000056	-0.000011	0.0000650		
4	-0.000013	0.000047	0.000051	-0.000014	0.0000625		
5	-0.000011	0.000048	0.000048	-0.000015	0.0000610		
6	-0.000015	0.000051	0.000052	-0.000009	0.0000635		

SERIA 6	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	r _i (g)	r _{isr} (g)	S (g)
1	0.000002	0.000065	0.000061	-0.000007	0.0000655	0.0000647	0.0000010
2	-0.000010	0.000058	0.000058	-0.000005	0.0000655		
3	-0.000006	0.000057	0.000059	-0.000008	0.0000650		
4	-0.000008	0.000054	0.000053	-0.000013	0.0000640		
5	-0.000012	0.000050	0.000051	-0.000017	0.0000650		
6	-0.000017	0.000045	0.000041	-0.000023	0.0000630		

SERIA 7	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	r _i (g)	r _{isr} (g)	S (g)
1	-0.000001	0.000065	0.000065	-0.000001	0.0000660	0.0000645	0.0000008
2	-0.000003	0.000060	0.000067	0.000001	0.0000645		
3	0.000004	0.000067	0.000070	0.000005	0.0000640		
4	0.000008	0.000074	0.000077	0.000014	0.0000645		
5	0.000017	0.000082	0.000084	0.000022	0.0000635		
6	0.000021	0.000088	0.000090	0.000028	0.0000645		

SERIA 8	A (g)	B (g)	B (g)	A (g)	r _i (g)	r _{isr} (g)	S (g)
1	-0.000004	0.000059	0.000056	-0.000010	0.0000645	0.0000656	0.0000011
2	-0.000013	0.000054	0.000053	-0.000014	0.0000670		
3	-0.000014	0.000051	0.000047	-0.000021	0.0000665		
4	-0.000015	0.000051	0.000051	-0.000015	0.0000660		
5	-0.000013	0.000048	0.000049	-0.000019	0.0000645		
6	-0.000022	0.000044	0.000041	-0.000023	0.0000650		

8. Literatura

1. Adriana Vâlcu. 2022. An alternative approach for dissemination of mass unit after The new definition of the kilogram. *Metrol. Meas. Syst.*, Vol. 29 (1). <http://doi.org/10.24425/mms.2022.138540>
2. Jaroslav Zůda, Ivan Kříž. 2017. DISSEMINATION OF THE MASS UNIT WITH VACUUM MASS COMPARISONS. IMEKO 23rd TC3, 13th TC5 and 4th TC22 International Conference 30 May to 1 June, 2017, Helsinki, Finland
3. Adriana Vâlcu. 2013. Extension of dissemination of mass unit below 1 mg in Romania. 16th International Congress of Metrology, 03004 (2013). <http://doi.org/10.1051/metrology/201303004>
4. Zaccaria Silvestri, Saïd Bouhtiyya, Patrick Pinot, Stuart Davidson. 2015. How to disseminate the mass unit for the new kilogram? 17 International Congress of Metrology, 18003. <http://doi.org/10.1051/metrology/201518003>
5. Christian Buchner. 2007. Fully automatic mass laboratory from 1 mg up to 50 kg – Robots perform high precision mass determination. IMEKO 20th TC3, 3rd TC16 and 1st TC22 International Conference Cultivating metrological knowledge. <https://doi.org/10.1002/9780470611371.ch59>
6. OIML R111-1. 2004. Weights of classes E₁, E₂, F₁, F₂, M₁, M₁₋₂, M₂, M₂₋₃ and M₃. Part 1: Metrological and technical requirements.
7. S. Janas, M. Solecki, T Szumiata. 2017. Automatic comparison of weights and mass standards. *Radwag Balances & Scales*.
8. M. Solecki, T. Szumiata. 2017. Optimization of mass standards and weights calibration (1 mg – 1 kg) using rotational automatic mass comparator. IMEKO 2017.
9. M. Solecki, T. Szumiata. 2018. Automatyzacja procesu wzorcowania wzorców masy i odważników oraz jej wpływ na poprawę parametru powtarzalności komparatorów masy. PPM Szczyrk.



www.radwag.com