



**"Zapewnienie spójności pomiarowej i ważności
wyników przy badaniu paliw, w tym wzorcowanie
i sprawdzanie naczyń szklanych,,**

Marzena Mazurowska

Jolanta Kowalczyk

POLLAB, Sekcja Petrol-Gaz, dnia 17 grudnia 2025 r.



Spójność pomiarowa

wg słownika VIM, to właściwość wyniku pomiaru, przy której wynik może być związany z **odniesieniem** poprzez udokumentowany, nieprzerwany łańcuch wzorcowań (kalibracji), z których każde wnosi swój udział do niepewności pomiaru.

Odniesieniem w tym znaczeniu może być definicja jednostki miary poprzez jej praktyczną realizację, albo procedura pomiarowa zawierająca jednostkę miary dla wielkości innej niż porządkowa albo wzorzec pomiarowy, w tym certyfikowany materiał odniesienia.

Wymagania dotyczące wzorcowań realizowanych przez akredytowaną jednostkę oceniającą zgodność w celu ustanowienia spójności pomiarowej w realizowanej działalności, są określone w dokumencie **DA-06 „Polityka dotycząca spójności pomiarowej wyników pomiarów”**.

Spełnienie wymagań przedstawionych w tym dokumencie jest obowiązkowe jako warunek uzyskania / utrzymania akredytacji przez laboratorium w odniesieniu do wymagań normy PN-EN ISO/IEC 17025.

Obowiązuje DA-06 wydanie 9 z dnia 24.02.2025 r.



Laboratorium badawcze (CAB) powinno ustanowić spójność pomiarową wyników pomiarów:

- mających **bezpośredni** lub **pośredni** wpływ na wiarygodność wyników oceny zgodności
lub
- zawsze gdy jest wymagane zapewnienia spójności pomiarowej wyników pomiarów w realizowanej ocenie zgodności.

Ustanowienie spójności pomiarowej powinno zapewniać powiązanie wyników pomiarów z Międzynarodowym Układem Jednostek Miar (SI).

Ustanowienie spójności pomiarowej na drodze:

- wzorcowań wyposażenia w uprawnionych jednostkach wzorcujących
- wzorcowań wewnętrznych
- stosowania certyfikowanych materiałów odniesienia (CRM)



Ustanowienie spójności pomiarowej poprzez wzorcowanie

Wyposażenie pomiarowe powinno być wzorcowane:

1) w Krajowych Instytutach Metrologicznych (National Metrology Institutes), albo Instytutach Desygnowanych (Designated Institutes) - NMI utrzymujących państwowe wzorce jednostek miar, których usługi wzorcowania są odpowiednie do zamierzonego zastosowania oraz objęte porozumieniem CIPM MRA (<https://www.bipm.org/en/cipmmra/>). Wykaz – NMI sygnatariuszy CIPM MRA jest przedstawiony w bazie danych BIPM KCDB.

Usługi wzorcowania objęte CIPM MRA są opublikowane w bazie BIPM KCDB, w której określono zakres i zdolność pomiarową (CMC) dla każdej przedstawianej usługi.

NMI mogą identyfikować swoje usługi objęte CIPM MRA poprzez stosowanie symbolu CIPM MRA w wydawanych certyfikatach wzorcowania (np. świadectwach wzorcowania). Stosowanie symbolu CIPM MRA nie jest jednakże obligatoryjne. Wiarygodnym źródłem weryfikacji informacji dotyczących usług wzorcowania objętych CIPM MRA jest baza BIPM KCDB.

Dokument raportujący wyniki wzorcowania (np. świadectwo wzorcowania) wydany przez NMI, zawierający wyniki wzorcowania objęte porozumieniem CIPM MRA, jest wystarczającym dowodem wykazania spójności pomiarowej.

Funkcję Krajowego Instytutu Metrologicznego w Polsce pełni Główny Urząd Miar (GUM - www.gum.gov.pl). Instytutami Desygnowanymi w Polsce są: Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych (INTiBS - www.int.pan.wroc.pl) oraz Narodowe Centrum Badań Jądrowych Ośrodek Radioizotopów POLATOM (POLATOM - www.polatom.pl).



Ustanowienie spójności pomiarowej poprzez wzorcowanie

2) w akredytowanych laboratoriach wzorcujących, których usługi wzorcowania są odpowiednie do zamierzonego zastosowania i których zakres akredytacji obejmuje odpowiednie wzorcowanie, a jednostka akredytująca jest sygnatariuszem porozumień EA MLA i/lub ILAC MRA lub porozumień regionalnych uznawanych przez ILAC.

Dokument raportujący wyniki wzorcowania (np. świadectwo wzorcowania) wydawany przez akredytowane laboratorium wzorcujące jest wystarczającym dowodem wykazania spójności pomiarowej pod warunkiem, że zawiera symbol akredytacji jednostki akredytującej, będącej sygnatariuszem porozumienia ILAC MRA lub porozumień regionalnych uznanych przez ILAC. Świadectwa wzorcowania zawierające symbol akredytacji mogą również zawierać połączony z symbolem znak ILAC MRA.

3) w NMI, których usługi wzorcowania są odpowiednie do zamierzonego zastosowania, jednak nie są objęte porozumieniem CIPM MRA.

W przypadku usług wzorcowania wykonywanych w GUM, nieobjętych porozumieniem CIPM MRA, dla których zdolności pomiarowe (CMC) nie są opublikowane w bazie BIPM KCDB, wystarczającymi dowodami umożliwiającymi wykazanie spójności pomiarowej są świadectwa wzorcowania wydane przez GUM zgodnie z wymaganiami PN-EN ISO/IEC 17025, w powiązaniu z powszechnie dostępną informacją dla każdej usługi wzorcowania, zawierającą zdolności pomiarowe (CMC) GUM.

4) w laboratoriach, których usługi wzorcowania są odpowiednie do zamierzonego zastosowania, jednak nie są objęte porozumieniem ILAC MRA lub porozumieniami regionalnymi uznanymi przez ILAC, w tym EA MLA.

Ustanowienie spójności pomiarowej poprzez wzorcowanie

Ustanowienie spójności pomiarowej poprzez wzorcowania z zastosowaniem przypadków 3) i 4) powinno mieć miejsce tylko wówczas, gdy dla określonych wzorcowań nie jest możliwe zastosowanie przypadków 1) i 2).

Usługi wzorcowania są odpowiednie do zamierzonego zastosowania, gdy mają:

- odpowiedni zakres wzorcowania
- odpowiednią zdolność pomiarową (CMC) w odniesieniu do **zakresu pomiarów** wykonywanych wzorcowanym urządzeniem pomiarowym oraz w odniesieniu do **oczekiwanej niepewności pomiarów**, w konkretnym przypadku zastosowania pomiarów w obszarze oceny zgodności.





Ustanowienie spójności pomiarowej poprzez wzorcowanie nieobjęte porozumieniem EA MLA i/lub ILAC MRA

CAB, wybierając w szczególnych i uzasadnionych przypadkach, ustanowienie spójności pomiarowej wyników pomiarów poprzez stosowanie wzorcowania jak w przypadku 4

(tj. w laboratoriach, których usługi wzorcowania są odpowiednie do zamierzonego zastosowania, jednak nie są objęte porozumieniem ILAC MRA lub porozumieniami regionalnymi uznanymi przez ILAC, w tym EA MLA)

powinna dysponować:

- **miarodajnymi dowodami zasadności wyboru takiego sposobu ustanowienia spójności pomiarowej (innymi niż względy ekonomiczne)**
- **dowodami, że wykorzystywane usługi wzorcowania spełniają mające zastosowanie wymagania dotyczące spójności pomiarowej, określone w normie PN-EN ISO/IEC 17025.**

CAB ustanawiając spójność pomiarową w oparciu o nieakredytowane wzorcowania powinna przeprowadzać audyty u dostawcy usługi wzorcowania, w celu potwierdzenia spełnienia mających zastosowanie wymagań normy PN-EN ISO/IEC 17025.

Audyty wewnętrzne powinny dostarczać dowodów dotyczących: spójności pomiarowej wyników pomiarów, walidacji i/lub weryfikacji metod wzorcowania, procedur oceny niepewności pomiaru, potwierdzania ważności wyników, w tym poprzez uczestnictwo dostawcy w ILC, kompetencji personelu, warunków lokalowych i środowiskowych, wyposażenia.

Ustanowienie spójności pomiarowej poprzez wzorcowania wewnętrzne

System wzorcowań wewnętrznych ma na celu wzorcowanie urządzeń pomiarowych na potrzeby własne CAB wykonywane w odniesieniu do wzorców pomiarowych, wzorcowanych w laboratoriach, które opisuje przypadek 1 lub 2.

Rodzaje i zakres wzorcowań wewnętrznych mogą być różne, w zależności od potrzeb i możliwości CAB tak, aby zapewnić wystarczającą dokładność pomiarów w prowadzonej działalności (np. wzorcowaniach, badaniach).

Dla wzorcowań wewnętrznych **akredytacja nie jest konieczna**, jednakże, mając na względzie ustanowienie i wykazanie spójności pomiarowej należy spełnić co najmniej następujące wymagania:

- a) metody wzorcowania powinny być udokumentowane, wyniki wzorcowania raportowane w odpowiednich dokumentach (świadectwach, protokołach lub innych równoważnych dokumentach), a zapisy z wzorcowania - zachowywane,
- b) kompetencje personelu wykonującego wzorcowania wewnętrzne powinny być udokumentowane; należy przechowywać dokumentację szkoleń oraz dowody kompetencji w postaci, np. wyników egzaminu lub wyników z audytu w zakresie wykonywania wzorcowań,
- c) spójność pomiarowa wyników wzorcowań wewnętrznych powinna być wykazana zgodnie z pkt. 3.1.1 (przypadek 1 lub 2), powinny być zachowywane odpowiednie zapisy,
- d) niepewność pomiaru powinna być oceniana,

Ustanowienie spójności pomiarowej poprzez wzorcowania wewnętrzne

- e) wzorce pomiarowe powinny być wzorcowane w odpowiednio ustalonych odstępach czasu; program wzorcowania wzorców powinien być przeglądany i aktualizowany (gdy to zasadne) z uwzględnieniem rozpatrywania ryzyka związanego z działalnością CAB; należy uwzględnić wytyczne podane w dokumencie ILAC-G24/OIML D10. Analiza przyjętych okresów między wzorcowaniami powinna być dokumentowana;
- f) CAB wykonująca wzorcowania wewnętrzne powinna uczestniczyć w odpowiednich programach PT/ILC na zasadach określonych w dokumencie DA-05 „Polityka dotycząca uczestnictwa w badaniach biegłości”.

W praktyce:

- CAB realizujące wzorcowania wewnętrzne są zobligowane do informowania PCA (FAB-30 Informacja o działalności i zasobach Laboratorium)
- w ramach ocen w nadzorze dodatkowo obserwacja realizacji wzorcowań wewnętrznych (przynajmniej 1 w cyklu akredytacji powoływany jest AT do oceny tego obszaru).





Ustanowienie spójności pomiarowej poprzez zastosowanie CRM

W przypadku, gdy

przy zastosowaniu certyfikowanych materiałów odniesienia ustanowienie spójności pomiarowej wyników pomiarów w powiązaniu z SI jest technicznie możliwe, CAB powinna stosować w metodach badawczych / pomiarach certyfikowane materiały odniesienia, których certyfikowana wartość ma wykazaną spójność z SI.

W przypadku, gdy

ustanowienie spójności pomiarowej wyników pomiarów w powiązaniu z SI jest w praktyce technicznie niemożliwe lub niewłaściwe CAB powinna:

- 1) ustanowić spójność pomiarową wyników pomiarów poprzez stosowanie w metodach badawczych / pomiarach certyfikowanych materiałów odniesienia, wyprodukowanych przez kompetentnych producentów materiałów odniesienia (spełniających wymagania normy PN-EN ISO/IEC 17034),**
- 2) ustanowić odpowiednie powiązanie wyników pomiarów poprzez ich porównanie z referencyjnymi procedurami pomiarowymi, wyspecyfikowanymi metodami lub uzgodnionymi wzorcami, jednoznacznie opisanymi i zaakceptowanymi, dostarczającymi wyników pomiarów właściwych do zamierzonego zastosowania.**

Ustanowienie spójności pomiarowej poprzez zastosowanie CRM

Certyfikowany Materiał Odniesienia (CRM)

Definicja (PKN ISO/IEC Guide 99:2010)

Materiał odniesienia, któremu towarzyszy dokumentacja wystawiona przez miarodajną instytucję i podająca jedną lub więcej wartości określonej właściwości wraz ze związanymi z nimi niepewnościami i spójnością, przy użyciu zwalidowanych procedur.



Ustanowienie spójności pomiarowej poprzez zastosowanie CRM

CRM stosowane do ustanowienia spójności pomiarowej

Certyfikowane wartości przypisane CRM są uznawane jako posiadające potwierdzoną (ustanowioną) spójność pomiarową, gdy:

- CRM są wyprodukowane przez NMI i są zarejestrowane w bazie BIPM KCDB;
- CRM są wyprodukowane przez akredytowanych producentów materiałów odniesienia w odniesieniu do wymagań normy PN-EN ISO/IEC 17034, w ramach posiadanego zakresu akredytacji, a jednostka akredytująca jest sygnatariuszem porozumień EA MLA i/lub ILAC MRA;

Wykaz producentów materiałów odniesienia akredytowanych przez Polskie Centrum Akredytacji dostępny jest na stronie internetowej PCA pod adresem: www.pca.gov.pl

- certyfikowane wartości przypisane CRM są opublikowane w bazie JCTLM (Joint Committee for Traceability in Laboratory Medicine).



Ustanowienie spójności pomiarowej poprzez zastosowanie CRM

Akredytowany CAB, uwzględniając wyniki analizy ryzyka związanego z prowadzoną działalnością, może ustanowić spójność pomiarową stosując CRM:

- wyprodukowane przez kompetentnych producentów materiałów odniesienia, spełniających wymagania normy PN-EN ISO/IEC 17034,
- wytworzone przez CAB na potrzeby wewnętrznego zapewnienia spójności pomiarowej (w ramach tzw. produkcji in-house) zgodnie z mającymi zastosowanie wymaganiami normy PN-EN ISO/IEC 17034.

Jednocześnie, wybór powyższych CRM nie może być uzasadniony względami ekonomicznymi w sytuacji, gdy są dostępne CRM wyprodukowane przez NMI lub akredytowanych producentów.



CAB, ustanawiając spójność pomiarową przy zastosowaniu CRM opisanych j.w. - powinna dysponować miarodajnymi dowodami potwierdzającymi przydatność wybranego CRM do zamierzonego zastosowania oraz spełnienie przy produkcji (wytwarzaniu) CRM mających zastosowanie wymagań normy PN-EN ISO/IEC 17034.



Procedura postępowania w laboratorium

❖ Czy dane wyposażenie powinno być wzorcowane?

Analiza ryzyka wynikającego z zastosowania wyposażenia w powiązaniu z celem jego stosowania, wymaganiami metody badawczej, wymaganiami prawa, wymaganiami normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02, itp.

❖ Jak często dane wyposażenie powinno być wzorcowane?

- **Analiza ryzyka z uwzględnieniem wszystkich istotnych argumentów technicznych i prawnych (ILAC G-24:2022)**
- **Ustalenie odstępów pomiędzy wzorcowaniami**
- **Ustalenie metodyki postępowania i czasokresu sprawdzeń pośrednich**
- **Opracowanie harmonogramu wzorcowań wyposażenia**
- **Uwzględnienie sprawdzeń pośrednich w planach monitorowania ważności wyników**
- **Realizacja, przeglądanie, weryfikacja, aktualizacja harmonogramów, planów**



**„Zapewnienie spójności pomiarowej i ważności wyników przy badaniu paliw, w tym wzorcowanie i sprawdzanie naczyń szklanych,,
 POLLAB, Sekcja Petrol-Gaz, dnia 17 grudnia 2025 r.**

Technika	Metoda	Wyposażenie	Inne
Spektrometria atomowa i cząsteczkowa, spektrofotometria, chromatografia, XRF, fluorescencja UV	Metody oparte na krzywej wzorcowej	Szkło miarowe, wzorce	
Temperatura zapłonu (w tyglu otwartym, zamkniętym, równowagowa) CFPP, temperatura płynięcia, mętnienia, krzepnięcia	Pomiar temperatury	Czujniki temperatury	Czujnik podciśnienia w CFPP, barometry, wzorce
Technika oscylacyjna	Gęstość	Czujnik temperatury	Aparat
Technika kapilarna	Lepkość	Kapilary	Czujnik temperatury, wzorce Stoper
Techniki miareczkowe	Oparte na roztworach mianowanych, inne	Biurety, wzorce	Szkło

**„Zapewnienie spójności pomiarowej i ważności wyników przy badaniu paliw, w tym wzorcowanie i sprawdzanie naczyń szklanych,,
POLLAB, Sekcja Petrol-Gaz, dnia 17 grudnia 2025 r.**

Technika	Metoda	Wyposażenie	Inne
Wagowa	Zanieczyszczenia, pozostałość po spopieleniu, po koksowaniu	Wagi	Wzorce, czujniki do monitorowania warunków środowiskowych przebiegu badania
Organoleptyczna	Zapach LPG	Przeptywomierze	
Wizualna	Korozja, wygląd, barwa	W zależności od metody: np. wzorce, szkło	Czujniki temperatury (korozja)
Destylacyjna	Skład frakcyjny	Czujniki temperatury, wzorce	Czujniki temperatury, wzorce, barometry, szkło
Konduktometryczna, Technika przyspieszonego utleniania	Stabilność oksydacyjna	Czujniki temperatury, ciśnienia	Wzorce

**„Zapewnienie spójności pomiarowej i ważności wyników przy badaniu paliw, w tym wzorcowanie i sprawdzanie naczyń szklanych,,
POLLAB, Sekcja Petrol-Gaz, dnia 17 grudnia 2025 r.**

Technika	Metoda	Wyposażenie	Inne
Prężność par	Mini Reid	Czujniki temperatury, ciśnienia, próżni	Wzorce
Silnikowa	MON, RON, liczba cetanowa	Szkło, wzorce	Czujniki temperatury, ciśnienia

Postępowanie ze szkłem miarowym

Specyfikacja techniczna wyposażenia do pomiarów objętości określana jest w zależności od jego zastosowania w ramach metody/techniki badawczej. Laboratorium przeprowadza **analizę ryzyka**, z uwzględnieniem wymagań dokumentów normatywnych, przepisów prawa oraz jednostki udzielającej uznania, w celu zapewnienia, że używane wyposażenie wolumetryczne jest typu i klasy odpowiedniej do wymagań danego pomiaru realizowanego z zastosowaniem określonej metody/techniki badawczej.

Laboratorium badawcze (CAB) powinno ustanowić spójność pomiarową wyników pomiarów mających **bezpośredni lub pośredni wpływ na wiarygodność wyników** oceny zgodności lub zawsze gdy jest wymagane zapewnienia spójności pomiarowej wyników pomiarów w realizowanej ocenie zgodności.

Czy szkło miarowe klasy A jest wzorcowane przez producenta?

PIPETY

BIURETY

KOLBY

CYLINDRY

DOZOWNIKI

STRZYKAWKI

ZLEWKI



Czy szkło miarowe klasy A jest wzorcowane przez producenta?

Nie — szkło miarowe klasy A nie jest wzorcowane przez producenta.

Producent nie wykonuje wzorcowania w sensie metrologicznym (brak świadectwa wzorcowania, brak niepewności pomiaru).

Producent wykonuje kontrolę jakości zgodności z odpowiednią normą, czyli:

- sprawdza, czy naczynia spełniają tolerancje objętości określone w odpowiedniej normie (ISO 1042, ISO 648, ISO 385 itd.),
- wystawia certyfikat zgodności (certificate of conformity, CoC) lub deklarację producenta,
- oznacza szkło jako klasa A, co oznacza wysoki poziom dokładności zgodny z normą, ale nie indywidualny pomiar.

Co oznacza to w praktyce?

Klasa A = spełnia tolerancje normy dla danego szkła, ale bez indywidualnych wyników pomiarów. Nie ma informacji o rzeczywistej objętości konkretnego egzemplarza. Nie ma informacji o niepewności.

Procedura postępowania w laboratorium:

- Analiza ryzyka wynikającego ze stosowania naczyń wolumetrycznych w powiązaniu z celem stosowania, metodą badawczą, wymaganiami prawa, wymaganiami PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02, itp. i uzyskanie odpowiedzi na pytanie, **czy dane naczynie miarowe należy oddać do wzorcowania** (lub poddać wzorcowaniu wewnętrznemu) ?
- Wzorcowanie – kalibracja naczyń/sprawdzanie objętości
- Analiza ryzyka – ustalenie częstotliwości wzorcowania/sprawdzania
- Wybór metod sprawdzania szkła (referencyjna metoda grawimetryczna)

Metoda grawimetryczna jest standardową metodą stosowaną zarówno przez Narodowe Instytuty Metrologii (NMI), jak i akredytowane laboratoria do kalibracji przyrządów pomiarowych objętości. Metoda ta polega na zważeniu kalibrowanego przyrządu pustego i ponownie napelnionego odpowiednią cieczą. Różnica uzyskana w pomiarach ważenia daje masę zawartej lub dostarczonej cieczy.

- Opracowanie procedury postępowania i wdrożenie do stosowania (szkolenia, upoważnienia)

Wymagania normatywne:

PN-EN ISO 8655-1:2022-11 Przyrządy tłokowe do pomiarów objętości. Część 1. Terminologia, wymagania ogólne i zalecenia dla użytkowników

PN-EN ISO 8655-2:2022-11 Przyrządy tłokowe do pomiarów objętości. Część 2. Pipety

Niniejszy dokument ma zastosowanie dla pipet jednokanałowych i wielokanałowych z wyporem powietrznym (typ A) i wyporowych (typ D) wraz z wybranymi końcówkami i innymi istotnymi częściami eksploatacyjnymi, zaprojektowanymi do dostarczania wybranej objętości (Ex).

Dokument podaje:

- wymagania metrologiczne,
- maksymalne dopuszczalne błędy,
- wymagania dotyczące znakowania i informacje, które mają być dostarczone użytkownikom.



PN-EN ISO 8655-3:2022-11 Przyrządy tłokowe do pomiarów objętości. Część 3. Biurety

Niniejszy dokument ma zastosowanie do biuret o nominalnej objętości do 100 ml, zaprojektowanych do dostarczania wybranej objętości (Ex).i podaje j.w.



PN-EN ISO 8655-5 Przyrządy tłokowe do pomiarów objętości. Część 5. Dozowniki

Niniejszy dokument ma zastosowanie do dozowników z nominalną objętością od 1 µl do 200 ml, zaprojektowanych do dostarczenia ich objętości (Ex) i podaje j.w.



PN-EN ISO 8655-6:2022-11 Tłokowe przyrządy do pomiaru objętości. Część 6. Referencyjna procedura pomiaru grawimetrycznego do wyznaczania objętości

Niniejszy dokument podaje referencyjną procedurę pomiaru grawimetrycznego do wyznaczania objętości tłokowych przyrządów do pomiaru objętości (POVA). Procedura ma zastosowanie do kompletnych systemów składających się z podstawowej aparatury i wszystkich części wybranych do użytku z aparatem, jednorazowego lub wielokrotnego użytku, biorących udział w pomiarze przy dostawie (Ex) lub zawartych (In).

ISO/TR 20461:203-02 Determination of uncertainty for volume measurements of a piston-operated volumetric apparatus using a gravimetric method

W dokumencie zamieszczono szczegółowe informacje dotyczące oceny niepewności kalibracji urządzeń tłokowych dla metody wagowej określonej w normie ISO 8655-6 oraz procedury wagowej określonej w załączniku A do normy ISO 8655-7:2022 zgodnie z Przewodnikiem ISO/IEC 98-3. Ponadto, podano przykłady obliczania i stosowania niepewności średniej dostarczonej objętości oraz niepewności przy stosowaniu pojedynczej dostarczonej objętości.

PN-EN ISO 8655-9:2022-11 Tłokowe przyrządy do pomiaru objętości. Część 9. Ręcznie obsługiwane precyzyjne strzykawki

Niniejszy dokument ma zastosowanie do ręcznie obsługiwanych precyzyjnych strzykawek laboratoryjnych wykonanych ze szkła lub szkła i metalu, zaprojektowanych tak, aby podawać wybraną objętość (Ex). W dokumencie podano wymagania jak w przypadku PN-EN ISO 8655-2:2022-11.

Ręcznie obsługiwane precyzyjne strzykawki laboratoryjne to przyrządy używane do dostarczania cieczy i gazów. Cylinder jest zwykle wykonany ze szkła, a tłok i igła są zwykle wykonane z metalu.



PN-EN ISO 4787:2022-06 Naczynia laboratoryjne szklane i z tworzywa sztucznego - Przyrządy do pomiaru objętości - Metody badania pojemności i zastosowania

Niniejszy dokument ustala metody badania, kalibracji i stosowania przyrządów do pomiaru objętości zrobionych ze szkła i tworzyw sztucznych, w celu uzyskania największej dokładności w użyciu.

UWAGA Badanie jest procesem przy pomocy którego jest potwierdzana zgodność indywidualnego przyrządu do pomiaru objętości z właściwą normą, co skutkuje określeniem błędu pomiaru w jednym lub kilku punktach.

Niniejszy dokument ma zastosowanie do przyrządów objętościowych o nominalnej objętości w zakresie od 100 μ l do 10 000 ml. Obejmują one pipety jednomiarowe (patrz ISO 648), pipety z podziałką (patrz ISO 835), biurety (patrz ISO 385), kolby pomiarowe (patrz ISO 1042 i ISO 5215), i cylindry pomiarowe z podziałką (patrz ISO 4788 i ISO 6706).

Metody nie są przeznaczone do badania przyrządów do pomiaru objętości o pojemności poniżej 100 μ l takich jak mikro-naczynia. Niniejszy dokument nie zajmuje się szczególnie piknometrami, jak wyszczególniono w ISO 3507. Jednakże, wymienione procedury określania objętości naczyń mogą, w większości, być także stosowane do określania objętości piknometrów. W przypadku niektórych typów piknometrów może być konieczne specjalne postępowanie.

Guidelines on the Determination of Uncertainty in Gravimetric Volume Calibration EURAMET Calibration Guide No. 19 Version 3.0 (09/2018)

Niniejszy dokument opracowano w celu ujednoczenia sposobu obliczania niepewności przy wagowym wyznaczaniu objętości oraz zwiększenia równoważności i wzajemnego uznawania wyników kalibracji uzyskiwanych przez laboratoria wykonujące kalibracje objętości metodą grawimetryczną.



Naczynia miarowe

WZORCOWANIE

- w akredytowanym laboratorium wzorcującym
- w laboratorium: potwierdzenie metrologiczne w ramach realizacji metody, czyli potwierdzenie objętości wraz z oceną niepewności, zgodnie z wytycznymi dokumentów:

PN-EN ISO 4787:2022-06 i EURAMET Calibration Guide No. 19 Version 3.0 (09/2018)

PN-EN ISO 8655-6:2022-11 i ISO/TR 20461:203-02

WERYFIKACJA

- włączenie lub przywrócenie do użytkowania

SPAWDZENIA POŚREDNIE

- analiza ryzyka w trakcie użytkowania,

Sprawdzanie to proces, w którym ustala się zgodność pojedynczego przyrządu pomiarowego z odpowiednią normą, co skutkuje określeniem błędu pomiaru w jednym lub kilku punktach.

Sprawdzenia pośrednie – utrzymanie zaufania do działania wyposażenia (p. 6.4.10 PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02)

Uwaga: Zarówno w przypadku weryfikacji, jak i sprawdzeń pośrednich zastosowanie mają także w/w dokumenty.

Zapewnienie spójności pomiarowej i ważności wyników przy badaniu paliw, w tym wzorcowanie i sprawdzanie naczyń szklanych
 POLLAB, Sekcja Petrol-Gaz, dnia 17 grudnia 2025 r.

Wykaz laboratoriów wzorcujących wyposażenie do pomiaru objętości
 (stan na dzień 24.10.2025 r. wg zakresów akredytacji)

Identyfikacja lab. wzorcującego	Biurety tłokowe / zwykłe	Cylindry pomiarowe	Kolby szklane z jedną kreską	Pipety tłokowe jednokanałowe	Pipety tłokowe wielokanałowe	Dozowniki tłokowe	Pipety jednomiarowe	Pipety wielomiarowe
RADWAG WAGI ELEKTRONICZNE WITOLD LEWANDOWSKI Radom AP 069	---	---	---	do 1 µl (1-10 000) µl	do 1 µl (1-10 000) µl	---	---	---
OKRĘGOWY URZĄD MIAR W ŁODZI ZESPÓŁ LABORATORIÓW WZORCUJĄCYCH AP 087	(1000- 50 000) µl tylko biurety tłokowe	(5-2000) ml	(1-2000) ml	(1-10 000) µl	(10-1200) µl	(1000-50 000) µl	---	---
LABORATORIUM POMIAROWE MUTECH Sp. z o.o. SP.K. Łowicz AP 106	(1-100) ml tylko biurety zwykłe	(10-100) ml	(10-100) ml	---	---	---	(0,5-100) ml	(0,5-25) ml
MERASERW JANOWICZ MACIEJ JANOWICZ Kościan AP 134	(0,1-50 000) µl tylko biurety tłokowe	---	---	(0,1-20 000) µl	---	(0,1-100 000) µl	---	---

Wykaz laboratoriów wzorcujących wyposażenie do pomiaru objętości (stan na dzień 24.10.2025 r. wg zakresów akredytacji)

Identyfikacja lab. wzorcującego	Biurety tłokowe / zwykłe	Cylindry pomiarowe	Kolby szklane z jedną kreską	Pipety tłokowe jednokanałowe	Pipety tłokowe wielokanałowe	Dozowniki tłokowe	Pipety jednomiarowe	Pipety wielomiarowe
„BIOCHEMIK” Sp. z o.o. Pila, AP 158	(0,1- 100 000) μ l tylko biurety tłokowe	---	---	(0,1-20 000) μ l	---	(0,1- 200 000) μ l	---	---
CORNING HTL S.A. ul. Daniszewska 4 03-230 Warszawa, AP 169	---	---	---	(0,2 -10 000) μ l	---	---	---	---
CLP-B Sp. z o.o. Jastrzębie Zdrój AP 230	(5-100) ml tylko biurety zwykłe	(10-100) ml	(10-100) ml	(0,1-10 000) μ l	---	---	(0,5-100) ml	(0,5-25) ml
Główny Urząd Miar Warszawa GUM	(1-500) ml	(1-100) ml (<100-2000) ml	(1-100) ml (200-5000) ml	(1-10 000) μ l	---	---	(0,5-200) ml	(0,5-25) ml

Oprócz powyższych w GUM: Pojemniki przeznaczone do pomiaru i sprawdzania objętości cieczy (50 ÷ 5000 ml), kolby metalowe I i II rzędu (1000 ÷ 5000 ml)

Przyrządy do pomiaru objętości: naczynia laboratoryjne szklane i z tworzywa sztucznego

PN-EN ISO 4787:2022-06

W dokumencie opisano metodę grawimetryczną sprawdzania i kalibracji przyrządów pomiarowych wykonanych ze szkła i tworzywa sztucznego, w celu uzyskania najlepszej dokładności podczas użytkowania.



Sprawdzanie to proces, w którym ustala się zgodność pojedynczego przyrządu pomiarowego z odpowiednią normą, co skutkuje określeniem błędu pomiaru w jednym lub kilku punktach.

Niniejszy dokument ma zastosowanie do przyrządów pomiarowych o pojemności nominalnej od **100 µl do 10 000 ml**. Należą do nich pipety jednoobjętościowe (ISO 648), pipety miarowe (ISO 835), biurety (ISO 385), kolby miarowe (ISO 1042 i ISO 5215) oraz cylindry miarowe (ISO 4788 i ISO 6706).

Zasada metody: Ogólna procedura badania pojemności (objętości) opiera się na określeniu objętości wody zawartej w przyrządzie pomiarowym lub dostarczanej przez niego. Objętość wody oblicza się na podstawie znajomości jej masy z uwzględnieniem siły wyporu i gęstości (metoda wagowa) w ściśle określonych warunkach środowiskowych.



Przyrządy do pomiaru objętości: naczynia laboratoryjne szklane i z tworzywa sztucznego

PN-EN ISO 4787:2022-06

Wyposażenie wzorcowane:

- waga laboratoryjna odpowiednio dobrana do nominalnej pojemności naczynia

Nominalna pojemność	Rozdzielczość [mg]	Powtarzalność [mg]	Niepewność rozszerzona [mg]
100 µl - 10 ml	0,1	0,2	0,4
10 ml - 1000 ml	1	2	4
> 1000 ml	10	10	40

- termometry do pomiaru temperatury wody i temperatury powietrza
- higrometr, barometr
- sekundomierz
- płyn kalibracyjny (woda destylowana lub dejonizowana klasy 3)
- naczynie odbiorcze (kolba stożkowa szklana ze szlifem o odpowiedniej pojemności)

Urządzenie	Rozdzielczość	Niepewność rozszerzona
termometr	0,1 °C	0,2 °C
higrometr	1 % wilgotności względnej	5 % wilgotności względnej
barometr	0,1 kPa	1 kPa
sekundomierz	1 s	Nie dotyczy

Czynniki wpływające na wyniki pomiarów

1. Temperatura wody (pływu kalibracyjnego)

Temperatura wody nie może różnić się o więcej niż $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ od temperatury powietrza w pomieszczeniu.

2. Temperatura naczynia

Pojemność przyrządów pomiarowych zmienia się wraz ze zmianą temperatury. Konkretna temperatura, w której przyrząd pomiarowy ma mieścić lub dostarczać swoją nominalną pojemność, jest „temperaturą odniesienia” przyrządu.

3. Warunki środowiskowe

Pomieszczenie: bez przeciągów o stabilnych warunkach

Wilgotność względna (RH): od 30% do 80%

Uwaga: wilgotność poniżej 40% może sprzyjać powstawaniu ładunków statycznych, które znacznie utrudniają proces ważenia. Czas adaptacji wyposażenia do warunków środowiskowych min. 2 godziny.

Temperatura w pomieszczeniu: $(20 \pm 3)^{\circ}\text{C}$ lub $(27 \pm 3)^{\circ}\text{C}$, z maksymalną zmiennością $\pm 1^{\circ}\text{C}$ podczas badania

4. Sposób codziennego użytkowania naczyń

Szkła miarowego nie należy podgrzewać do temperatury znacznie przekraczającej 180°C . Chociaż temperatura odkształcenia szkieł używanych do pomiarów objętości mieści się w zakresie 500°C , zmiany objętości mogą wystąpić w temperaturach znacznie poniżej tej temperatury.

Czynniki wpływające na wyniki pomiarów

5. Czystość, suchość, sposób napełniania naczyń pomiarowych

Objętość zawarta w przyrządzie pomiarowym lub dostarczana przez niego zależy od czystości powierzchni wewnętrznej. Brak czystości powierzchni wewnętrznej prowadzi również do błędów wynikających z nieprawidłowego ukształtowania menisku oraz nierównomiernego zwilżenia. Sposoby mycia naczyń opisano w Załącznikach A i B do PN-EN 4787:2022-06.

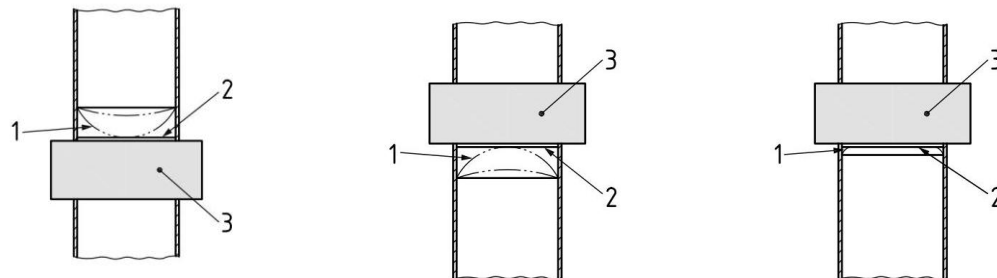
Należy zachować szczególną staranność podczas napełniania naczyń, aby nie zwilżać niepotrzebnie powierzchni wewnętrznej powyżej podziałki. W normie PN-EN 4787:2022-06 (pkt. 9.3) ISO opisano różne sposoby napełniania i osuszania wewnętrznej powierzchni w zależności i od rodzaju naczynia.

6. Czas dozowania

W przypadku naczyń wolumetrycznych używanych do dozowania cieczy, objętość dozowana jest zawsze mniejsza od objętości zawartej w dozowniku, ze względu na warstwę cieczy pozostającą na wewnętrznych ściankach instrumentu. Objętość tej warstwy zależy od czasu dozowania cieczy, a objętość dozowana maleje wraz ze skracaniem czasu dozowania. Na przykład, objętość dozowana pipety lub biurety zmniejsza się, jeśli końcówka jest uszkodzona (krótszy czas dozowania) lub wzrasta, jeśli końcówka jest zanieczyszczona i wypływ cieczy jest ograniczony.

7. Ustawianie menisku

1. Menisk wklęsły, wypukły, płaski
2. Linia graniczna menisku
3. Ciemny papier



Sposób postępowania

Aby sprawdzić, czy badany przyrząd pomiarowy spełnia określone wymagania dotyczące dokładności lub tolerancji związane z jego zastosowaniem, konieczne jest określenie:

- zakresu pomiarowego przyrządu i jego błędu w stosunku do deklarowanej wartości nominalnej,
- niepewności pomiaru.

„In order to verify the compliance of the volumetric instruments under test with certain accuracy requirements or tolerances related to use, it is necessary not only determine the capacity of the instrument and its error with respect to the claimed nominal value but uncertainty associated with error, as well” PN-EN ISO 4787:2022-06 Annex E

Objętość przyrządu pomiarowego szacuje się na podstawie wartości średniej z powtarzanych pomiarów objętości metodą wagową. Liczba powtórzeń zależy od celu badania (partia, weryfikacja lub kalibracja).

Wg wytycznych normy PN-EN ISO 4787:2022-06 Załącznik E należy wykonać:

- co najmniej 3 powtórzenia w celach weryfikacyjnych,
- co najmniej 5 lub 10 w celach kalibracyjnych,
- w przypadku partii nie ma potrzeby powtarzania.

Obliczanie objętości naczyń miarowych szklanych i z tworzywa sztucznego

Objętość V_{20} w temperaturze odniesienia 20 °C, V_{20} oblicza się na podstawie masy wody zawartej lub dostarczonej, według wzoru:

$$V_{20} = (I_L - I_E) \times \frac{1}{(\rho_W - \rho_A)} \times \left(1 - \frac{\rho_A}{\rho_B}\right) \times [1 - Y(t - 20)]$$
$$A = \frac{1}{(\rho_W - \rho_A)} \quad B = \left(1 - \frac{\rho_A}{\rho_B}\right) \quad C = [1 - Y(t - 20)]$$
$$V_{20} = (I_L - I_E) \times A \times B \times C = m \times Z$$

gdzie:

I_L – masa naczynia z wodą w g

I_E – masa pustego naczynia w g

ρ_W – gęstość wody w temperaturze pomiaru w g/ml

ρ_A – gęstość powietrza w g/ml

ρ_B – gęstość odważników użytych do regulacji wagi w g/ml (wartość umowna 8 g/ml)

Y – współczynnik rozszerzalności cieplnej w °C

t – temperatura wody użytej w teście w °C

Z – współczynnik korekcyjny (wartości Z dla wody destylowanej w różnych temperaturach i pod różnym ciśnieniem atmosferycznym przedstawiono w PN-EN ISO 8655-6:2022-11 Zał. A tab. A.1.).

Powyższe dane niezbędne do obliczeń objętości w określonych warunkach środowiskowych (gęstość wody, gęstość powietrza, współczynniki rozszerzalności cieplnej, współczynnik korekcyjny Z) są dostępne lub należy obliczyć wg wzorów zamieszczonych w normie PN-EN ISO 4787:2022-06 i Euramet Calibration Guide No 19 v. 3 (09/2018).

Obliczanie objętości naczyń miarowych szklanych i z tworzywa sztucznego

Gęstość czystej wody wg wzoru Tanaki:

$$\rho_w = a_5 \left[1 - \frac{(t + a_1)^2 (t + a_2)}{a_3 (t + a_4)} \right] \text{ g/ml}$$

gdzie:

$$a_1 = -3,983035^\circ\text{C}$$

$$a_2 = 301,797^\circ\text{C}$$

$$a_3 = 522528,9^\circ\text{C}$$

$$a_4 = 69,34881(^\circ\text{C})^2$$

$$a_5 = 0,999974950 \text{ g/ml}$$

t - temperatura wody użytej w teście w $^\circ\text{C}$

Gęstość powietrza (uproszczonego wzór CIMP):

$$\rho_A = \frac{0,34848p - 0,009h_r \exp(0,061t)}{t + 273,15} \text{ kg/m}^3$$

gdzie:

p = ciśnienie atmosferyczne, w hPa

h_r = wilgotność względna, w % rh

t - temperatura powietrza, w $^\circ\text{C}$



Szacowanie niepewności

1. Określenie budżetu niepewności i zależności matematycznej pomiędzy poszczególnymi składowymi budżetu niepewności (wzór na objętość z uwzględnieniem wpływu poszczególnych składowych na wielkość wyjściową i zależności pomiędzy składowymi)
2. Wyznaczenie wartości i niepewności każdej składowej budżetu
 - masa wody (naczynia, naczynia z wodą)
 - temperatura (wody, kalibrowanego naczynia)
 - gęstość (wody, powietrza, odważników odniesienia)
 - współczynnik rozszerzalności cieplnej kalibrowanego naczynia
 - efekt operatora (ustawienie menisku, obsługa wyposażenia);

niepewność związana z obsługą wyposażenia jest krytyczna dla pipet tłokowych, gdzie można przyjąć szacunkową wartość ok. 0,1 % wartości mierzonej objętości

 - odparowanie (*przy sprawnym, szybkim dozowaniu można pominąć*)
 - powtarzalność pomiarów
3. Określenie wszystkich kowariancji pomiędzy zmiennymi
4. Obliczenie współczynnika wrażliwości każdej wielkości wejściowej
5. Obliczenie wartości oczekiwanej dla wielkości mierzonej
6. Obliczenie niepewności standardowej i rozszerzonej wielkości mierzonej.

Wzór na objętość kalibrowanego naczynia

$$V_{20} = (I_L - I_E) \times \frac{1}{(\rho_W - \rho_A)} \times \left(1 - \frac{\rho_A}{\rho_B}\right) \times [1 - Y(t - 20)]$$

Zależność objętości od poszczególnych składowych budżetu niepewności

$$V_{20} = \frac{m}{\rho_W(tw) - \rho_A(tA, pA, hr)} \times \left(1 - \frac{\rho_A(tA, pA, hr)}{\rho_B}\right) \times [1 - Y(t - 20)] + dV_{op} + dV_{evap} + dV_{rep}$$

gdzie:

$$m = (I_L - I_E) + dm$$

składnik wynikający z wpływów nieuwjętych w $u(IL)$ i $u(IE)$

odchylenie wynikające z braku jednorodności temperatury w ważonej masie

$$tw = two + dtw$$

odchylenie wynikające z niejednorodności temperatury powietrza

Poprawka związana z dopuszczalną (do 0,5 st.C) różnicą pomiędzy temperaturą wody a temperaturą powietrza

$$tA = tAo + dtA$$

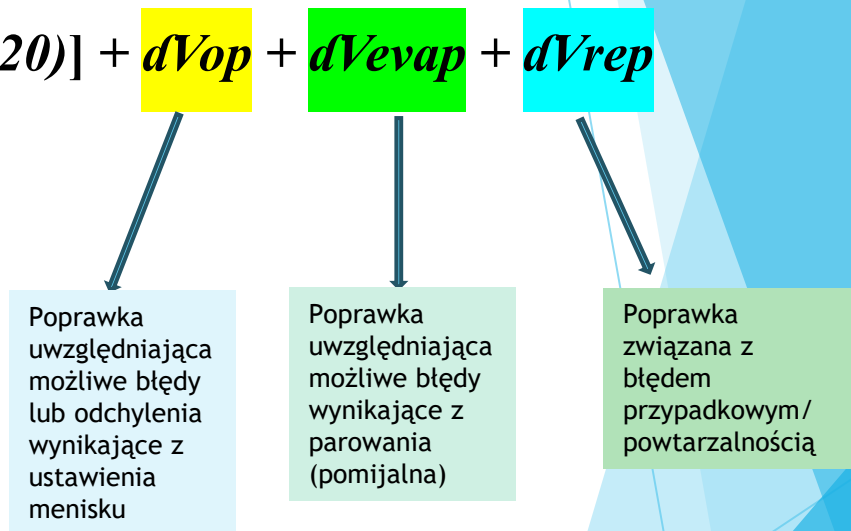
$$t = tw + dt_s$$

Poprawka związana z obliczeniem gęstości wody

$$\rho_W(tw) = \rho_{W,form}(tw) + d\rho_{W,form}$$

$$\rho_A(tA, pA, hr) = \rho_{A,form}(tA, pA, hr) + d\rho_{A,form}$$

Poprawka związana z obliczeniem gęstości powietrza



7.4.1 Mass

$$\left(\frac{\partial V_0}{\partial m}\right) = A \times B \times C$$

(16

7.4.2 Temperature

$$\left(\frac{\partial V_0}{\partial t}\right) = m \times A \times B \times (-\gamma)$$

(1

7.4.3 Water density

$$\left(\frac{\partial V_0}{\partial \rho_W}\right) = -m \times B \times C \times \frac{1}{(\rho_W - \rho_A)^2} = -m \times A^2 \times B \times C$$

(1

7.4.4 Air density

$$\left(\frac{\partial V_0}{\partial \rho_A}\right) = m \times C \times A \times \left[\frac{1}{\rho_W - \rho_A} \times \left(1 - \frac{\rho_A}{\rho_B}\right) - \frac{1}{\rho_B} \right] = m \times A \times C \times (B \times A - 1/\rho_B)$$

(1

7.4.5 Density of the reference weights

$$\left(\frac{\partial V_0}{\partial \rho_B}\right) = m \times A \times C \times \frac{\rho_A}{\rho_B^2}$$

(2

7.4.6 Cubic thermal expansion coefficient of the material of the calibrated instrument

$$\left(\frac{\partial V_0}{\partial \gamma}\right) = m \times A \times B \times -(t - t_0)$$

(2

7.4.7 Operator effect

$$\frac{\partial V_0}{\partial \delta V_{op}} = 1$$

(2

7.4.8 Evaporation

$$\frac{\partial V_0}{\partial \delta V_{evap}} = 1$$

(2

7.4.9 Measurement repeatability

$$\frac{\partial V_0}{\partial \delta V_{rep}} = 1$$

(24

Współczynniki
wrażliwości dla każdej
składowej budżetu
niepewności
zdefiniowane w
powiązaniu z
A, B i C

$$A = \frac{1}{(\rho_W - \rho_A)}$$

$$B = \left(1 - \frac{\rho_A}{\rho_B}\right)$$

C = 1 - Y(t - 20)],
jeżeli t=20 to C=1

Współczynniki wrażliwości zdefiniowane przy zastosowaniu A, B i C, gdzie:

$$A = \frac{1}{(\rho_W - \rho_A)} \quad B = \left(1 - \frac{\rho_A}{\rho_B}\right) \quad C = 1 - Y(t - 20)]$$

Zależność pomiędzy zmierzoną objętością a poszczególnymi składowymi budżetu niepewności w wersji skróconej z zastosowaniem współczynników A, B i C

$$V_{20} = m \times A \times B \times C + dV_{op} + dV_{evap} + dV_{rep}$$

Niepewność standardowa pomiaru

$$u^2(V_{20}) = \sum_i \left[\frac{dV_o}{dx_i} \cdot u(x_i) \right]^2$$

$$u(V_{20}) = \left[\left(\frac{dV_o}{dm} \right)^2 u^2(m) + \left(\frac{dV_o}{dt} \right)^2 u^2(t) + \left(\frac{dV_o}{d\rho_W} \right)^2 u^2(\rho_W) + \left(\frac{dV_o}{d\rho_A} \right)^2 u^2(\rho_A) + \left(\frac{dV_o}{d\rho_B} \right)^2 u^2(\rho_B) + \left(\frac{dV_o}{dY} \right)^2 u^2(Y) + \right. \\ \left. + u^2(dV_{op}) + u^2(dV_{evap}) + u^2(dV_{rep}) \right]^{1/2}$$

Niezbędne dane:

- ❖ Wielkości zmierzone (masy, temperatury wody i powietrza, itd.)
- ❖ Wartości współczynników A, B, C
- ❖ Wartości poszczególnych pochodnych $\frac{dV_o}{dx_i}$
- ❖ Wartości niepewności standardowych poszczególnych składowych $u(x_i)$

Wartości niepewności standardowych poszczególnych składowych $u(x_i)$

Masa (m) = 996,9499 g

- masa pustego naczynia (I_E)
- masa naczynia z wodą (I_L)
- $u(bal)$

ze świadectwa wzorcowania wagi niepewność rozszerzona wzorcowania wagi $U(bal)=0,007$ g

$$u(bal) = \frac{0,007 \text{ g}}{2}$$

- $u(res)$

rozdzielczość wagi 0,001 g (rozkład prostokątny)

$$u(res) = \frac{0,001 \text{ g}}{2\sqrt{3}}$$

$$(I_L) = (I_E) = [u(bal)^2 + u(res)^2]^{1/2} = 0,0034 \text{ g}$$

- niepewność pomiaru masy $u(m)$ przy założeniu, że inne wpływy są nieistotne ($dm=0$)

$$u(m) = [u^2(I_L) + u^2(I_E)]^{1/2} = 0,0048 \text{ g}$$



Wartości niepewności standardowych poszczególnych składowych $u(x_i)$

Temperatura wody (t) = 20,50°C

- $u(ther)$

ze świadectwa wzorcowania termometru niepewność rozszerzona wzorcowania $U(ther)=0,01^\circ\text{C}$

$$u(ther) = \frac{0,01^\circ\text{C}}{2} = 0,005^\circ\text{C}$$

- $u(res)$

rozdzielczość termometru $0,01^\circ\text{C}$ (rozkład prostokątny)

$$u(res) = \frac{0,01}{2\sqrt{3}}^\circ\text{C}$$

$$u(t_w) = [u(ther)^2 + u(res)^2]^{1/2} = 0,006^\circ\text{C}$$

- $u(dts)$

poprawka uwzględniająca różnice pomiędzy temperaturą powietrza a temperaturą wody (różnica dopuszczalna $0,5^\circ\text{C}$ (rozkład prostokątny)

$$u(dts) = \frac{0,5}{2\sqrt{3}}^\circ\text{C} = 0,144^\circ\text{C}$$

- niepewność pomiaru temperatury $u(t)$

$$u(t) = [u^2(t_w) + u^2(dts)]^{1/2} = 0,144^\circ\text{C}$$



Przykład oceny niepewności kalibracji kolby szklanej o pojemności 1000 ml

Składowa (xi)	symbol	Wartość (xi)	Wartość pochodnej ($\frac{dV_0}{dxi}$)	Niepewność standardowa u(xi)
Masa	m	996,9499 (g)	1 (ml/g)	0,0048 (g)
Temperatura wody	t	20,50 (°C)	-1x10 ⁻² (ml/°C)	0,144 (°C)
Gęstość wody	ρ_W	0,9981 (g/ml)	-10003 (ml ² /g)	5,1x10 ⁻⁶ (g/ml)
Gęstość powietrza	ρ_A	0,0012 (g/ml)	877 (ml ² /g)	3,79x10 ⁻⁷ (g/ml)
Gęstość odważników	ρ_B	7,96 (g/ml)	1,87x10 ⁻² (ml ² /g)	0,06 9 (g/ml)
Współczynnik rozszerzalności cieplnej szkła	Υ	1x10 ⁻⁵ (1/°C)	-499,9 (°C x ml)	2,89x10 ⁻⁷ (1/°C)
Ustawianie menisku	<i>Vop</i>	0	1	0,021 (ml)
Powtarzalność	<i>Vrep</i>	0	1	0,011 (ml)
Niepewność standardowa				0,025 (ml)
Niepewność rozszerzona dla k=2 dla kolby 1000 ml				0,050 (ml)

Obliczanie objętości – tłokowe przyrządy do pomiaru objętości

Objętość V_{20} w temperaturze odniesienia 20 °C, V_{20} oblicza się na podstawie masy wody zawartej lub dostarczonej z uwzględnieniem efektu parowania wody, według wzoru:

$$V_{20} = (m_L - m_E + m_{\text{evap}}) \times \frac{1}{(\rho_W - \rho_A)} \times \left(1 - \frac{\rho_A}{\rho_B}\right) \times [1 - Y(t - 20)]$$

gdzie:

m_L – masa naczynia z wodą w g

m_E – masa pustego naczynia w g

m_{evap} – szacunowa masa odparowanej wody w g

ρ_W – gęstość wody w temperaturze pomiaru w g/ml

ρ_A – gęstość powietrza w g/ml

ρ_B – gęstość odważników w g/ml

Y – współczynnik rozszerzalności cieplnej w °C

t – temperatura wody użytej w teście w °C

Powyższe dane niezbędne do obliczeń objętości w określonych warunkach środowiskowych (gęstość wody, gęstość powietrza, gęstość odważników, współczynniki rozszerzalności cieplnej, wartości Z) są dostępne lub należy obliczyć wg wzorów zamieszczonych w normie **PN-EN ISO 8655-6:2022-11** i Raporcie Technicznym **ISO/TR 20461:2023**



Przydatne linki:

Laboratoria wzorcujące oraz producenci szkła miarowego i innych urządzeń wolumetrycznych publikują w sieci swoje procedury kalibracji i/lub sprawdzania urządzeń do pomiaru objętości, np.:

- Eppendorf: Standardowa procedura testowania manualnych systemów dozujących

https://www.eppendorf.com/product-media/doc/en/155258_SOP/Eppendorf_Liquid-Handling_SOP_Manual-pipettes-dispensers_Standard-Operating-Procedure.pdf

- OUM w Łodzi: Wzorcowanie tłokowych przyrządów do pomiaru objętości w Okręgowym Urzędzie Miar w Łodzi

https://infokiosk.gum.gov.pl/ftp/pdf/Biuletyn/Artykuly/4_2015/2733_Wzorcowanie_tlokowych_przyrzadow_do_pomiaru_objetosci_w_Okregowym_Urzedzie_Miar_w_Lodzi.pdf

- NIST: NISTIR 7383 Selected Procedures for Volumetric Calibrations (2019 Ed)

<https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ir/2019/NIST.IR.7383-2019.pdf>

- RADWAG: Sprawdzanie i wzorcowanie pipet tłokowych o stałej i zmiennej objętości metodą grawimetryczną

radwag.com/pdf/publikacje_new/pl/Sprawdzanie_i_wzorcowanie_pipet_tlokowych_metoda_grawimetryczna_S_Janas_2023.pdf

**Wesołych Świąt
i szczęśliwego Nowego Roku
wszystkim uczestnikom
dzisiejszego spotkania
życzą**



**Marzena Mazurowska
Jolanta Kowalczyk**

**Dziękujemy za uwagę,
cierpliwość i wytrwałość.**

