

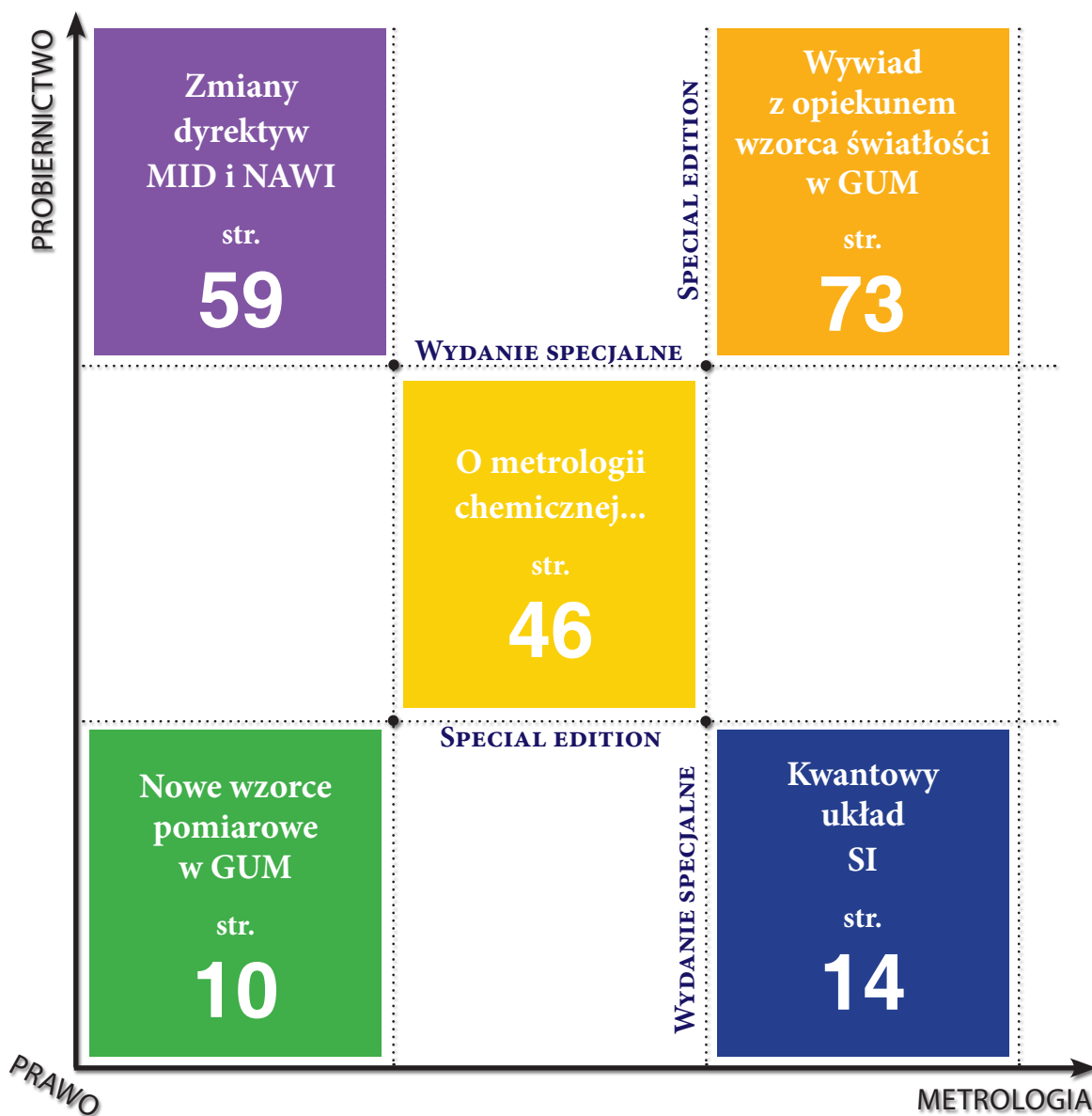


# METROLOGIA I PROBIERNICTWO

ISSN 2300-8806

Biuletyn Głównego Urzędu Miar

nr 1-2 (8-9)/2015



Znajdziesz nas także na [www.gum.gov.pl](http://www.gum.gov.pl)

## W numerze:

Słowo wstępne

### WYDARZENIA 4-13

#### TECHNIKA I POMIARY 14-45

- ♦ Kwantowy układ SI – podstawy fizyczne i perspektywy przyjęcia
- ♦ Wykorzystanie komparatora próżniowego do przekazywania jednostki miary masy opartej na nowej definicji kilograma
- ♦ Dwudziestolecie Przewodnika wyrażania niepewności pomiaru
- ♦ Charakterystyka termoelementów Au/Pt – realizacja grantu badawczego w programie EMRP
- ♦ Badanie wyrobów aerozolowych metodą promieniowania rentgenowskiego
- ♦ Ważenie pojazdów w ruchu. Stan obecny oraz perspektywy zastosowania systemów Weigh-In-Motion w celach administracyjnych

#### WSPÓŁPRACA 46-51

- ♦ Metrologia chemiczna jako polska specjalizacja realizowana w ramach współpracy między Głównym Urzędem Miar a Uniwersytetem Warszawskim
- ♦ EURAMET – otwarta droga do integracji europejskiej wspólnoty metrologicznej

#### PRAWNA KONTROLA METROLOGICZNA 52-63

- ♦ Wzorcowanie metodą objętościową zbiorników pomiarowych do cieczy posadowionych na stałe
- ♦ Przekształcenie dyrektyw MID i NAWI – nowe ramy prawne

#### TERMINOLOGIA 64-66

- ♦ Wspólne miary – 55 lat SI z nami!

#### PROBIERNICTWO 67-72

- ♦ Badanie metali szlachetnych metodą ICP-OES w stopach i wyrobach jubilerskich
- ♦ Relacja z II Targów Biżuterii Biżu-Time Expo
- ♦ Relacja z Targów Jubilerskich INHORGENTA w Monachium

#### CZY WIESZ, ŻE... 73-86

- ♦ Światłość z pięciu lamp
- ♦ System chińskich miar i wag
- ♦ Nowy wizerunek Okręgowego Urzędu Miar w Poznaniu
- ♦ Poemat metrologiczny
- ♦ „Metrologia” w cytatach

## In this issue:

Foreword

### EVENTS 4-13

#### TECHNIQUE AND MEASUREMENTS 14-45

- ♦ The Quantum SI – physical fundamentals and adoption perspective
- ♦ Dissemination of the SI mass unit from the National Prototype of Kilogram using the vacuum mass comparator after the mass unit redefinition
- ♦ Twentieth anniversary of the Guide to Uncertainty in Measurement
- ♦ Characterisation of Au/Pt Thermocouples – Realization of EMRP Research Grant
- ♦ Aerosol Product Testing X-Ray
- ♦ Weighing vehicles in motion. The present state and prospects of Weigh-In-Motion systems application for law-enforcement

#### COOPERATION 46-51

- ♦ Metrology in chemistry as a smart specialization of Poland: the collaboration between Central Office of Measures (GUM) and University of Warsaw
- ♦ EURAMET – The gateway to Europe's integrated metrology community

#### LEGAL METROLOGICAL CONTROL 52-63

- ♦ Volumetric method used for calibration of the fixed storage tanks
- ♦ Recast of MID and NAWI directives – New Legislative Framework

#### TERMINOLOGY 64-66

- ♦ Common units of measurement – for 55 years SI has been with us!

#### HALLMARKING 67-72

- ♦ Testing of precious metals by ICP-OES method in alloys and jewellery articles
- ♦ Report from the 2nd Jewellery Fair BIŻU-TIME EXPO
- ♦ Report from the Jewellery Fair INHORGENTA MUNICH

#### DO YOU KNOW... 73-86

- ♦ Luminous intensity of five photometric lamps
- ♦ The china measurement system
- ♦ New image of the Regional Office of Measures in Poznan
- ♦ The poem metrological
- ♦ “Metrology” in quotations

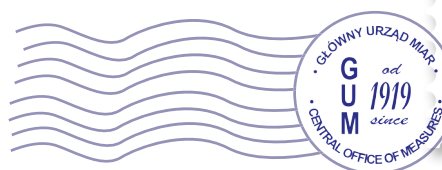
Wydawca: Główny Urząd Miar  
ul. Elektoralna 2, 00-139 Warszawa, tel.: 22 581 93 99, fax: 22 581 93 92.

Redakcja: Karol Markiewicz (red. naczelny), Adam Żeberkiewicz (sekretarz red.),  
Maria Magdalena Ulaczyk (Probiernictwo), dr Jerzy Borzymiński (Terminologia), dr Paweł Fotowicz (Technika i pomiary), Karol Markiewicz  
(Czy wiesz, że...?), Adam Żeberkiewicz (Wydarzenia), Mariusz Pindel (Współpraca), Tadeusz Lach (Prawna kontrola metrologiczna).

Druk: ArtDruk Zakład Poligraficzny, ul. Napoleona 4, 05-230 Kobyłka, www.artdruk.com

Wszystkie prawa zastrzeżone. Redakcja nie zwraca materiałów nie zamówionych oraz zastrzega sobie prawo do skrótów i zmian tytułów.

Pytania i uwagi do redakcji: biuletyn@gum.gov.pl



## Szanowni Czytelnicy!

Z wielką przyjemnością przedstawiam Państwu pierwsze i jednocześnie specjalne, podwójne, wydanie naszego Biuletynu w 2015 r. Jest ono szczególne z dwóch powodów.

Po pierwsze, Główny Urząd Miar jest w tym roku gospodarzem 9. posiedzenia Zgromadzenia Ogólnego EURAMET w Krakowie. Cieszymy się, że europejska społeczność metrologów za miejsce swoich obrad obrała dawną stolicę Polski.

Po drugie, ten rok jest jubileuszowy w historii światowej metrologii. Wspomnieć należy na naszych łamach o tak ważnych rocznicach, przypadających w 2015 r., jak:

- **140 rocznica** podpisania Konwencji Metrycznej,
- **90 rocznica** przystąpienia Polski do Konwencji Metrycznej,
- **60 rocznica** utworzenia Międzynarodowej Organizacji Metrologii Prawnej (OIML),
- **55 rocznica** przyjęcia Międzynarodowego Układu Jednostek Miar (SI).

Zachęcam zatem do zapoznania się z misją EURAMET i informacją o wspomnianych już obradach tej organizacji w Krakowie (str. 50).

W zasadzie nie sposób wyliczyć wszystkich wartych uwagi artykułów, bo ta edycja jest wyjątkowo ciekawa i obszerna. Wypada wspomnieć o artykułach p. prof. Ewy Bulskiej na temat współpracy GUM i Uniwersytetu Warszawskiego w obszarze metrologii chemicznej (str. 46), a także o artykule p. prof. Andrzeja Zięby z AGH na temat nowego układu SI (str. 14). Interesujący temat ważenia pojazdów w ruchu przedstawiają p. Piotr Burnos z AGH oraz p. Rafał L. Ossowski z GUM (str. 40).

Z życzeniami ciekawej lektury,

*Karol Markiewicz*  
redaktor naczelny

## Dear Readers!

With great pleasure I present the first special double issue of our Bulletin in 2015. It is so special mainly because of two reasons.

Firstly, the Central Office of Measures plays the role of the Host of the 9th General Assembly of EURAMET in Krakow. We are happy that the european society of metrologists has decided to organise this meeting in the former capital of Poland.

Secondly, this year is full of important dates of the global history of metrology. We should revoke the following anniversaries falling on 2015:

- **140th** anniversary of the Metre Convention signing,
- **90th** anniversary of the Poland's accession to the Metre Convention,
- **60th** anniversary of foundation of the International Organisation of the Legal Metrology,
- **55th** anniversary of the SI (The International System of Units).

Thus, I encourage you to read on the mission of EURAMET and its mentioned above meeting in Krakow (p. 50).

In fact, it is impossible to enumerate all worth reading texts. This edition is quite unique, interesting and comprehensive. However, it is appropriate to mention the article of prof. Ewa Bulska on the cooperation between University of Warsaw and GUM on the metrology in chemistry (p. 46) and the article of Mr Andrzej Zięba, Professor at AGH University of Science and Technology on the new SI (p. 14). The problem of weighing vehicles in motion presented by Piotr Burnos (AGH) and Rafał L. Ossowski (GUM) should be interesting also (p. 40).

Wishing you to have interesting reading,

*Karol Markiewicz*  
chief editor

- 2-3.12.2014 → **WIZYTA STUDYJNA PRZEDSTAWICIELI OUP W WARSZAWIE W URZĘDACH PROBIERCZYCH W RYDZE I TALLINIE**  
Celem wizyty było zapoznanie się ze strukturą organizacyjną tych urzędów oraz wymiana doświadczeń dotyczących badania i oznaczenia wyrobów z metali szlachetnych. Urzędy probiercze Łotwy i Estonii zajmują się nie tylko określaniem prób metali, ale również ekspertyzami kamieni szlachetnych oraz bursztynu.
- 16.01.2015 → **WYSTĄPIENIE POKONTROLNE NIK NA TEMAT KONTROLI WYKONYWANIA PRZEZ GUM ZADAŃ W ZAKRESIE POTWIERDZENIA SPEŁNIANIA PRZEZ KASY REJESTRUJĄCE FUNKCJI, KRYTERIÓW I WARUNKÓW TECHNICZNYCH, KTÓRYM KASY MUSZĄ ODPOWIEDZIEĆ**  
W przedstawionym wystąpieniu Najwyższa Izba Kontroli pozytywnie oceniła działalność Głównego Urzędu Miar w zbadanym zakresie. Jak podkreślono, Prezes GUM podjął niezbędne działania organizacyjne w celu przygotowania urzędu do wykonywania nowych zadań, a postępowania prowadzone były przez GUM zgodnie z obowiązującymi przepisami.
- 2-6.02 → **SPOTKANIE KOMITETU TECHNICZNEGO „METROLOGIA W CHEMII” EURAMET (TC-MC)**  
Na Malcie, z udziałem przedstawicieli europejskich Krajowych Instytucji Metrologicznych (NMI's) i Instytutów Desygnowanych (DI's), zajmujących się problematyką metrologii chemicznej, odbyły się spotkania Komitetu Technicznego „Metrologia w Chemii” EURAMET (TC-MC), jak również Podkomitetów Technicznych: ds. Analiz Gazów (SC GA), ds. Analiz Nieorganicznych (SC IA), ds. Analiz Elektrochemicznych (SC EA) i ds. Analiz Organicznych (SC OA). Wzięli w nich udział przedstawiciele GUM z Zakładu Fizykochemii: panowie Piotr Kolasiński (Laboratorium Gazowych Materiałów Odniesienia) i Władysław Kozłowski (Laboratorium Elektrochemii), a także pani Agnieszka Zoń (Laboratorium Gęstości, Lepkości i Analizy Spektralnej). Podczas obrad omawiano m.in. stan realizacji projektów badawczych z dziedziny metrologii chemicznej (także w ramach EMRP), propozycje nowych projektów (m.in. w ramach EMPIR), zgłoszone deklaracje CMC's i ich aktualizację.
- 6.02 → **PRZEDSTAWICIELE GŁÓWNEGO URZĘDU MIAR Z WIZYTĄ NA POLITECHNICIE WROCŁAWSKIEJ**  
Prezes GUM pani Janina Maria Popowska, Wiceprezes ds. metrologii naukowej pan Włodzimierz Popiołek oraz Dyrektor Zakładu Długości i Kąta pan Zbigniew Ramotowski złożyli wizytę na Wydziale Elektroniki Mikrosystemów i Fotoniki Politechniki Wrocławskiej. Celem spotkania było przedyskutowanie zakresu i form przyszłej współpracy obu instytucji, a w szczególności udział GUM w organizowanej przez Politechnikę Wrocławską konferencji NanoScale 2016. Dyskutowano też o możliwościach wspólnego udziału w projektach naukowo-badawczych, realizowanych w ramach programu EMPIR. Delegacja GUM odwiedziła m.in. kierowany przez prof. dr hab. inż. Teodora Gotszalka Zakład Metrologii Mikro- i Nanostruktur, w tym Laboratoria Optoelektroniki Podstawowej i Zaawansowanej oraz Laboratorium Rentgenowskich Badań Strukturalnych.
- 18-19.02 → **SPOTKANIE CZŁONKÓW TC-AUV**  
Główny Urząd Miar był w Warszawie gospodarzem spotkania roboczego Komitetu Technicznego EURAMET TC-AUV (Akustyka, Ultradźwięki i Drgania).
- 22-23.02 → **TARGI WYROBÓW Z METALI SZLACZETNYCH INHORGENTA W MONACHIUM**  
Pracownicy Okręgowego Urzędu Probierczego w Warszawie odwiedzili targi wyrobów z metali szlachetnych Inhorgenta w Monachium. Jest to jedna z największych tego rodzaju imprez handlowych w Europie, w tegorocznej edycji prezentowało swoje wyroby ponad 1000 wystawców, w tym 34 firmy z Polski. Obszerna relacja znajduje się na str. 71.
- 25-27.02 → **SPOTKANIE KOMITETU TECHNICZNEGO DS. TERMOMETRII EURAMET**  
W Lizbonie, w portugalskim instytucie metrologicznym IPQ, miało miejsce coroczne posiedzenie Komitetu Technicznego ds. Termometrii TC-T EURAMET. Europejscy specjaliści od pomiarów temperatury, wilgotności i wielkości termofizycznych, reprezentujący NMI's i DI's, spotkali się, aby omówić okresowe postępy prac prowadzonych w ramach TC-T. Obrady w szczególności dotyczyły trwających i planowanych projektów badawczych i porównań międzynarodowych, prac grup roboczych do spraw strategii, najlepszych praktyk oraz przeglądu zdolności pomiarowych (CMC's). W spotkaniach uczestniczyli przedstawiciele Głównego Urzędu Miar z Zakładu Fizykochemii: pani Elżbieta Grudniewicz – kierownik Laboratorium Temperatury i pan Rafał Jarosz – kierownik Laboratorium Wilgotności. Więcej na temat spotkania można przeczytać na stronie [www.gum.gov.pl](http://www.gum.gov.pl).

- 10-11.03 → **76. POSIEDZENIE STAŁEGO KOMITETU KONWENCJI O KONTROLI I CECHOWANIU WYROBÓW Z METALI SZLACHETNYCH ORAZ 15. POSIEDZENIE MIĘDZYNARODOWEGO STOWARZYSZENIA URZĘDÓW PROBIERCZYCH (IAAO)**  
 Na Posiedzeniu Konwencji, poza problemami dotyczącymi stosowania CCM oraz wzrastającego proceduru jej fałszowania, omawiano także sprawy przyszłego członkostwa Serbii i Chorwacji. Zatwierdzony został program obchodów 40. rocznicy powstania Konwencji, które odbędą się we wrześniu br. w Londynie. Na Posiedzeniu IAAO omawiano sprawy związane z finansowaniem programu badawczego Round Robin. W spotkaniach, które zorganizowano w Tel Awiwie, uczestniczyli dyrektorzy okręgowych urzędów probierczych w Warszawie i w Krakowie.
- 18-20.03 → **17. MIĘDZYNARODOWE TARGI ANALITYKI I TECHNIK POMIAROWYCH EUROLAB**  
 W targach uczestniczył Główny Urząd Miar. Relacja z tego wydarzenia na str. 7.
- 18-20.03 → **KONFERENCJA AUTOMATION 2015**  
 Podczas konferencji, zorganizowanej przez Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP w Warszawie, pan dr Paweł Fotowicz (pracownik Zakładu Promieniowania i Drgań GUM i członek redakcji Biuletynu „Metrologia i Probiernictwo”) poprowadził sesję naukową „Urządzenia i układy pomiarowe”, a także wygłosił referat „Zmodyfikowana metoda Monte Carlo do obliczania niepewności rozszerzonej”.
- 24-25.03 → **WIZYTA PRZEDSTAWICIELA RYSKIEGO URZĘDU PROBIERCZEGO**  
 Dyrektor Urzędu Probierczego w Rydze złożył wizytę w Wydziale Zamiejscowym OUP w Gdańsku oraz odwiedził 22. Międzynarodowe Targi Bursztynu, Biżuterii i Kamieni Jubilerskich Amberif. Podczas spotkania omawiano możliwość wymiany pracowników w ramach szkoleń oraz sprawy związane z wzajemnym honorowaniem cech probierczych. Wiele firm łotewskich zarejestrowało swoje znaki imienne w Polsce i zgłasza wyroby do badania oznaczania w polskich urzędach probierczych.
- 31.03 → **„ODMIERZACZE POD KONTROLĄ”**  
 Komunikat Prezesa Głównego Urzędu Miar z dnia 31 marca 2015 r. Więcej na ten temat na str. 6.
- 1.04 → **SEMINARIUM W GUM**  
 Pan Rafał L. Ossowski z Laboratorium Masy Zakładu Mechaniki wygłosił referat pt. „Wykorzystanie komparatora próżniowego do przekazywania jednostki masy od wzorca państwowego, opartego na nowej definicji kilograma”. Artykuł na ten temat można przeczytać na str. 20.
- 3.04 → **ZAKOŃCZENIE KONTROLI NIK W GUM**  
 NIK pozytywnie oceniła wykonanie budżetu państwa w roku 2014 przez Główny Urząd Miar.
- 13-18.04 → **POSIEDZENIE KOMITETU TECHNICZNEGO EURAMET DS. MASY I WIELKOŚCI POCHODNYCH**  
 W Sarajewie, gdzie odbyło się spotkanie TC-M, przedstawiono m.in. sprawozdanie z zakończonego projektu EUROMET.M.M-S1, dotyczącego porównań międzylaboratoryjnych wzorców masy 500 kg, a także prezentacje dotyczące pomiarów wielkości dynamicznych, w tym podsumowanie projektu EMRP IND09 „Traceable dynamic measurement of mechanical quantities”. Z ramienia GUM w posiedzeniu udział wzięli panowie Wojciech Wiśniewski i Rafał L. Ossowski z Laboratorium Masy, Adam Brzozowski i Mikołaj Woźniak z Laboratorium Siły i Ciśnienia oraz pani Elżbieta Lenard z Laboratorium Lepkości, Gęstości i Analizy Spektralnej.
- 25-26.04 → **TARGI BIŻU-TIME EXPO 2015**  
 Przedstawiciele Okręgowego Urzędu Probierczego w Krakowie udzielali informacji na stoisku, zorganizowanym na II targach wyrobów z metali szlachetnych BIŻU-TIME EXPO, które odbywały się w Hali Stulecia we Wrocławiu. Więcej na ten temat na str. 70.
- 5-7.05 → **POSIEDZENIE KOMITETU TECHNICZNEGO DS. PRZEPŁYWÓW EURAMET TC-F**  
 W Boras (Szwecja) spotkali się także członkowie podkomitetów: ds. przepływu cieczy, przepływu gazu, prędkości przepływu płynów i objętości statycznej.
- 9.05 → **PIKNIK NAUKOWY POLSKIEGO RADIA I CENTRUM NAUKI KOPERNIK**  
 Na Stadionie Narodowym w Warszawie odbył się kolejny Piknik Naukowy. Relacja z imprezy na str. 7.
- 14.05 → **OTWARCIE WŁOCŁAWSKIEJ WYSTAWY WAG I MIAR**  
 W Centrum Kultury „Browar B.” we Włocławku otwarto wystawę metrologiczną ze zbiorów Marii i Marka Sandeckich.

## Odmierzacze pod kontrolą

### Komunikat Prezesa Głównego Urzędu Miar z dnia 31 marca

W nawiązaniu do ostatnich doniesień medialnych informujemy, że odmierzacze paliw, podobnie jak wiele innych przyrządów pomiarowych, podlegają prawnej kontroli metrologicznej. Prawna kontrola metrologiczna odmierzaczy paliw polega m.in. na okresowym przeprowadzaniu legalizacji ponownej tych przyrządów. Zgodnie z obowiązującymi przepisami, tj. rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 7 stycznia 2008 r. w sprawie prawnej kontroli metrologicznej przyrządów pomiarowych (Dz. U. Nr 5, poz. 29) w przypadku odmierzaczy paliw okres ten wynosi **25 miesięcy**, a odmierzaczy LPG **13 miesięcy**. **Legalizacja ponowna** polega na dokonaniu oględzin przyrządu w celu stwierdzenia, czy nie jest uszkodzony, czy posiada wymagane oznaczenia i czy spełnia wymagania techniczne i metrologiczne.

**Dodatkowo** – administracja miar przeprowadza kontrole przyrządów pomiarowych planowe i doraźne. Kontrole doraźne najczęściej odbywają się na skutek zgłoszenia otrzymanego od klienta podejrzewającego nieprawne wskazania odmierzaczy paliw.

W 2014 r. administracja miar skontrolowała w całej Polsce blisko **1600** stacji paliw płynnych i ponad **17 000** odmierzaczy paliw płynnych, stwierdzając nieprawidłowości w **1,8 %** odmierzaczy. Skontroloowano również **560** stacji gazu LPG i ponad **1600** odmierzaczy gazu LPG, stwierdzając nieprawidłowości w **3,5 %** odmierzaczy.

Prezes Głównego Urzędu Miar  
**Janina Maria Popowska**

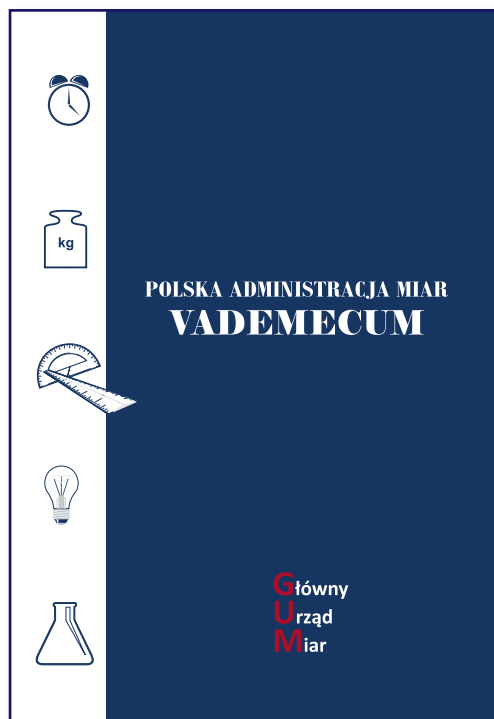
6

### Wkrótce pierwsze wydanie przewodnika po służbie miar

Drogi Czytelniku czytając dowiesz się:

- ♦ co to jest metrologia?
- ♦ do czego służą państwowe wzorce jednostek miar?
- ♦ czym zajmuje się Główny Urząd Miar i terenowa administracja miar?
- ♦ jakie znaczenie mają pomiary w Twoim życiu i funkcjonowaniu gospodarki?

Praca zbiorowa pracowników  
Głównego Urzędu Miar



## EuroLab 2015

Od 18 do 20 marca w Warszawie trwały XVII Międzynarodowe Targi Analityki i Technik Pomiarowych EuroLab 2015. Swoje stoisko, a także specjalny blok seminarny miał na targach Główny Urząd Miar. Pracownicy urzędu służyli fachowymi informacjami z dziedziny metrologii naukowej i prawnej, korzystając z okazji do jak najszerzej popularyzacji działalności GUM, a także wiedzy o metrologii.

Seminaria GUM odbywały się pod hasłem: „Bezmiar widma światłem mierzony”. Można było wysłuchać trzech referatów, których autorami byli metrologowie – pracownicy GUM. Pan Rafał Ossowski z Laboratorium Masy (M2) był autorem referatu pt. „Spektroskopowy pomiar czystości monokryształu krzemu oraz interferometryczny pomiar przemieszczenia cewki w prądowej tzw. wadze wata jako przykłady wykorzystania światła w dziedzinie masy”. Ponadto panie Sylwia Górnik i Alicja Zydorowicz z Laboratorium Promieniowania Jonizującego i Wzorców



Barwy (M2) zaprezentowały referat pt. „Zachowanie spójności pomiarowej w pomiarach barwy”, a dr Adrian Knyziak, Michał Derlaciński, Witold Rzodkiewicz z Zakładu Promieniowania i Drgań przygotowali referat pt. „Bezpośredni pomiar energii szansą na poprawę skuteczności radioterapii – wzorce dawki pochłoniętej w wodzie”. Wszystkie zagadnienia zostaną przedstawione w formie artykułów i opublikowane w kolejnych numerach Biuletynu GUM.



## 19. Piknik Naukowy Polskiego Radia

Jak co roku, Główny Urząd Miar wziął udział w 19. Pikniku Naukowym, organizowanym 9 maja przez Polskie Radio i Centrum Nauki Kopernik. Ta największa w Europie impreza plenerowa o tematyce naukowej odbywała się po raz kolejny na Stadionie Narodowym w Warszawie. Hasłem przewodnim tegorocznego Pikniku było „Światło”, co wpisuje się w ogólnościatowy trend do popularnonaukowego przedstawiania zjawiska, z którym łączy się rozwój wszystkich dziedzin życia.

Celem Pikniku Naukowego jest upowszechnianie wiedzy z różnych dyscyplin naukowych poprzez prezentowanie ciekawych eksperymentów i doświadczeń oraz ich tłumaczenie przede wszystkim osobom młodszym. W tym roku ekspozyty i stanowiska pokazowe zostały rozmieszczone w 230 namiotach wokół bryły Stadionu Narodowego oraz przy alejach prowadzących do niego.

Główny Urząd Miar przygotował kilka pokazów, interesujących zarówno dla dzieci, jak i dla dorosłej publiczności. Pokazane zostało np. zjawisko mieszania barw (wirujące sektory). Można też było zobaczyć różnice w postrzeganiu barw przedmiotów przy różnym oświetleniu (światłówki i lampy LED), a zarazem zauważyć, jak światło zniekształca barwy.

W tajemniczej „czarnej skrzynce” goście stoiska GUM oglądali zjawisko fosforescencji w warunkach ciemno-



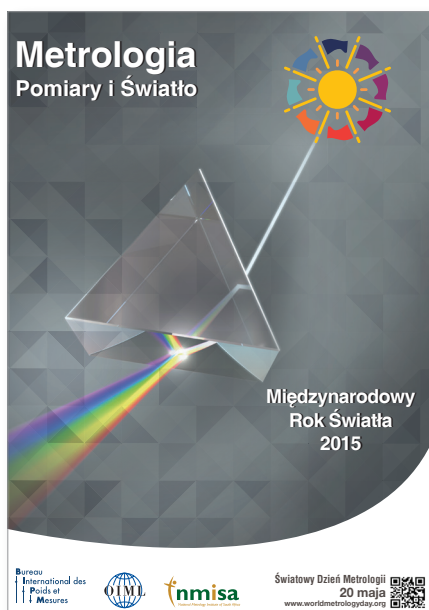
wych (podświetlana komora z wyłączanym podświetleniem), czyli inaczej „ładowania” światłem widzialnym materiałów wykorzystywanych przy produkcji znaków ewakuacyjnych bądź drogowych.

Przez większą część sobotniej imprezy panowała słoneczna pogoda, zatem wiele osób pojawiło się na Pikniku w okularach przeciwsłonecznych. Na luksomierzu można było je zbadać i dowiedzieć się, jak dużo światła przepuszczają nasze okulary i czy chronią nas przed promieniowaniem UVA. Wskazania luksomierza pokazywały, jakie jest natężenie światła białego, a dzięki wskazaniom radiometru goście zyskiwali informacje o natężeniu promieniowania UVA.

## Światowy Dzień Metrologii pod hasłem Pomiary i światło

Ponad 80 krajów, w tym Polska, świętuje Światowy Dzień Metrologii, obchodzony tradycyjnie 20 maja dla upamiętnienia podpisania Konwencji Metrycznej w 1875 r., czyli oficjalnego rozpoczęcia międzynarodowej współpracy w metrologii. Światowy Dzień Metrologii to okazja do propagowania wiedzy o metrologii i znaczenia pomiarów w życiu codziennym. W tym roku cały świat nauki, w tym również i metrologia, chcą przypomnieć o zjawisku, bez którego niemożliwy byłby rozwój naszej cywilizacji – o świetle.

68. sesja Zgromadzenia Ogólnego Narodów Zjednoczonych proklamowała rok 2015 Międzynarodowym Rokiem Światła i Technologii Wykorzystujących Światło, a hasło tegorocznego Światowego Dnia Metrologii brzmi: „Pomiary i światło”. Globalna inicjatywa, by opisać i szeroko przedstawić kluczową rolę światła, jako źródła energii oraz jego znaczenie dla całej nauki, a w konsekwencji dla zrównoważonego rozwoju państw i społeczeństw, ma szczególną wartość. Tegoroczne wy-



darzenia w całym metrologicznym świecie przypominają o tym. Różne aspekty związane z pomiarami światła są i będą poruszane przez pracowników Głównego Urzędu Miar – autorów referatów naukowych, które zostaną wygłoszone podczas zjazdów, konferencji i seminariów w całym 2015 r.

Światowy Dzień Metrologii to przede wszystkim święto metrologów. Każdego roku zwracają oni uwagę opinii publicznej na jedną z dziedzin nauki, bez której trudno byłoby mówić o wysokiej jakości pomiarach i rozwoju nowoczesnych technologii. W 2015 r. wyróżniamy światło, jako niezwykle ważne zjawisko, zarówno z punktu widzenia świata nauki, jak i codziennego życia. O tegorocznym Światowym Dniu Metrologii piszą również szefowie ważnych eu-

ropejskich organizacji metrologicznych: Martin Milton – dyrektor BIPM (Międzynarodowego Biura Miar) i Stephen Patoray – dyrektor BIML (Międzynarodowego Biura Metrologii Prawnej). Zachęcamy do lektury tych tekstów.

### Message from the BIPM Director World Metrology Day 2015 Measurements and Light



Bureau  
International des  
Poids et  
Mesures



Stephen Patoray  
Director of the BIML

As we begin our preparations for World Metrology Day, 2015 and as we consider this year's theme, *Measurements and Light*, I think about how this current theme is very closely related to those of previous World Metrology Days:

- ◆ light is important in everyday life (the theme for 2013);

- ◆ workplace and street lighting benefit both our health and our safety (the themes for 2006 and 2012 respectively); and
- ◆ with the increasing economic growth in many areas of our planet, the demand for more light and therefore more electricity certainly creates a global energy challenge (the theme for 2014).

We live in a highly visual world. Each day we see the sun rising, providing the essential requirements for life itself. Each day a large percentage of the world is able to simply flip a switch and turn on an electric light.

However, a recent article in the Washington Post identified a significant challenge: “The rate of growth in glo-



bal electrification is slower than the rate of growth of the population”. A report from the IEA and the World Bank states: “With regard to universal access, business as usual would leave 12 percent ... of the world’s population in 2030 without electricity...”.

Without a significant increase in spending or a new direction to solve the problem, this will not change. To compound this issue the UN is also trying to address climate change at the same time – and prevent global temperatures from rising by more than 2 °C. To satisfy both goals, nations around the world would need to improve their energy efficiency and bolster the amount of clean energy they produce and use. This will require

- ◆ more measurements to understand and improve the efficiency of electrical appliances,
- ◆ an increase in the amount of clean energy produced and consumed, and
- ◆ additional international standards that apply directly to this area.



### “Metrology for light and light for metrology”

This year, World Metrology Day is aligned with the International Year of Light and Light-based Technologies proclaimed by the General Assembly of the UN and organized by UNESCO. Events in 2015 will celebrate the central role of light to life, whether as a source of energy, as the basis for photonic technologies or as being a source of wonder and excitement.

Metrology plays a central role in enabling the application of light-based technologies, for example:

- ◆ as new forms of efficient lighting are developed new measurements are needed to quantify their efficiency and the influence they have on the appearance of objects,
- ◆ decisions to invest in solar photovoltaic technologies are based on accurate data for their efficiency and lifetime,
- ◆ direct measurements of the sun made from satellites are essential to underpin our understanding of solar irradiance and its contribution to climate change.

Light can behave either as a wave or a particle, or sometimes as both. This is quite remarkable. Also, as metrologists, we think of light as something that is measured, but we also use it to make measurements, again quite remarkable.

The speed of light in vacuum, commonly denoted  $c$ , is a universal physical constant which is important in many areas of physics. Its defined value is exactly 299 792 458 m/s, as the SI metre is defined from this constant. Distance, speed, temperature, the composition and contaminants in our food and environment, common measurements to legal metrology, can all be measured using various forms of light.

It is with these initial thoughts that I continue to consider with great wonder the phenomenon which we enjoy every day as light. The legal metrology community is pleased to join with UNESCO in marking the *International Year of Light* and I wish you immeasurable happiness and a very bright future.

Martin Milton  
Director of the BIPM



In turn, light is at the heart of many of the most important new elements of leading-edge measurement technologies. For many decades, the most accurate length measurements have depended on highly-stable lasers and many highly-sensitive chemical measurements use tunable lasers that can sense individual transitions in target molecules. The capabilities of stable lasers now extend to providing the most accurate “optical clocks” which depend on the light emitted from single atoms which have been slowed down and trapped by laser beams.

I hope that the celebration of World Metrology Day on 20th May 2015 will trigger new liaisons between the metrology community and those who work to develop and exploit light-based technologies. It is the opportunity to show that just as life depends on light, so the safe, efficient and effective supply of light depends on measurement.

## Trzy nowe państwowe wzorce jednostek miar w GUM

### Three new national measurement standards in GUM

Prezes Głównego Urzędu Miar zatwierdził trzy nowe państwowe wzorce jednostek miar. Są to:

1. Państwowy wzorzec jednostki miary stosunku napięć elektrycznych przemiennych o częstotliwości 50 Hz;
2. Państwowy wzorzec jednostki miary napięcia elektrycznego przemiennego;
3. Państwowy wzorzec jednostki miary stosunku prądów elektrycznych przemiennych o częstotliwości 50 Hz.

Rozwój i utrzymywanie państwowych wzorców jednostek miar oraz innych wzorców pomiarowych o najwyższej dokładności odtwarzania jednostek miar w kraju należą do podstawowych zadań każdej krajowej instytucji metrologicznej, a w Polsce jest nią Główny Urząd Miar. Państwowe wzorce jednostek miar zapewniają odniesienie w wielu działach gospodarki, w tym w większości gałęzi przemysłu i handlu, ochronie zdrowia, życia i środowiska, ochronie bezpieczeństwa i porządku publicznego, ochronie praw konsumenta, przy dokonywaniu kontroli celnej, przy towarach paczkowanych itp. Wraz z innymi wzorcami pomiarowymi państwowe wzorce jednostek miar tworzą łańcuch powiązań, związanych z przekazywaniem jednostki miary. Łańcuch ten zapewnia niezbędną dla całego kraju spójność pomiarową.

#### Państwowy wzorzec jednostki miary stosunku napięć elektrycznych przemiennych o częstotliwości 50 Hz

Wzorzec jest złożony z: kondensatora gazowego typ NK 400, dwóch kondensatorów powietrznych typ 3330/10000, kondensatora powietrzego typ 3330/2000. Znamionowe napięcie:  $(1 \div 400)$  kV, znamionowe wartości stosunku napięć: 40:1 lub 400:1.

Stosunek napięć elektrycznych przemiennych o częstotliwości 50 Hz jest wielkością elektryczną o szerokim zastosowaniu w branży elektroenergetycznej.

The President of the Central Office of Measures recognized three new national measurement standards, i.e.:

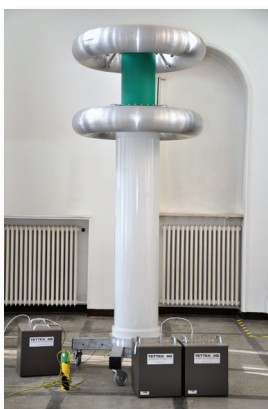
1. The national standard of AC voltages ratio at 50 Hz;
2. The national AC voltage standard;
3. The national AC currents ratio at 50 Hz standard.

Developing and maintenance of the national measurement standards and other measurement standards of the highest measurement units reproduction accuracy class on the national level are inter alia two of the basic tasks of every National Metrology Institute which in Poland is the Central Office of Measures. The national measurement standards ensure a reference basis for many areas of the national economy including most of the of industry, trade, health, life and environment protection branches and the area of the security and public order protection, consumer rights protection. They are important during customs and pre-packaged goods control etc. as well. Together with other measurement standards the national measurement standards build up a chain of connections which are linked to dissemination of measurement units. This chain ensures the measurement uniformity necessary for the whole country.

#### The national standard of AC voltages ratio at 50 Hz

The national standard of AC voltages ratio at 50 Hz consists of gas capacitor of type NK 400, two air capacitors of type 3330/10000 and air capacitor of type 3330/2000. The nominal voltage is:  $(1 \div 400)$  kV and the nominal value of the voltage ratio is: 40:1 or 400:1.

The AC voltages ratio at 50 Hz is an electrical quantity with wide scope of applications in the electricity production. The basic area of application of the mea-



Podstawowym obszarem zastosowania wzorców pomiarowych, odtwarzających stosunek napięć elektrycznych przemiennych zwanych przekładnikami napięciowymi, jest pomiar energii elektrycznej (we współpracy z licznikami energii elektrycznej) u wytwórców energii (elektrownie) oraz przy przesyłce energii elektrycznej od wytwórców energii do jej odbiorców (sieci elektroenergetyczne wysokiego, średniego i niskiego napięcia). Liczniki energii elektrycznej, ze względu na swoje parametry, nie mogą zmierzyć bezpośrednio tej energii, tak więc istnieje konieczność zastosowania systemu pomiarowego, w skład którego wchodzi element pośredniczący – przekładnik napięciowy, podłączony do sieci oraz licznik energii elektrycznej, pracujący przy małej wartości napięcia wtórnego przekładnika. W sieciach elektroenergetycznych dokładny pomiar energii elektrycznej ma również istotne znaczenie dla określenia strat energii przy jej przesyłce. Na podstawie wskazań systemu pomiarowego następują rozliczenia finansowe między energetyką a wytwórcami i dużymi odbiorcami energii elektrycznej.

Dokładny pomiar ww. wielkości ma także zastosowanie podczas produkcji przekładników, które muszą sprostać określonym wymaganiom, w szczególności w zakresie dokładności oraz w laboratoriach badawczych i wzorcujących, dla których źródłem spójności pomiarowej są wzorce GUM.

### Państwowy wzorzec jednostki miary napięcia elektrycznego przemiennego

Wzorzec jest układem pomiarowym, który służy do bardzo dokładnego transferu napięcia elektrycznego przemiennego, poprzez porównanie jego wartości skutecznych z dokładnie znanymi wartościami napięć elektrycznych stałych. Składa się z dwóch zestawów termoelektrycznych przetworników napięciowych AC/DC: z przetwornika elektronicznego, który służy do transferu napięcia na zakresach od 22 mV do 700 mV, zestawu trzech termicznych przetworników napięcia AC/DC oraz pięciu rezystorów zakresowych, służących do transferu napięcia na zakresach od 1 V do 1000 V. Dzięki tym przetwornikom możliwy jest



surement standards which reproduce AC voltages ratio – the so called inductive voltage instrument transformer – is the measurement of the electric power (with the parallel usage of the electricity meters) at electric power producers facilities (power plants) and in electric power transmission from the energy producers to the customers (high, medium and low voltage power supply networks). The electricity meters, because of their parameters, are not able to measure this power directly. For this reason there is a need to apply special kind of measuring system including an interface element – the inductive voltage instrument transformer which is connected with power grid and electricity meter working at low voltage level of the secondary power transformer. The exact measurement of the electricity power in the power grids is essentially important to identify the energy losses in transmission. The financial settlements between energy industry, energy producers and big energy customers take place on the basis of the measurement system indications.

The exact measurement of the above mentioned quantities is also applied in the process of inductive voltage instrument transformer production. These devices have to meet specific requirements, particularly regarding accuracy. The accuracy is also essential for research and calibrating laboratories for which the source of traceability are the standards maintained by GUM.

### The national AC voltage standard

The national AC voltage standard is a measuring system used for very exact transfer of the AC voltage by comparing its effective values with the exact known values of the DC voltages. It consists of two sets of the thermal voltage converters of AC/DC voltage: electronic converter which serves to transfer the voltage in the range from 22 mV to 700 mV, one set of three thermal voltage converters of AC/DC voltage and five range resistors which serves to transfer voltages in the range from 1 V to 1000 V. Thanks to these converters it's possible to transfer the AC voltage at frequencies from 10 Hz to 1 MHz.

transfer napięcia elektrycznego przemiennego w zakresie częstotliwości od 10 Hz do 1 MHz.

Napięcie elektryczne przemiennie jest jedną z głównych wielkości elektrycznych, nierozdzielnie związaną z wielkościami dotyczącymi elektroniki, elektrotechniki i elektroenergetyki. Wielkość ta jest bardzo istotna dla różnych obszarów gospodarki narodowej. Napięcie elektryczne przemiennie ma zastosowanie przy pomiarach innych wielkości fizycznych, np. w pomiarach wielkości elektrycznych (szczególnie w pomiarach RLC) i wielkości nieelektrycznych – np. czujniki precyzyjnie przekształcające wielkości nieelektryczne na elektryczne, w tym na napięcie elektryczne przemiennie, np. indukcyjne czujniki zbliżeniowe.

Oba powyższe wzorce zostały ustanowione jako państwowe od 19 grudnia 2014 r., wcześniej miały status wzorców odniesienia.

### Państwowy wzorzec jednostki miary stosunku prądów elektrycznych przemiennych o częstotliwości 50 Hz

Wzorzec jest złożony z: komparatora typ 4764, komparatora pomocniczego typ 4781, przekładnika prądowego typ NCD 200. Stosunek prądów elektrycznych przemiennych o częstotliwości 50 Hz jest wielkością elektryczną o szerokim zastosowaniu w branży elektroenergetycznej.

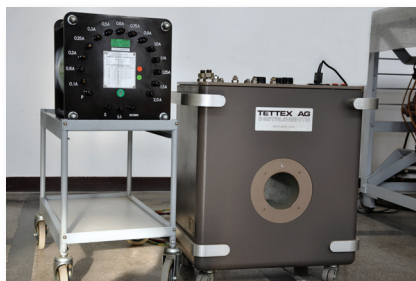
Podstawowym obszarem zastosowania wzorców pomiarowych odtwarzających stosunek prądów elektrycznych przemiennych zwanych przekładnikami prądowymi, jest pomiar energii elektrycznej (we współpracy z licznikami energii elektrycznej) u wytwórców energii (elektrownie) oraz przy przesyłaniu energii elektrycznej od wytwórców energii do jej odbiorców (sieci elektroenergetyczne wysokiego, średniego i niskiego napięcia). Istnieje zapotrzebowanie na dokładny pomiar energii elektrycznej przy wysokim napięciu i dużych prądach. Liczniki energii elektrycznej ze względu na swoje parametry nie mogą zmierzyć bezpośrednio tej energii, tak więc istnieje konieczność zastosowania systemu pomiarowego, w skład którego wchodzi element pośredniczący – przekładnik prądowy, podłączony do sieci oraz licznik energii elektrycznej, pracujący przy małej wartości prądu

The AC voltage is one of the main electrical quantities which is inseparably linked to the quantities in the field of electronics, electrical engineering and electricity. This quantity is very important for different areas of the national economy. The AC voltage is used in measurements of other physical quantities (in particular RLC measurements) and non-electrical quantities – e.g. in the precise sensors converting the non-electrical quantities to the electrical ones including converting to the AC voltage – the inductive proximity sensors.

Both above mentioned standards have been working in GUM since 19th December 2014. Previously they used to have a status of the reference standards.

### The national standard of AC currents ratio at 50 Hz

The national standard of AC currents ratio at 50 Hz consists of: comparator type 4764, auxiliary comparator type 4781, and power transformer type NCD 200. The AC currents ratio at 50 Hz is an electrical quantity widely applied in the electricity branch.



The basic area of usage of the measurement standards reproducing AC currents ratio, the power transformer, is the measurement of the electric power (with the parallel usage of the electricity meters) at the electric power producers facilities (power plants) and in electric energy transmission from the energy producers to the customers (high, medium and low voltage power supply networks).

There is a demand for receiving of accurate measurement results for high voltage and currents electric energy. The electricity meters, because of their parameters, are not able to measure this power directly. For this reason there is a need to apply special kind of measuring system including an interface element – the power transformer connected with power grid and electricity meter working at low current value level of the secondary power transformer. The

wtórny przekładnik. W sieciach elektroenergetycznych dokładny pomiar energii elektrycznej ma również istotne znaczenie dla określenia strat energii przy jej przesyłce.

Na podstawie wskazań systemu pomiarowego następują rozliczenia finansowe między energetyką a wytwórcami i dużymi odbiorcami energii elektrycznej. Dokładny pomiar ww. wielkości ma także zastosowanie podczas produkcji przekładników, które muszą sprostać określonym wymaganiom, w szczególności w zakresie dokładności oraz w laboratoriach badawczych i wzorcujących, dla których źródłem spójności pomiarowej są wzorce GUM. Wzorzec został ustanowiony jako państwowy od 30 stycznia 2015 r., wcześniej miał status wzorca odniesienia.

Aktualnie, w Głównym Urzędzie Miar utrzymywanych jest 18 państwowych wzorców jednostek miar, a także wzorce odniesienia o najwyższej dokładności odtwarzania jednostki miary.

exact measurement of the electricity power in the power grids is essentially important to identify the energy losses in transmission.

The financial settlements between energy industry, energy producers and big energy customers take place on the basis of measurement system indications.

The exact measurement of the above mentioned quantities is applied in power transformers production. These devices have to meet specific requirements, particularly regarding accuracy. The accuracy is also essential for research and calibrating laboratories for which the source of measurements uniformity are the standards maintained by GUM.

The above mentioned standard has been working in GUM since 30th January 2015. Previously it used to have a status of reference standard.

At the moment the Central Office of Measures maintains 18 national measurement standards and reference standards of the highest unit of measures reproduction accuracy class.

Podstawowym zadaniem każdej krajowej instytucji metrologicznej jest rozwój i utrzymywanie państwowych wzorców jednostek miar oraz innych wzorców pomiarowych o najwyższej dokładności odtwarzania jednostek miar w kraju. Wzorce te nie mogą istnieć bez szeregu innych wzorców pomiarowych tworzących pewien łańcuch powiązań z przekazywaniem jednostki miary. Łańcuch ten, zapewniający spójność pomiarową w kraju, tworzy system wzorców w postaci struktury metrologicznej obejmującej krajową instytucję metrologiczną, jej terenowe oddziały i laboratoria wzorcujące. To one zapewniają odpowiednią dokładność przyrządów pomiarowych użytkowanych w gospodarce narodowej. Bez nich przyrządy te nie mogłyby w sposób prawidłowy kontrolować przebiegu procesu produkcyjnego w każdej dziedzinie gospodarczej. Zapewniają też bezpieczeństwo obrotu towarowego w gospodarce, gwarantując każdemu obywatelowi, że nabywane towary na rynku cechują się odpowiednią miarą ilościową podawaną przez producenta na każdym jego opakowaniu. Umożliwiają także poprawne rozliczenia pomiędzy odbiorcami usług związanych z dostarczaniem niezbędnych dla funkcjonowania gospodarstw domowych mediów, a ich producentami i dystrybutorami.

# Kwantowy układ SI – podstawy fizyczne i perspektywy przyjęcia

## The Quantum SI - physical fundamentals and adoption perspective

prof. dr hab. inż. Andrzej Zięba

(Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie)

Aktualny układ SI oparty jest na wybranych równaniach fizyki klasycznej (zdefiniowanej jako opis zjawisk, które nie biorą pod uwagę ziarnistości materii i promieniowania). Istotą projektowanych zmian podstaw układu SI, nazywanych skrótowo „nowy układ SI” lub „kwantowy układ SI”, jest wykorzystanie praw i zjawisk fizyki kwantowej. Zasada ustalenia wartości podstawowych stałych fizycznych ( $c$ ,  $N_A$ ,  $k_B$ ,  $e$ ,  $h$ ) podobna jest do koncepcji „jednostek naturalnych”, używanych w fizyce teoretycznej. Omówiono też najnowsze wyniki pomiarów stałej Plancka (opublikowane w 2014 r.), otwierające możliwość przyjęcia redefinicji układu SI jeszcze w tym dziesięcioleciu.

Actual SI is based on selected equations of classical physics (defined as a description of physical phenomena which do not take into account a discontinuous nature of both matter and radiation). The essence of a proposed redefinition of the foundations of the SI, named „the New SI” or „the Quantum SI”, is making use of selected phenomena and equations of quantum physics. The principle of fixing the values of fundamental physical constants, namely  $c$ ,  $N_A$ ,  $k_B$ ,  $e$  and  $h$ , is similar to the idea of „natural units” used in theoretical physics. The latest measurements of Planck constant (published in 2014) open a possibility of the final acceptance of redefinition of the SI before the end of the present decade.

### Wstęp

Jednostki miary są bardzo dawnym wynalazkiem człowieka. Początkowo, każdy rodzaj pomiaru miał swą własną *jednostkę miary*. Przykładowo, duże odległości mierzono w milach, mniejsze w łokciach, stopach i calach. Następnie zaczęto rozumieć, że i mila, i łokieć są jednostkami tej samej *wielkości mierzonej*, w tym przypadku długości. Kolejnym etapem było odkrycie, że niektóre wielkości są powiązane *równaniami* – pierwszymi z nich były zależności geometryczne łączące długość, powierzchnię i objętość.

Jakie równania leżą u podstaw układu SI? Oficjalny opis układu SI, jakim jest *SI Brochure* [1] stwierdza w punkcie 1.2: *System wielkości, włączając w to równania łączące te wielkości, który należałoby użyć dla układu SI jest, w gruncie rzeczy, zbiorem wielkości i równań fizyki, które są znane wszystkim naukowcom, technikom i inżynierom*<sup>1</sup>. Powstaje pytanie, które wielko-

ści fizyczne i które równania należy uznać za podstawę układu SI? Myślą przewodnią artykułu jest stwierdzenie, że aktualny układ SI opiera się na określonym zbiorze równań *fizyki klasycznej*. Natomiast projektowana zmiana podstaw układu SI, znana pod roboczymi nazwami<sup>2</sup> „nowy układ SI” oraz „kwantowy układ SI”, polega na wykorzystaniu równań *fizyki kwantowej*. Dlatego drugi termin, używany mniej powszechnie, ale lepiej informujący o istocie projektowanych zmian, będzie używany w tym artykule.

Projekt zmian podstaw układu SI budzi szerokie zainteresowanie i powstała na ten temat obszerna literatura. Przedstawiona praca koncentruje się na prezentacji fizycznych podstaw zagadnienia. Nie będą opisane interesujące aspekty techniczne, takie jak pomiary przy użyciu tzw. wagi Watta (watt balance) czy eksperymenty z wykorzystaniem idealnej kuli z monokrystalicznego krzemu. W zakończeniu omówiono wyniki najnowszych pomiarów, które mogą mieć kluczowe znaczenie dla zaakceptowania zaplanowanych zmian podstaw układu SI.

<sup>1</sup> Woryginale ang.: The system of quantities, including the equations relating the quantities, to be used with the SI, is in fact just the quantities and equations of physics that are familiar to all scientists, technologists, and engineers.

<sup>2</sup> Ang. the New SI oraz the Quantum SI.

## Fizyka klasyczna i kwantowa

Fizyka, jak i inne nauki, klasyfikowana jest według różnych kryteriów. Za względu na stosowane metody badawcze wyróżnić można fizykę doświadczalną i teoretyczną. Odbiciem tego podziału są np. odrębne jednostki, Instytut Fizyki Doświadczalnej i Instytut Fizyki Teoretycznej, w strukturach Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Współcześnie, podział ten jest coraz rzadziej przywoływany, gdyż istotą metodologii fizyki jest współzależność teorii i eksperymentu.

Wprowadzany też bywa podział na fizykę klasyczną i fizykę współczesną, przy czym przez tą ostatnią rozumie się zwykle te kierunki fizyki, które powstały od początku wieku XX, takie jak teoria względności oraz fizyka atomowa i jądrowa. Podział ten nie jest merytoryczny, gdyż prawa fizyki nie zmieniają się w czasie, zaś obecnie staje się anachroniczny. Cała elektronika i informatyka jest młodsza od „fizyki współczesnej”.

Dla zrozumienia wielu zagadnień związanych z fizyką, w tym zagadnienia jednostek, najbardziej istotny jest podział fizyki na *klasyczną* (*makroskopową*) i *kwantową*. Słowo „fizyka klasyczna” ma wiele znaczeń, w tym przypadku nie chodzi o historyczne znaczenie tego terminu. Przez fizykę klasyczną będziemy rozumieć opis zjawisk, który nie bierze pod uwagę ziarnistości materii i promieniowania, a wielkości fizyczne traktujemy jako wielkości ciągłe. Potocznie opis ten dotyczy własności obiektów makroskopowych. Do tak rozumianej fizyki klasycznej zalicza się również powstałą w XX wieku teorię względności Einsteina, bo występujące w jej równaniach wielkości pozostają ciągłe, choć są powiązane ze sobą równaniami bardziej ogólnymi niż w mechanice nierelatywistycznej [2].

Istotą fizyki kwantowej jest nieciągłość przynajmniej niektórych wielkości występujących w przyrodzie. Potocznie fizyka kwantowa opisuje zjawiska mikroświata, takie jak atomy, cząsteczki czy jądra atomowe. Zatem za początek fizyki kwantowej przyjąć należy, wysuniętą jeszcze w starożytności, hipotezę atomistyczną. Podstawową stałą, określającą masę pojedynczego atomu, jest liczba Avogadra  $N_A$ . Atomistyczna teoria ciepła wymaga wprowadzenia stałej Boltzmanna  $k_B$ , określającej np. średnią energię kinetyczną cząsteczek gazu o określonej temperaturze. Potem odkryto nieciągłość ładunku elektryczne-

go: każdy ładunek makroskopowy jest całkowitą wielokrotnością ładunku elementarnego  $e$ . Ostatnią ważną stałą fizyki kwantowej, wprowadzoną na przełomie XIX i XX wieku jest stała Plancka  $h$ , określająca m.in. energię kwantów promieniowania jako iloczyn tej stałej i ich częstotliwości. Okazuje się, że właśnie te cztery stałe zostały wykorzystane do sformułowania kwantowego układu SI.

Przeciwstawienie ciągłość – nieciągłość w fizyce koresponduje ze strukturą matematyki. David Hilbert, uważany za ostatniego uczonego, który ogarniał (w sposób twórczy) całość matematyki, przedstawił w 1900 r. listę 23 problemów do rozwiązania w rozpoczynającym się właśnie XX stuleciu. Na pierwszym miejscu postawił udowodnienie *hipotezy kontinuum*, implikującą podział wszystkich zbiorów liczbowych na tylko dwie kategorie, nieciągłe i ciągłe. (Hilbert wyraził to zwięźle [3]: *as regards equivalence, there are, therefore, only two assemblages of numbers, the countable assemblage and the continuum*). Współcześnie, coraz powszechniej odróżnia się matematykę dyskretną od „matematyki ciągłej”.

## Fizyka klasyczna podstawą aktualnego układu SI

Podstawą dynamiki nierelatywistycznej są trzy zasady dynamiki Newtona. Dla struktury układu SI znaczenie ma zasada druga: przyspieszenie ciała jest wprost proporcjonalne do działającej siły  $\mathbf{F}$  i odwrotnie proporcjonalne do masy  $m$

$$\frac{d^2 \mathbf{r}}{dt^2} = \frac{\mathbf{F}}{m} \quad (1)$$

Definicja przyspieszenia jako drugiej pochodnej wektora położenia  $\mathbf{r}$  po czasie  $t$  uprzytamnia, że w równaniu tym mamy cztery wielkości. Jeżeli tylko to równanie wykorzystamy do stworzenia spójnego układu jednostek mechanicznych, trzeba zdefiniować niezależne od siebie wzorce dla jednostek trzech wielkości – taki był początek spójnych układów jednostek. Wybór masy, długości i czasu jako wielkości podstawowych mamy zarówno w układzie CGS jak i w MKS. W obydwu układach siła jest wielkością pochodną.

Czy można zmniejszyć liczbę niezależnych wzorców jednostek? Podstawą mechaniki relatywistycznej jest założenie o stałości prędkości światła wyrażone zależnością

$$c = \frac{x}{t} \quad (\text{dla światła}) \quad (2)$$

Równanie to umożliwia, w aktualnym układzie SI, rezygnację z niezależnego wzorca długości przez przyjęcie ustalonej wartości  $c = 299\,792\,458$  m/s.

W mechanice klasycznej mamy jeszcze, niezależne od poprzednich, prawo grawitacji Newtona

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (3)$$

Umożliwia zdefiniowanie jednostki masy jako jednostki pochodnej poprzez pomiar siły przyciągania grawitacyjnego. Możliwość ta nie została wykorzystana dlatego, że pomiar siły grawitacji jest trudny i mało dokładny. Zatem, nie każde równanie fizyki można wykorzystać w metrologii, lecz tylko to, w którym występujące wielkości można zmierzyć z wystarczająco wysoką dokładnością.

Jakie jeszcze prawa fizyki są wykorzystane do określania jednostek podstawowych aktualnego układu SI? Wszystkie zjawiska elektromagnetyzmu można wywieść z równań Maxwella. Ten złożony układ równań różniczkowych zawiera w istocie jedną stałą: prędkość światła  $c$ . Oficjalna definicja ampera oparta jest o wynikający z tych równań wzór na siłę oddziaływania równoległych przewodów z prądem. Definicja ta różni się jakościowo od obowiązujących definicji sekundy i kilograma, a jest podobna do aktualnej definicji metra. Jej istotą jest ustalenie wartości stałej magnetycznej  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Vs/(A·m) i stałej elektrycznej  $\epsilon_0 = 1/(\mu_0 c^2)$  dla równań elektromagnetyzmu [5]. Wartość  $\mu_0$  wybrana została arbitralnie tak, by zapewnić wygodne wartości jednostek prądu, natężenia i oporu. Do wytworzenia wzorców jednostek elektrycznych wybieramy, spośród wielu możliwości, te zjawiska elektromagnetyczne, które zapewniają najmniejszą niepewność pomiaru. W szczególności, tzw. obliczalny kondensator jest źródłem najdokładniejszych wzorców pojemności i rezystancji.

Termodynamika fenomenologiczna jest częścią nauki o zjawiskach cieplnych, nieodwołującą się do pojęcia atomu. Jej cztery zasady, ponumerowane jako zerowa, I, II i III, są w ramach fizyki klasycznej niezależne od praw mechaniki i elektromagnetyzmu i wymagają wprowadzenia jednej wielkości podstawowej – temperatury. Podstawowym dla niej odniesieniem jest punkt potrójny wody.

Prawa chemii można sformułować bez przywoływania pojęcia atomu, przez wprowadzenie pojęcia liczby moli. (Polski termin „liczność materii” antycypuje istnienie atomów, ale angielski „amount of

substance” – nie). Niezależnym wzorcem mola jest 12 gramów izotopu węgla  $^{12}\text{C}$ .

W konkluzji: ciągły charakter równań fizyki makroskopowej narzuca konieczność istnienia arbitralnych wzorców przynajmniej niektórych jednostek. Najgłębszą przyczyną jest fakt, że wielkości ciągłe, w przeciwieństwie do dyskretnych, nie mają naturalnych jednostek miary.

## Kwantowe wzorce wielkości elektrycznych

Fakt, że stałe fizyki kwantowej wykorzystać można do zdefiniowania „naturalnych jednostek” [4], niezależnych od arbitralnych wzorców, został zauważony już w XIX wieku. Pierwsza historycznie propozycja Stoneya w 1881 r. zasadała się na wykorzystaniu ładunku elementarnego. Bardziej znany wśród fizyków jest układ jednostek Plancka, ogłoszony przez niego w 1899 r. Przyjęcie  $c = G = \hbar = k_B = 1$  umożliwia uproszczenie zapisu równań, cenione w szczególności przez teoretyków. Oczywiście, odbywa się to kosztem przyjęcia bardzo niewygodnych wartości tych jednostek.

Kwantowy układ SI jest podobny do „naturalnych” układów jednostek w tym, że wybrane stałe zostają ustalone. Tyle, że nie są równe jedności, lecz przyjmują wartości zbliżone do eksperymentalnych wartości tych stałych. W ten sposób używane jednostki makroskopowe nie ulegną w praktyce zmianie. Dla jednostek mechanicznych i elektrycznych kwantowy układ SI wykorzystuje ustalenie obydwu stałych  $e$  oraz  $h$ , dzięki czemu można, w przeciwieństwie do układów Stoneya i Plancka, zrezygnować ze stałej grawitacji.

Niemniej koncepcja ustalenia wartości stałych fizycznych pozostałaby ciekawostką teoretyczną, gdyby nie odkrycie dwóch makroskopowych zjawisk kwantowych, efektu Josephsona i kwantowego efektu Halla. Termin *makroskopowe zjawisko kwantowe* oznacza, że wielkości makroskopowe, w tym przypadku napięcie i rezystancja, są opisywane dokładnie przy użyciu prostych formuł zawierających stałe  $e$  i  $h$  fizyki kwantowej. Zdumiewająca jest zupełna niezależność efektu (w granicach aktualnych możliwości eksperymentalnych), zarówno od geometrii próbek, jak i od materiałów, z których zostały wykonane [6]. Jest to fakt doświadczalny, który nie został przewidziany teoretycznie, zaś powstałe *ex post* teorie są zawile i mało przekonujące.



W przypadku efektu Josephsona wykorzystuje się złącze nadprzewodnik-izolator-nadprzewodnik „zanurzone” w polu mikrofalowym o częstotliwości  $f$ . Na złączu powstaje napięcie

$$U = \frac{f h}{2e} k \quad (4)$$

zależne od  $f$  i  $h$  oraz małej liczby całkowitej  $k$ , oznaczającej numer stopnia charakterystyki [7]. Stosunek  $K_J = 2e/h$  nazwano stałą Josephsona (tabela 1).

Tabela 1. Wartości stałych Josephsona i von Klitzinga

Stała	Wartość umowna (CIPM, 1990)	Aktualna wartość doświadczalna (CODATA, 2010)
Josephsona	$K_{J-90} = 483\,597,9 \text{ GHz/V}$	$K_J = 483\,597,870(11) \text{ GHz/V}$
von Klitzinga	$R_{K-90} = 25\,812,807 \, \Omega$	$R_K = 25\,812,807\,4434(84) \, \Omega$

Kwantowy efekt Halla podobny jest do efektu klasycznego w tym, że płaską próbkę, przez którą płynie prąd  $I$  umieszczamy w silnym polu magnetycznym (prostopadłym do próbki) i mierzymy powstałe poprzeczne napięcie Halla  $U_H$ . Aby zaobserwować kwantowy efekt Halla, w próbce ma znajdować się dwuwymiarowy gaz elektronowy, pole wystarczająco silne, a temperatura – bardzo niska (zwykle poniżej 1 K). W tych warunkach na charakterystyce  $U_H(I)$  pojawiają się stopnie, dla których stosunek  $U_H/I$ , zwany oporem Halla, jest równy dokładnie

$$R_H = \frac{U_H}{I} = \frac{h}{i e^2} \quad (5)$$

gdzie  $i$  jest małą liczbą całkowitą [7].

Kwantowe wzorce napięcia i rezystancji zostały wprowadzone do metrologii w latach 80. Rola organów Konwencji Metrycznej polegała na zorganizowaniu porównań międzylaboratoryjnych, a następnie uzgodnieniu umownych wartości stałych Josephsona  $K_{J-90}$  i von Klitzinga  $R_{K-90}$ , używanych powszechnie do dziś. Realizację tych wzorców w Głównym Urzędzie Miar przedstawiono w artykule [8].

## Geneza i sformułowanie kwantowego układu SI

W ramach aktualnego układu SI kwantowe wzorce mają status wzorców pochodnych, których dokładność jest *circa* dwa rzędy wielkości większa od wzorców klasycznych. Sytuacja jest podobna do tej

z początków XX wieku, kiedy „amper międzynarodowy”, zdefiniowany przy pomocy zjawiska elektrolizy, był dokładniejszy i wygodniejszy w realizacji od wzorca „absolutnego” opartego o prawa elektromagnetyzmu [5].

Sukces kwantowych wzorców wielkości elektrycznych był główną przyczyną propozycji oparcia układu jednostek SI na ustalonych wartościach stałych fizycznych. Posługiwanie się ustalonymi wartościami stałych Josephsona i von Klitzinga oznacza nic innego, jak ustalenie wartości stałych  $h$  oraz  $e$ , które mogą być wyliczone ze stałych  $K_{J-90}$  i  $R_{K-90}$  przy wykorzystaniu układu równań (4) i (5). Propozycja ta została zaaprobowana przez rekomendację CI-2005 [9], zachęcającą krajowe instytuty metrologiczne do pracy nad projektowanymi zmianami. Następnie, rezolucja CGPM z 2011 r. [10] zaaprobowwała listę czterech stałych fizycznych, których wykorzystanie ma zastąpić dotychczasowe wzorce kilograma, ampera, kelwina i mola. Równoległe publikacje pracowników NIST [11] i [12] są najpełniejszym przedstawieniem teoretycznych i doświadczalnych aspektów problemu.

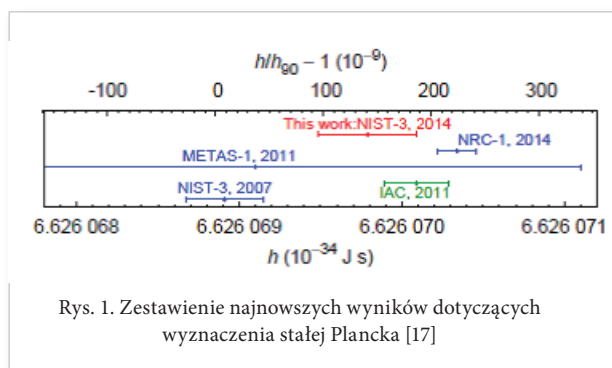
Można podać zawiłe definicje każdej wielkości podstawowej z osobna [12], ale nowe definicje ampera, kilograma, kelwina i mola, jak również związanych z nimi jednostek pochodnych (np. wolta czy dżula), można sformułować jednym zdaniem: wartość danej jednostki makroskopowej ma być taka, by wyrażone przy użyciu tej jednostki wartości stałych fizycznych były równe:

- stała Plancka  $h = 6,626\,06X \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ,
  - ładunek elementarny  $e = 1,602\,17X \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ,
  - stała Boltzmanna  $k = 1,380\,6X \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ ,
  - stała Avogadra  $N_A = 6,022\,14X \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$  (symbol X oznacza cyfry jeszcze nieuzgodnione [10]).
- Definicje sekundy, metra i kandeli pozostają takie jak dotychczas. Zagadnienia kandel i pochodnych jednostek oświetlenia, jako jednostek pozafizycznych, pozostają poza tematyką artykułu [13].

## Najnowsze wyniki pomiarów stałej Plancka

Dla przyjęcia proponowanych zmian kluczowe znaczenie ma zbudowanie nowego wzorca kilograma. Najwyższą dokładność zapewniają dwie metody, wykorzystujące albo wagę Watta, albo wyznaczenie liczby atomów w idealnie okrągłej kuli krzemowej przy pomocy dyfrakcji X (XRCD method – od *X-ray crystal density*).

W ramach aktualnego układu SI waga Watta jest urządzeniem, które miało służyć do odtwarzania jednostki natężenia prądu. W kwantowym układzie SI amper jest zdefiniowany poprzez kwantowe wzorce napięcia i rezystancji – w konsekwencji samo urządzenie można wykorzystać do określenia wzorca kilograma. Jeżeli za wzorec kilograma przyjmujemy obowiązujący artefakt, wynikiem eksperymentu jest pomiar stałej Plancka. Wynik ten wygodnie jest przedstawić w jednostkach względnych jako  $h/h_{90}$ , gdzie  $h$  jest wynikiem pomiaru, zaś  $h_{90}$  jest umowną wartością stałej Plancka, jaką można obliczyć z wartości  $K_{J-90}$  i  $R_{K-90}$  (rys. 1).



Rys. 1. Zestawienie najnowszych wyników dotyczących wyznaczenia stałej Plancka [17]

Podobnie, wykorzystując wzorce aktualnego układu SI, metoda XRCD dostarcza najdokładniejszej wartości stałej  $N_A$  (stąd nazwa „project Avogadro” dla przedsięwzięcia wykorzystującego izotopowo czysty  $^{28}\text{Si}$ ). W kwantowym SI eksperyment dostarcza alternatywnego wzorca kilograma. Szczęśliwym zbiegiem okoliczności niepewność obydwu metod jest porównywalna, dzięki czemu mamy dwie, zupełnie różne, metody wyznaczenia „kwantowego kilograma”.

Szczegóły techniczne i historia pomiarów do roku 2013 omówione są m.in. w artykule R. L. Ossowskiego [14]. Za najdokładniejszą wagę Watta uważano trzecie z kolei urządzenie zbudowane w National Institute of Standards and Technology (NIST). Opublikowany wynik przedstawiony jest na rys. 1 jako NIST-3, 2007. Najdokładniejszy wynik metody XRCD (oznaczony IAC, 2011) przedstawił międzynarodowy zespół z programu Avogadro [15]. Standardowa analiza statystyczna pokaże, że wyniki te są niezgodne.

Te i wszystkie dostępne wyniki pomiarów zostały w lutym 2013 r. przeanalizowane przez Consultative Committee for Mass and Related Quantities (CCM), powołany przez CIPM. W raporcie CCM [16] określono wymagania, jakie należy spełnić, by wyniki po-

miaru stałej Plancka mogły być podstawą redefinicji kilograma. W szczególności:

- ▶ potrzebne są trzy niezależne eksperymenty, wykorzystujące zarówno metodę XRCD, jak i wagę Watta,
- ▶ względna niepewność standardowa dla każdego z nich powinna być mniejsza niż  $50 \cdot 10^{-9}$ , a dla pojedynczego eksperymentu – poniżej  $20 \cdot 10^{-9}$ ,
- ▶ uzyskane wyniki pomiaru winny być zgodne.

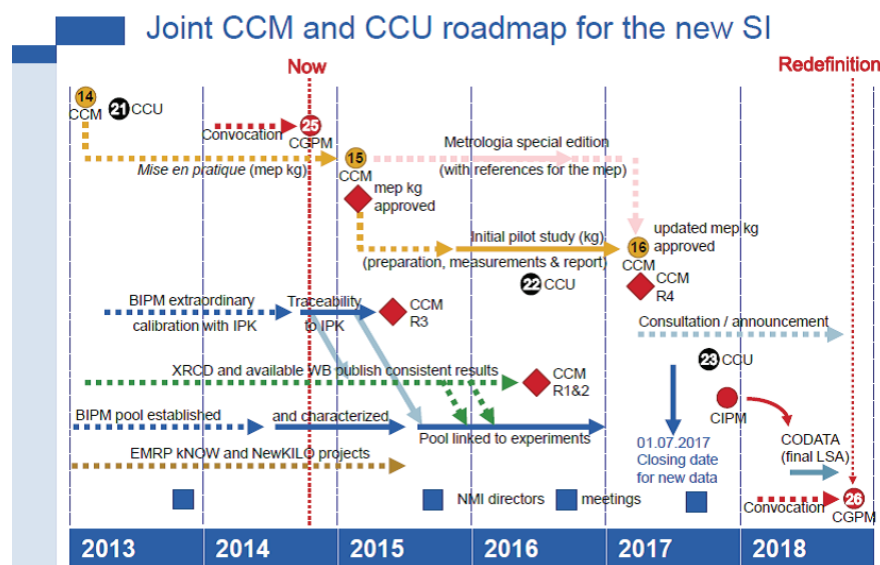
W międzyczasie, w NIST rozpoczęto prace nad kolejnym modelem wagi Watta, oznaczonym jako NIST-4. Ponadto, dla pełnego wykorzystania urządzenia NIST-3, zdecydowano powtórzyć pomiar na zasadniczo tej samej aparaturze przez zupełnie nowy zespół, niekontaktujący się z poprzednim, i wykonujący pomiar „ślepy”, czyli z użyciem wzorca kilograma typu Pt-Ir o nieujawnionej masie. Wynik, opublikowany ostatecznie w 2014 r. [17] (oznaczony jako NIST-3, 2014), różni się istotnie od wyniku NIST-3, 2007.

Równocześnie w Kanadzie rozpoczęto eksperyment z użyciem wagi Watta przeniesionej z brytyjskiego National Physical Laboratory. Udoskonalone przez zespół kanadyjski urządzenie dokonało przełomu: uzyskano rekordowo niską niepewność pomiaru  $18 \cdot 10^{-9}$  [18]. Wynik NRC-1, 2014 jest zgodny z rezultatami NIST-3, 2014 oraz IAC, 2011 zaś sama aparatura jest trzecią z kolei o deklarowanej niepewności poniżej  $50 \cdot 10^{-9}$ .

## Konkluzja

Wygląda na to, że wyniki IAC, 2011, NIST-3, 2014 oraz NRC-1, 2014 (rys. 1) spełniają wymagania Raportu CCM 2013 [19]. Rezultat NIST-3, 2007, uważany przedtem za rekordowo dokładny, wypada odrzucić, jako wartość odstającą. Spełnienie postawionych wymagań nastąpiło zaskakująco szybko – w przeciągu kilkunastu miesięcy. Przełom nastąpił nie dzięki skonstruowaniu nowej aparatury, lecz, nie licząc niewielkich ale istotnych modyfikacji, przez wykorzystanie aparatury istniejącej, ale oddanej w ręce nowych zespołów badawczych, co jest ewenementem w historii nauki.

Najnowsze wyniki pomiaru stałej Plancka miały wpływ na odbyte w listopadzie ubiegłego roku 25. posiedzenie Generalnej Konferencji Miar. Przyjęta przez to gremium Rezolucja 1 CGPM (2014) przewiduje przyjęcie redefinicji układu SI na kolejnym zgroma-



Rys. 2. Aktualna „mapa drogowa” redefinicji układu SI [20]

dzeniu CGPM w 2018 r. [20]. Opublikowano też, w formie graficznej, odpowiednią „mapę drogową” (rys. 2).

## Literatura

- [1] SI Brochure: *The International System of Units (SI)*, BIPM (2006), 8<sup>th</sup> edition.
- [2] Cooper L. S., *Istota i struktura fizyki*, PWN, Warszawa 1975.
- [3] Hilbert D., *Mathematical problems. Lecture delivered before the International Congress of Mathematicians at Paris in 1900* [w:] Bull. Amer. Math. Soc. 8 (1902), 437-479.
- [4] Tomlin K. A., *Natural systems of units. To the Centenary Anniversary of the Planck System*.
- [5] Zięba A., *O definicji i realizacji ampera w fizyce klasycznej* [w:] Foton 125 (lato 2014), 31-40.
- [6] Hartland A. i inni, *Direct comparison of the quantized Hall resistance in gallium arsenide and silicon* [w:] Phys. Rev. Lett. 66 (1991), 969-972.
- [7] Nawrocki W., *Wstęp do metrologii kwantowej*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2007.
- [8] Dudek E., Mosiądz M., Orzepowski M., *Wzorce wielkości elektrycznych oparte na zjawiskach kwantowych* [w:] Metrologia. Biuletyn Głównego Urzędu Miary 14, nr 3 (2009), 3-16.
- [9] Recommendation 1 (CI-2005): *Preparative steps towards new definitions of the kilogram, the ampere, the kelvin and the mole in terms of fundamental constants*.
- [10] Resolution 1 of the 24<sup>th</sup> CGPM (2011): *On the possible future revision of the International System of Units*.
- [11] Mills I. M., Mohr P. J., Quinn T. J., Taylor B. N., Williams E. R., *Redefinition of the kilogram: a decision whose time has come* [w:] Metrologia 42 (2005), 71-80.
- [12] Mills I. M., Mohr P. J., Quinn T. J., Taylor B. N., Williams E. R., *Redefinition of the kilogram, ampere, kelvin and mole: a proposed approach to implementing CIPM recommendation 1 (CI-2005)*. Metrologia 43 (2006), 227-246.
- [13] Zięba A., *O świecy zwanej kandelą* [w:] Foton 102 (2008), 34-38.
- [14] Ossowski R. L., *Przegląd aktualnej wiedzy na temat prowadzonych badań nad redefinicją jednostki masy (stan na koniec 2013 r.)*. Metrologia i Probiernictwo nr 1-2 (2014) 25-29.
- [15] Andreas B. i inni, *Counting the atoms in a <sup>28</sup>Si crystal for a new kilogram definition* [w:] Metrologia 48 (2011), S1-13.
- [16] Consultative Committee for Mass and Related Quantities (CCM): Report of the 14<sup>th</sup> meeting (21-22 February 2013) to the International Committee for Weights and Measures.
- [17] Schlamminger S., Haddad D., Seifert F., Chao L. S., Newell D. B., Liu R., Steiner R.L., and Pratt J. R., *Determination of the Planck constant using a watt balance with a superconducting magnet system at the National Institute of Standards and Technology*.
- [18] Sanchez C. A., Wood B. M., Green R. G., Liard J. O. and Inglis D., *A determination of Planck's constant using the NRC watt balance* [w:] Metrologia 51 (2014), S5-S14.
- [19] Robinson I. A., *Watt and joule balances* [w:] Metrologia 51 (2014), S1-S4.
- [20] Tekst Rezolucji 1. CGPM (2014) oraz SI road map dostępne są na portalu BIPM, zakładka *On the future revision of the SI*.

# Wykorzystanie komparatora próżniowego do przekazywania jednostki miary masy opartej na nowej definicji kilograma

## Dissemination of the SI mass unit from the National Prototype of Kilogram using the vacuum mass comparator after the mass unit redefinition

Rafał L. Ossowski (Zakład Mechaniki, GUM)

W artykule omówiono jedną z metod przekazywania jednostki miary masy z wykorzystaniem komparatora próżniowego, po przeprowadzeniu zaplanowanej na rok 2018 redefinicji kilograma. Zatwierdzenie realizacji pierwotnej w oparciu o projekt Avogadro i projekt wykorzystujący wagę wata (Watt balance), pociągnie za sobą konieczność dopracowania spójnych metod przekazywania jednostki miary masy od państwowych wzorców materialnych do wzorców klas niższych oraz do urządzeń, których zasada działania jest powiązana z wyznaczaniem masy – wag lub maszyn wykorzystujących wzorce masy lub obciążniki. Mając na uwadze wzrost niepewności powiązany z redefinicją, nowe metody powinny charakteryzować się większą dokładnością niż metody stosowane obecnie. Właściwym wydaje się być kierunek obrany przez wiodące NMI's w Europie, m.in. PTB oraz CMI, czyli wykonywanie pomiarów masy – przekazywania jednostki miary masy w próżni lub w atmosferze gazów innych niż powietrze.

This article discussed one of the method for the mass dissemination from the national mass standard using the high vacuum mass comparator after the redefinition of the mass unit which was scheduled for 2018. The mass unit redefinition based on the Avogadro project and the Watt balance project requires to develop a new coherent methods for mass dissemination from the national prototypes to the usable and commercial reference mass standards. The new methods should guarantee higher accuracy than the methods which are currently applying. The right direction seems to be the one chosen by the leading NMI's in Europe (like PTB & CMI) consisting in the mass unit dissemination in the vacuum and other gases than air conditions.

20

### Wprowadzenie

Wszystko wskazuje na to, że po trwających ponad 12 lat badaniach nad redefinicją jednostki miary masy, której wzorcem jest Międzynarodowy Prototyp Kilogramu IPK (*International Prototype of the Kilogram*) – w 2018 r. zostanie zatwierdzona nowa definicja jednego kilograma, opierająca się na fundamentalnych stałych fizycznych – stałej Plancka oraz pośrednio stałej Avogadra (rys. 1). W działaniach naukowych prowadzonych w światowych ośrodkach metrologicznych (NIST, PTB, NPL, BIPM, NRC, METAS), a poprzedzonych ustaleniami 23. Generalnej Konferencji Miar CGPM (*General Conference on Weight and Measures*) z 2007 r. i bezpośrednio powiązanych z nie-

pokojącymi wynikami porównań kluczowych zakończonych na początku lat 90. [1], odnotowano znaczący postęp. Pod koniec 2014 r. w PTB pracującym nad projektem Avogadro, ogłoszono spełnienie jednego z warunków rekomendowanych podczas 12. posiedzenia CCM w 2010 r. – w założeniach istotne było, aby wartości stałej Plancka i stałej Avogadra, otrzymane w eksperymentach IAC (*The International Avogadro Coordination*) oraz wykorzystujące wagę wata, osiągnęły zgodność na poziomie ufności 95 % [2].

Tym samym otworzono furtkę do sprawdzenia ostatniego z założeń – potwierdzenia zgodności metrologicznej prototypów powstałych w oparciu o realizację pierwotną z IPK. Optymistyczne wyniki z IAC



Rys. 1. IPK – platynowo-irydowy wzorzec 1 kg, wraz z sześcioma kopiami przechowywany w BIPM  
źródło: fot. arch. BIPM

stworzyły nowe pole do dalszych badań metrologicznych w obszarze wypracowania spójnych metod dalszego przekazywania jednostki miary masy od wzorców państwowych, wymuszonych „wzrostem” niepewności wzorców materialnych po redefinicji. Z założenia przyjęto, że masy prototypów wyznaczone przed redefinicją nie ulegną zmianie, jednakże zmieni się ich niepewność względna – wzrośnie ona o wartość niepewności wyznaczonej eksperymentalnie stałej Plancka (na podstawie umowy stałej Plancka  $h$ , jako stałej odniesienia przypisana zostanie niepewność równa zero), która po redefinicji zostanie przy-

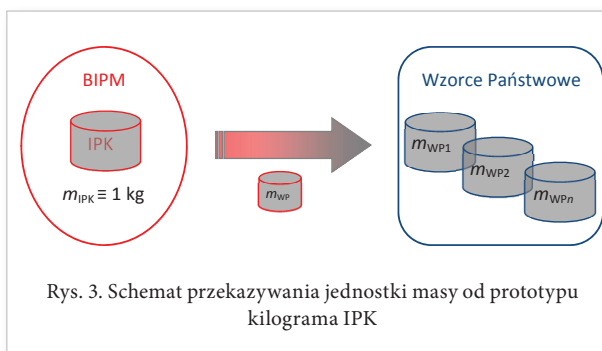
pisana do IPK (rys. 2). W konsekwencji niepewność pochodząca od stałej fizycznej zostanie pośrednio przeniesiona na IPK, oficjalne kopie oraz wzorce niższego rzędu.

## Realizacja pierwotna i jej konsekwencje

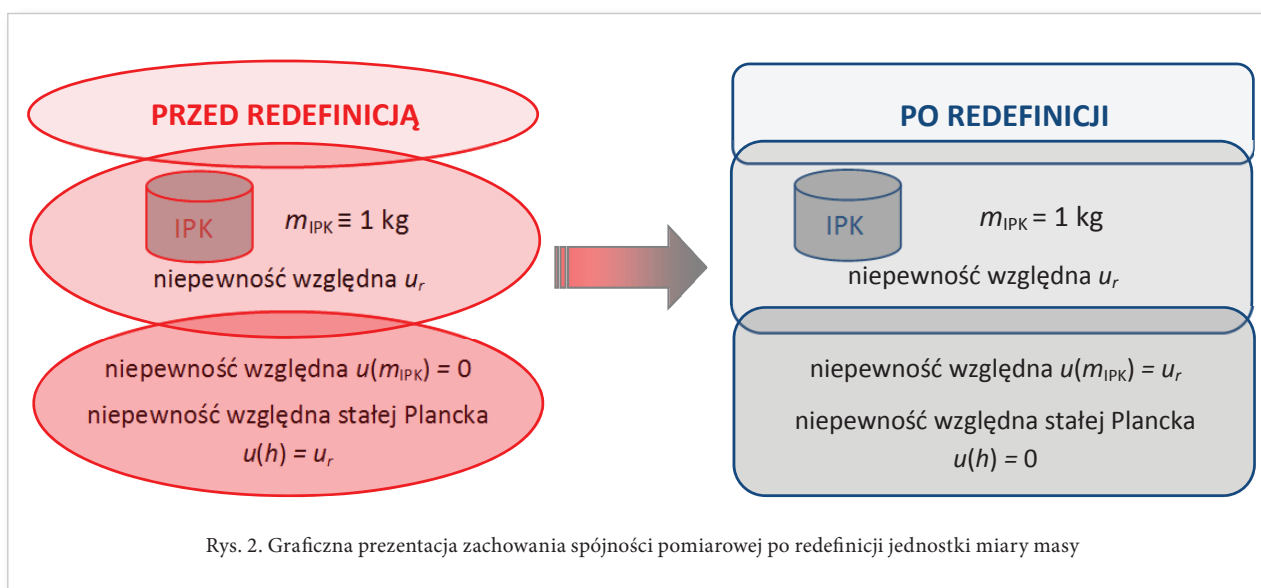
### Przekazywanie jednostki masy w wymiarze międzynarodowym

Obecnie przekazywanie jednostki miary masy – 1 kilograma – odbywa się przez odniesienie irydowo-platynowych prototypów krajowych – wzorców państwowych – do wzorca IPK zwanego *Le Grand K* (rys. 3), a stabilność kopii – wzorców państwowych – sprawdzana jest podczas zarządzanych przez BIPM z częstotliwością średnio raz na trzydzieści lat porównań – tzw. wzorcowań oficjalnych kopii IPK.

Opracowane na podstawie analizy obszernej bazy danych pomiarowych z przeprowadzonych w latach 1889–2009 wzorcowań modele matematyczne, które opisują zmiany masy (np. akumulacji zanie-



Rys. 3. Schemat przekazywania jednostki masy od prototypu kilograma IPK



Rys. 2. Graficzna prezentacja zachowania spójności pomiarowej po redefinicji jednostki miary masy

czyszczeń, na skutek czyszczenia, zjawisk powierzchniowych czy zmian stochastycznych), pozwalają na ekstrapolację wartości mas prototypów BIPM z niepewnością 0,008 mg. Analogicznie, w Laboratorium Masy Głównego Urzędu Miar, na podstawie wyników porównań otrzymanych z BIPM, podczas których określono także dryft masy dla kopii nr 51, wyznaczono zależność:

$$m = m_0 + (\Delta m_0 + k \cdot \delta m_D) \quad (1)$$

gdzie:

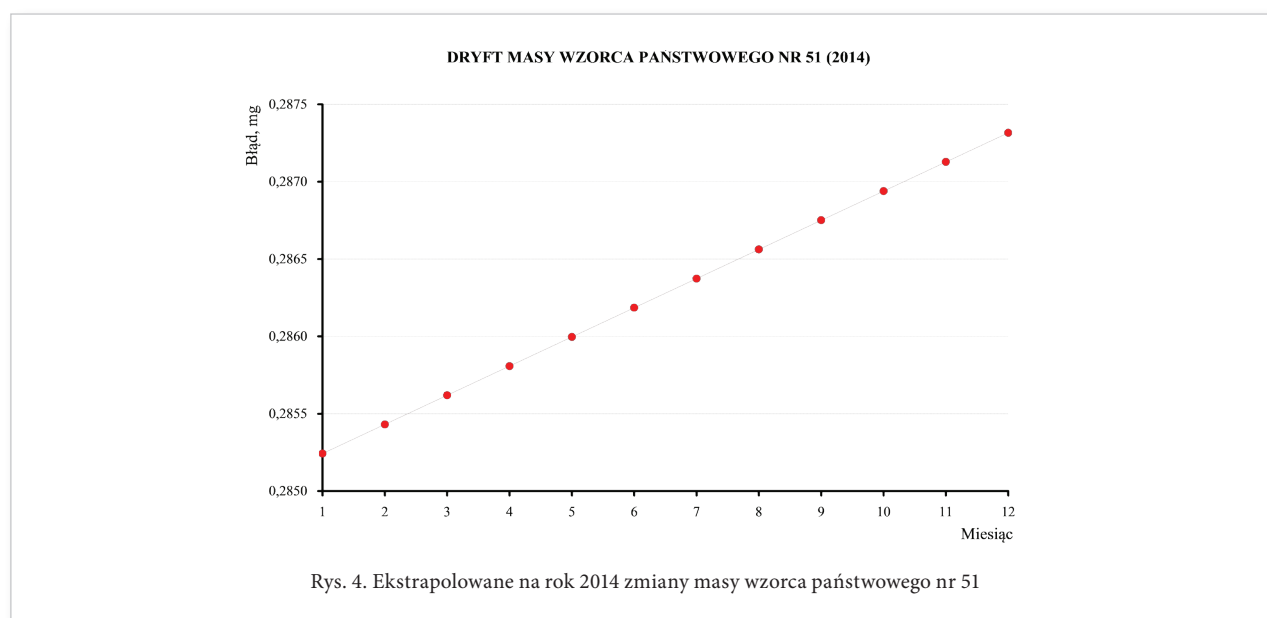
- $m_0, \Delta m_0$  – masa wyrażona w kg i błąd masy wyrażony w mg, pochodzące ze świadectwa wzorcowania wystawionego przez BIPM w dniu 15 kwietnia 1952 r.,
- $k$  – bezwymiarowy współczynnik określający liczbę miesięcy, które minęły od wystawienia świadectwa wzorcowania do dnia wykonywania ekstrapolacji,
- $\delta m_D$  – wyznaczony doświadczalnie przez BIPM dryft masy, który wynosi 0,1886  $\mu\text{g}/\text{miesiąc}$ .

Na podstawie powyższej zależności, bez konieczności bezpośredniego używania prototypu kilograma, można (z zadowalającą wg BIPM dokładnością) wyznaczyć masę wzorca państwowego w pożądanym okresie, co dla roku 2014 zostało zaprezentowane na rys. 4. Mając na uwadze częstotliwość wzorcowań prototypów, brak możliwości walidacji wyników na bieżąco, a w związku z tym również niemożność wy-

znaczenia błędu ekstrapolacji, nie należy traktować zaprezentowanej metody jako naukowej.

#### Nowa definicja kilograma – realizacja pierwotna

Aktualnie wiadomo, że realizacja pierwotna odbędzie się w oparciu o dwie równoległe rozwijane metody, w których osiągnięto wyniki z dokładnością na założonym podczas CGPM poziomie [3]. Pierwsza z metod, w oparciu o którą ma być stworzona nowa definicja kilograma, opiera się na wyznaczeniu stałej fizycznej  $h$  (stałej Plancka) z zastosowaniem wagi wata [4]. Istotą doświadczenia jest zrównoważenie mocy w ujęciu mechanicznym (w polu grawitacyjnym) i mocą w ujęciu elektrycznym (w polu magnetycznym). Pierwowzór urządzenia stosowanego w eksperymencie został skonstruowany w NPL (*National Physical Laboratory*) przez B. P. Kibble’a w 1975 r. Obecnie, unowocześniona waga wata Mark II, rozbudowana o sterowanie komputerowe (NPL), waga znajdująca się w NIST (*National Institute of Standards and Technology*) oraz waga w BIPM, zaprojektowana w oparciu o tę samą zasadę działania i wciąż modernizowana – to przykłady urządzeń aktualnie wykorzystywanych w eksperymencie. Ich konstrukcje są stale optymalizowane w celu osiągnięcia zbliżonej do zakładanej względnej niepewności pomiarowej oraz określenia i wyeliminowania jak największej liczby czynników zewnętrznych, mających wpływ na rozbieżności w otrzymywanych dotychczas wynikach [4]. W każdym z ww. urządzeń określenie nieznaney masy  $m_x$  artefaktu jest przeprowadzane w dwóch try-



Rys. 4. Ekstrapolowane na rok 2014 zmiany masy wzorca państwowego nr 51

bach pracy: w trybie ważenia statycznego (wykorzystanie wzorca  $m_i$ ) oraz w trybie ważenia kinetycznego. Z porównania otrzymanych wyników wyznaczana jest wartość stałej Plancka  $h$ . Druga metoda polega na wyznaczeniu stałej Avogadra i bazuje na założeniu, że masa czystej krystalicznie substancji jest bezpośrednio powiązana z zawartością molekuł. Ze względu na relatywnie duże rozmiary, dużą czystość chemiczną oraz jednorodność sieci krystalicznej, w eksperymencie wykorzystano kryształ izotopu krzemu  $^{28}\text{Si}$ , który ze względów praktycznych został uformowany w kulę [5].

Po redefinicji jednostki miary masy, zgodnie z ustaleniami CCM z 2010 r., zaproponowano nową definicję kilograma [6]:

**Kilogram (kg), jednostka masy układu SI, której wielkość jest ustalana na podstawie wartości liczbowej stałej Plancka równej dokładnie  $h = 6.626\ 06 \times 10^{-34}$ , wyrażonej w podstawowych jednostkach masy, długości i czasu:  $\text{kg m}^2 \text{s}^{-1}$ , które odpowiadają J s.**

Wartość X zostanie zaaprobowana i opublikowana przez CODATA [7], po oficjalnym zaprezentowaniu ostatecznych wyników z eksperymentów wiodących. NMI's umownie podzielą się na dwie zasadnicze grupy. Pierwszą z nich będą stanowiły NMI's, które mają lub w niedalekiej przyszłości będą miały możliwość wykonania realizacji pierwotnej w oparciu o jeden z projektów wiodących (do tej grupy pretenduje m.in. konstruujący obecnie wagę wata TUBITAK w Turcji). Drugą grupę stanowić będą instytucje metrologiczne, które posiadają wzorzec platynowo-irydowy (kopię IPK) lub zakupią wzorzec materialny w postaci kuli krzemowej  $^{28}\text{Si}$ . Do tej grupy będzie zaliczony Główny Urząd Miar.

### Przekazywanie jednostki masy w wymiarze krajowym

Główny Urząd Miar od 1952 r. posiada prototyp kilograma nr 51 – oficjalną kopię IPK, ze świadectwem wzorcowania wystawionym przez BIPM. Etalon, który w 2003 r. został ustanowiony decyzją nr UW 5/2003 Prezesa Głównego Urzędu Miar, wzorcem państwowym i wraz z automatycznym komparatorem AT 1006 o działce  $1\ \mu\text{g}$ , wyposażonym w stację klimatyczną (rys. 5) tworzy Państwowe Stanowisko do Przekazywania Jednostki Miary Masy z niepewnością pomiarową  $0,02\ \text{mg}$ .



Rys. 5. Państwowe stanowisko do przekazywania jednostki miary masy w GUM

fol. arch. GUM

Komparator, wraz z oprzyrządowaniem, znajduje się w pomieszczeniu położonym częściowo poniżej poziomu gruntu, co w połączeniu z zainstalowaną szłą klimatyczną gwarantuje zadawalającą stabilność termiczną. Separację od wibracji przenoszonych przez grunt planowano uzyskać poprzez specjalnie zaprojektowaną podstawę fundamentową, głęboką na ok.  $1,5\ \text{m}$  z dylatacją. Jak pokazało wieloletnie doświadczenie, ze względu na lokalizację GUM, podjęte w tym kierunku działania okazały się niewystarczające. Niezwykle wysoka czułość urządzenia AT 1006 oraz niesprzyjające warunki terenu przyległego (sąsiedztwo linii metra, torów tramwajowych, a także stacji transformatorowej) sprawiają, że pożądaną dokładność można osiągnąć jedynie wykonując pomiary w godzinach nocnych. Ponadto komparator pracuje wyłącznie w trybie powietrze – powietrze, czyli w budżecie niepewności należy uwzględnić poprawkę na wypór powietrza [8]:

$$u(\xi) = \sqrt{\left[ m \frac{\rho_K - \rho_B}{\rho_K \rho_B} u(\rho_p) \right]^2 + [m(\rho_p - \rho_0)]^2 \left[ \frac{u^2(\rho_K)}{\rho_K^4} + \frac{u^2(\rho_B)}{\rho_B^4} \right]} \quad (2)$$

w której:

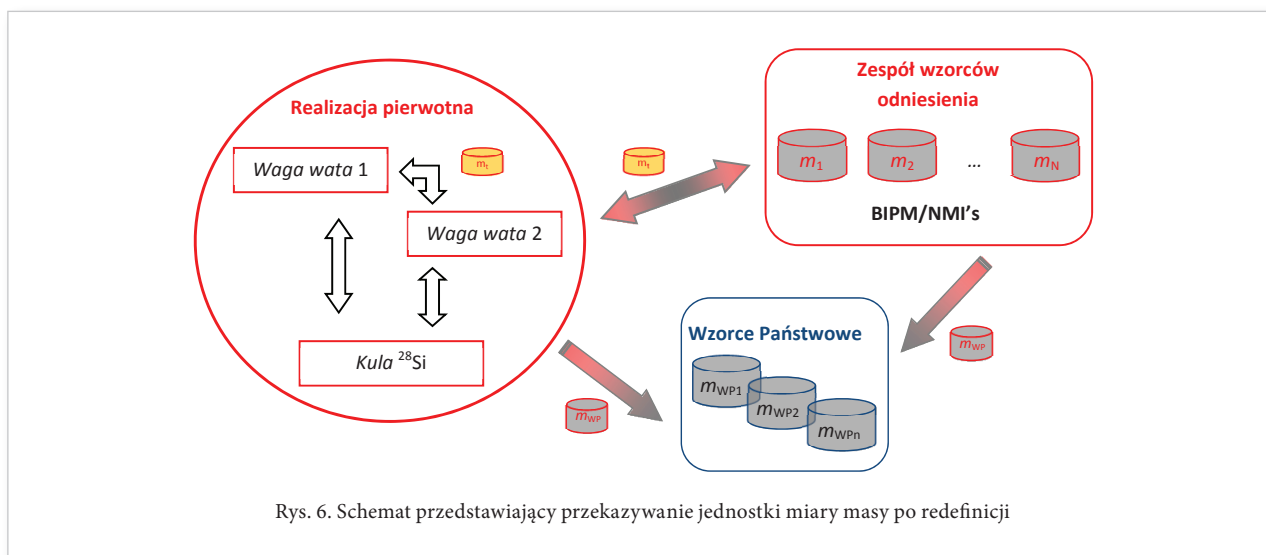
$m$  – masa wzorca,

$\rho_K, \rho_B, \rho_p$  – gęstość odpowiednio wzorca kontrolnego, badanego i powietrza,

$\rho_0$  – gęstość powietrza, jako wartość odniesienia  $1,2\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$  (w warunkach normalnych  $t = 20\ ^\circ\text{C}$ ,  $p = 1013\ \text{hPa}$ ,  $RH = 50\ \%$ ),

$u(\rho_p), u(\rho_K), u(\rho_B)$  – niepewności od odpowiednio gęstości powietrza, wzorca kontrolnego i wzorca badanego,

$u(\xi)$  – niepewność związana z poprawką na wypór powietrza.



Wielkość opisana zależnością (2) jest wrażliwa na zmiany warunków klimatycznych w komorze pomiarowej, w szczególności na zmianę gęstości powietrza  $\rho_p = f(t, RH, p)$ , która jest funkcją temperatury  $t$ , wilgotności  $RH$  oraz ciśnienia  $p$ . O ile stabilizacja dwóch z trzech wymienionych parametrów (temperatury i wilgotności) jest możliwa przy użyciu urządzeń wspomagających, o tyle panujące w trakcie pomiarów ciśnienie jest poza kontrolą eksperymentatora. Znaczenie ma również gęstość materiału, z którego wykonany jest wzorzec. Z analizy wyników wzorcowań wzorców klasy  $E_1$  przeprowadzanych przez Laboratorium Masy wynika, że różnica pomiędzy gęstością  $\rho_B$  wzorca badanego przy wyznaczaniu masy rzeczywistej a gęstością uwzględnianą do wyznaczania masy umownej ( $\rho = 8000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) na poziomie 2 % generuje nawet pięciokrotny wzrost błędu bezwzględnego pomiaru. Ponadto, ze względu na ograniczone wymiary komory ważenia, kształt i system mocowania szalki, komparator AT1006 dostosowany jest do prototypów lub wzorców masy w kształcie walca. Tak więc w przyszłości nie ma możliwości wykorzystania w AT 1006 jako wzorca odniesienia, używanej w projekcie realizacji pierwotnej, kuli krzemowej.

### Batalia o mniejszą niepewność przy przekazywaniu jednostki masy

Wiadomo, że realizacja pierwotna spowoduje wzrost niepewności wykorzystywanych aktualnie wzorców (prototypów platynowo-irydowych) – poprzez przypisanie do IPK niepewności wynikającej z wyznaczenia stałej Plancka, co znajdzie bezpośrednie przełożenie na pozostałe wzorce materialne (ERMS – *Ensemble*

*of Reference Mass Standards*, EoR – *Ensemble of Reference*, PoA – *Pool of Artefacts i wzorce państwowe*)<sup>1</sup> oraz wzorce użytkowe niższych klas (rys. 6). Konieczne jest więc poprawienie dokładności urządzeń służących do przekazywania jednostki miary masy oraz stworzenie innych, korzystniejszych warunków dla przebiegu samego procesu. Oprócz eksperymentów towarzyszących realizacji pierwotnej, związanych z zastosowaniem innych stopów, jako materiałów użytych do wykonania wzorców masy wchodzących w skład zespołu wzorców odniesienia ERMS [6], równoległe prowadzone były badania nad zachowaniem obecnie używanych wzorców oraz nowych wzorców eksperymentalnych w środowisku innym niż powietrze – głównie w próżni oraz atmosferze gazu obojętnego. Badania miały na celu zmniejszenie wpływu zjawisk powierzchniowych (które regularnie obserwowano w powietrzu), oraz długofalowego uniknięcia konieczności czyszczenia wzorców. Zgodnie ze znanymi nowymi procedurami [9, 10], każdorazowe czyszczenie wzorców powoduje bezpowrotną utratę historii wzorca.

### Wykorzystanie komparatora próżniowego przy przekazywaniu jednostki miary masy

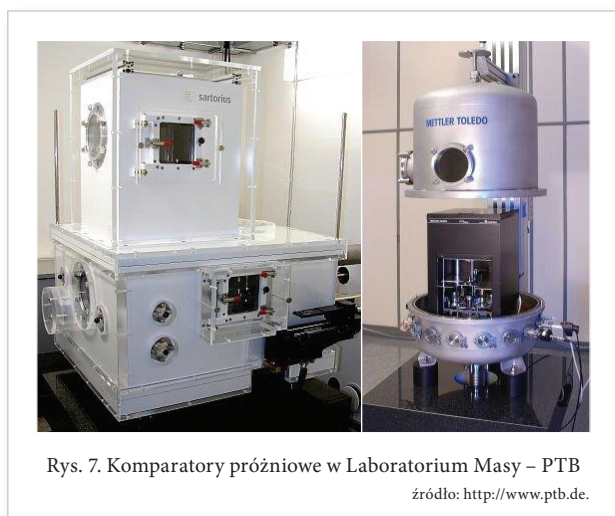
Utrzymanie przez Główny Urząd Miar zdolności pomiarowej w dziedzinie masy na obecnym poziomie po redefinicji, będzie wymagało zastosowania dokładniejszych urządzeń oraz efektywniejszych procedur pomiarowych. Proponowanym przez Laboratorium

<sup>1</sup> Nazwa zespołu wzorców odniesienia podlegała dynamicznym zmianom, aktualnie używane jest określenie Ensemble of Reference Mass Standards – ERMS.



Masy GUM rozwiązaniem jest wykorzystanie, przy przekazywaniu jednostki miary masy od wzorca państwowego, komparatora przystosowanego do pracy w próżni lub atmosferze gazów innych niż powietrze. Przykładami są komparatory próżniowe z powodzeniem wykorzystywane od 2005 r. w PTB oraz od 2006 r. w BIPM (rys. 7).

Prototypowe urządzenie (rys. 7 po lewej), z działaniem którego mieli okazję zapoznać się pracownicy GUM, posiada działkę elementarną  $0,1 \mu\text{g}$  (rzędu wielkości dokładniejszej od aktualnie używanego w GUM). Wyposażone jest w ruchomy, okrągły stolik pomiarowy wewnątrz komory ważenia – tzw. handler – na osiem stanowisk pomiarowych (ilość ta została zoptymalizowana w sposób doświadczalny). Handler dostosowany jest do wzorców masy wykonanych w postaci walców oraz kul (IAC), dzięki opracowanemu



Rys. 7. Komparatory próżniowe w Laboratorium Masy – PTB  
źródło: <http://www.ptb.de>.

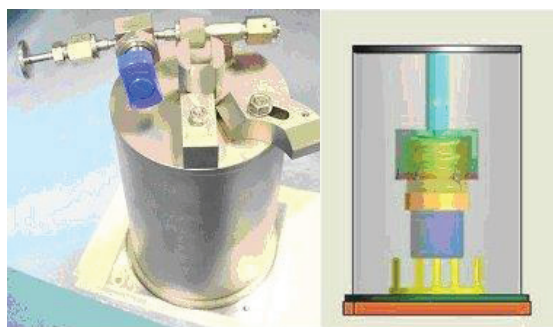
przez producenta dedykowanemu trzypunktowemu, stabilnemu systemowi podparcia (rys. 8). Zastosowanie wysokiej próżni ( $10^{-6}$  mbar) w komorze ważenia, wytwarzanej przez zespół pomp próżniowych: pompę próżni wstępnej oraz pompę turbomolekularną, umożliwiło uzyskanie powtarzalności poniżej  $0,1 \mu\text{g}$ . Zapewnienie tak wysokich parametrów użytkowych wiąże się bezpośrednio z restrykcjami nałożonymi przez producenta, dotyczącymi przygotowania wyposażenia oraz późniejszego użytkowania pomieszczenia, w którym komparator będzie instalowany. Priorytetami są właściwe wykonanie (odpowiednie wymiary, materiał przebadany na niemagnetyczność i separacja od drgań podłoża) betonowego fundamentu oraz stabilizacja warunków klimatycznych w po-



Rys. 8. Komora ważenia wraz z okrągłym stolikiem pomiarowym – tzw. handler – w komparatorze CCL1007  
źródło: <http://www.ptb.de>.

mieszczeniu – zalecane jest, aby komparator znajdował się w osobnym pomieszczeniu, odseparowany od aparatury wspomagającej (klimatyzatory), sterującej (serwomechanizmy do obsługi urządzenia), rejestrującej (komputer) i wytwarzającej próżnię.

Ponadto, na potrzeby nowego urządzenia opracowano próżniowy system transportowy VTS (*The Vacuum Transfer System*), który daje możliwość bezpośredniego umieszczania w komparatorze wzorców przechowywanych w transporterach próżniowych (rys. 9). Wspomniany sposób przechowywania zapowiada się obiecująco (widoczna poprawa stabilności wzorców, brak konieczności czyszczenia i bezpośredniego kontaktu ze wzorcem w trakcie wykonywania wzorcowania) i jest przedmiotem obecnie prowadzonych badań w PTB.



Rys. 9. Transporter próżniowy VTC (The Vacuum Transport Container). Ułożenie wzorca masy w transporterze (po prawej)  
źródło: Prezentacja PTB dla GUM – grudzień 2014

## Podsumowanie

Według najnowszych zapowiedzi, przekładany przez ostatnie lata, termin przyjęcia redefinicji jednostki miary masy został ustalony na rok 2018 [11]. Przemawiają za tym zadowalające wyniki z projektów wiodących oraz podejmowane aktualnie działania, mające na celu realizację ostatniego etapu, czyli potwierdzenia zgodności wzorców otrzymanych na drodze realizacji pierwotnej i ich odniesienia do wzorców materialnych (*mise en pratique*) [12]. Wstępnie zaakceptowano udział ośmiu NMI – sześciu posiadających wagę wata (LNE – Francja, METAS – Szwajcaria, MSL – Nowa Zelandia, NIM – Chiny, NIST – USA oraz NRC – Kanada) i dwóch instytutów metrologicznych, posiadających możliwość prowadzenia badań nad kulą krzemową  $^{28}\text{Si}$  (PTB – Niemcy, NMIJ – Japonia), które w czerwcu 2015 r. formalnie podpisały protokół przystąpienia do porównań pilotażowych. Koordynacją działań zajmie się BIPM. Porównania zostały rozplanowane od czerwca tego roku do października 2016 r. Mając na uwadze tak rozległy okres badań, konieczne będzie podjęcie przez uczestników porównań dodatkowych działań w celu zapewnienia długofalowej stabilności wzorców. Końcowy raport z porównań powinien być gotowy w czerwcu 2017 r. Porównania pilotażowe mają być prowadzone zarówno w próżni jak i w powietrzu, w celu określenia wpływu zmiany warunków środowiskowych (w szczególności możliwie precyzyjnego wyznaczenia poprawki powiązanej z wyporem w powietrzu) na późniejsze przekazywanie jednostki miary masy. Po zakończeniu porównań pilotażowych i formalnej redefinicji zarządzane zostaną przez BIPM porównania kluczowe, do których zaproszony zostanie również GUM. W związku z powyższym konieczne jest, aby w tym okresie Główny Urząd Miar dysponował zdolnością pomiarową dla masy zarówno w powietrzu jak i w próżni. Tym samym do 2017 r. nieodzowny staje się zakup dla GUM nowego urządzenia, które posiadać będzie takie możliwości pomiarowe, a jednocześnie pozwoli na ograniczenie wpływu wzrostu niepewności – komparatora próżniowego.

## Literatura

- [1] Davis R., *The SI unit of mass*. [w:] *Metrologia* 40 (2003) 299-305.
- [2] Consultative Committee for Mass and Related Quantities (CCM): Report of the 12th meeting (26 March 2010) to the International Committee for Weights and Measures. Bureau International des Poids et Mesures, Sevres.
- [3] Resolutions adopted by the General Conference on Weights and Measures (24th meeting), Paris, 17-21 October 2011.
- [4] Stock M., *Watt balance experiments for the determination of the Planck constant and the redefinition of the kilogram*. [w:] *Metrologia* 50 (2013) R1.
- [5] B. Andreas et al., *Determination of the Avogadro Constant by Counting the Atoms in a  $\text{Si}^{28}$  Crystal*. [w:] *Phys. Rev. Lett.* 106, 03080, 2011.
- [6] Ossowski R. L., *Przegląd aktualnej wiedzy na temat prowadzonych badań nad redefinicją jednostki masy – stan na koniec roku 2013*. [w:] *Metrologia i Probiernictwo* 1-2 (2014) 25-29.
- [7] Mohr P. J., Taylor B. N., Newell D. B., CODATA Recommended Values of the Fundamental Physical Constants: 2010. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland 20899-8420, USA.
- [8] OIML R 111-1/2 Edition 2004 (E).
- [9] Marti K., Fuchs P., Russi S., *Cleaning of mass standards: II. A comparison of new techniques applied to actual and potential new materials for mass standards*, [w:] 2013 *Metrologia* 50 (2013) 83.
- [10] Marti K., Fuchs P., Russi S., *Cleaning of mass standards: a comparison of new and old techniques*, *Metrologia* 49 (2012) 628.
- [11] RICHARD P., CCM conclusions, 15th CCM meeting (February 2015).
- [12] Consultative Committee for Mass and Related Quantities (CCM) Working Group on the Realization of the Kilogram (WGR-kg), *Mise en pratique*, v. 8.7 (2013).

# Dwudziestolecie Przewodnika wyrażania niepewności pomiaru

## Twentieth anniversary of the Guide to Uncertainty in Measurement

**Paweł Fotowicz** (GUM)

The Guide to Uncertainty in Measurement presents the rules of evaluation and expression measurement uncertainty applicable to a broad spectrum of metrology fields. The method of the Guide for evaluating and expressing the uncertainty of measurement result is universal, consistent and transferable. The method is applicable to all kinds of measurements and to all types of input data used in measurements. The Guide presents practicable procedure of measurement uncertainty evaluation, including mathematical model of measurand, law of uncertainty propagation, input quantities, uncertainty budget, calculation of expanded uncertainty, and recording of measurement result.

Przewodnik przedstawia podstawowe zasady wyznaczania niepewności pomiaru mogące mieć zastosowanie we wszystkich dziedzinach pomiarowych. Metoda zalecana przez Przewodnik ma charakter uniwersalny, spójny i przechodni, umożliwiając wykorzystanie jej przy opracowywaniu wyników pomiarów wykonywanych w nauce, technice, handlu i przemyśle. Dokument rekomenduje praktyczną procedurę postępowania obejmującą model pomiaru, prawo propagacji niepewności, opis wielkości wejściowych, tworzenie budżetu niepewności, obliczenie niepewności rozszerzonej i wyrażanie wyniku pomiaru.

W tym roku mija już dwadzieścia lat od drugiego i poprawionego wydania podstawowego dokumentu w dziedzinie opracowania danych pomiarowych, firmowanego przez Międzynarodowe Biuro Miar (BIPM), a mianowicie Przewodnika GUM (akronim od Guide to Uncertainty in Measurement), dotyczącego wyrażania niepewności pomiaru. Przewodnik stał się fundamentalnym standardem w dziedzinie opracowania danych pomiarowych we wszystkich obszarach zastosowań metrologii. Dokument wychodzi poza tradycyjne podejście w tej dziedzinie, polegające jedynie na analizie statystycznej tylko danych pochodzących z samego pomiaru przy opracowaniu jego wyniku, ponieważ zaleca uwzględnianie, obok informacji płynącej bezpośrednio z pomiaru, również informacji o pomiarze, ale pochodzących z innych źródeł. Takie podejście pozwala, przy opracowywaniu wyniku pomiaru, brać pod uwagę, obok wpływu oddziaływań przypadkowych na pomiar, również wpływu oddziaływań systematycznych, wymykające się tradycyjnej analizie statystycznej. Przedstawia jednolity sposób traktowania tych oddziaływań w postaci tzw. prawa propagacji niepewności. Jest to jedno z fundamentalnych rozwiązań w dziedzinie teorii niepewności pomiaru.

### Krótką historią powstania Przewodnika

Historia Przewodnika rozpoczyna się od listu, jaki w 1977 r. ówczesny Dyrektor NBS (National Bureau of Standards) przesłał na ręce Dyrektora BIPM, podkreślając w nim potrzebę jednolitego sposobu wyrażania niepewności pomiaru, sugerując jednocześnie powołanie przez Międzynarodowy Komitet Miar (CIPM) grupy roboczej, która mogłaby zająć się opracowaniem odpowiednich zasad postępowania.

CIPM, wiedząc, że brakuje zgodności poglądów co do jednolitego sposobu wyrażania niepewności pomiaru, zobowiązał BIPM, aby w porozumieniu z krajowymi instytucjami metrologicznymi zajął się tym problemem i opracował odpowiednie zalecenia. BIPM przygotował w tej sprawie odpowiedni szczegółowy kwestionariusz, który rozesłało do krajowych i międzynarodowych instytucji metrologicznych. Większość z nich odpowiedziała pozytywnie na przedłożoną inicjatywę. Na podstawie przesłanych odpowiedzi można było dojść do wniosku, że istnieje silna potrzeba opracowania jednolitej procedury postępowania w dziedzinie opracowania danych pomiarowych. Jednakże nie było zgodności co do metody, jaką należy zastosować. Dlatego BIPM zorgani-

zował spotkanie mające na celu opracowanie jednolitej procedury określania niepewności pomiaru. W spotkaniu uczestniczyli eksperci z Krajowych Instytucji Metrologicznych (NMI's), powołując Grupę Roboczą ds. Określania Niepewności (Working Group on the Statement of Uncertainties), która sformułowała w 1980 r. Zalecenie INC-1 pt. *Wyrażanie niepewności eksperymentalnych*. Zalecenia te stały się podstawą opracowania Przewodnika. Pracę nad nim powierzono specjalnie utworzonej grupie roboczej TAG 4 (Technical Advisory Group on Metrology), w skład której wchodziłi, oprócz BIPM, przedstawiciele sześciu międzynarodowych organizacji metrologicznych. Instytucje te to: Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna (ISO), Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna (IEC), Międzynarodowa Federacja Chemii Klinicznej (IFCC), Międzynarodowa Unia Chemii Czystej i Stosowanej (IUPAC), Międzynarodowa Unia Fizyki Teoretycznej i Stosowanej (IUPAP) i Międzynarodowa Organizacja Metrologii Prawnej (OIML). Efektem pracy tej grupy było pierwsze wydanie Przewodnika w 1993 r. i jego ponowienie w 1995 r. Skorygowane wydanie z 1995 r. stało się podstawą do opracowania wersji elektronicznej, opublikowanej na stronie internetowej BIPM w 2008 r.



Okładka wersji elektronicznej Przewodnika dostępnej na stronie internetowej BIPM

## Zalecenia dotyczące wyrażania niepewności eksperymentalnych

Grupa Robocza ds. Określania Niepewności sformułowała pięć założeń, uznając, że niepewność wyniku pomiaru utworzona jest z szeregu składowych, które można podzielić na dwie kategorie, w zależności od przyjętej metody obliczeniowej. Założenia te sprowadzają się do następujących stwierdzeń:

1. Obliczanie niepewności składowych może być wykonywane metodą typu A i B;
2. Metoda typu A polega na analizie statystycznej serii obserwacji;
3. Metoda typu B polega na analizie innej niż statystyczna;
4. Niepewność złożona otrzymywana jest metodą składania wariancji;
5. Niepewność całkowita jest powiększona w stosunku do niepewności złożonej.

Podział składowych na niepewności obliczane metodą typu A i B sankcjonuje tradycyjny, stosowany w metrologii, podział na niepewności przypadkowe i systematyczne, lecz ich tak nie nazywa, ponieważ może być to mylące. Pierwsze z tych składowych obliczane są tradycyjną metodą statystyczną wyrastającą z analizy wariancji eksperymentalnej, której podstawy na początku XX w. sformułował Ronald Fisher. Drugie to składowe wyznaczane na podstawie wiedzy o pomiarze, których analiza statystyczna nie obejmuje. Tu stosowane jest podejście probabilistyczne, polegające na przypisaniu określonego rozkładu prawdopodobieństwa i wyznaczaniu niepewności w postaci parametru takiego rozkładu, którym jest odchylenie standardowe. W obu przypadkach można łączyć niepewności standardowe metodą składania wariancji, a powstała w ten sposób niepewność złożoną i stosownie powiększoną o określony współczynnik należy związać z wynikiem pomiaru. Zalecenia powyższe stały się podstawą sformułowania zasad wyznaczania niepewności wyrażoną na kartach Przewodnika.

## Zasady Przewodnika

Podstawową zasadą postępowania wyrażonego w Przewodniku jest modelowanie pomiaru. Model pomiaru bowiem jednoznacznie określa wielkość, która ma być zmierzona. Wielkość ta nazywana jest menzurandem. Menzurand, traktowany jako wiel-

kość wyjściowa, opisywany jest w postaci liniowej funkcji pomiaru. Argumentami tej funkcji są wielkości wejściowe, stanowiące poszczególne składowe niepewności pomiaru. Z każdą z takich składowych należy związać niepewność standardową. Niepewność standardowa wyrażana jest w postaci odchylenia standardowego. W przypadku metody typu A jest to zawsze odchylenie standardowe eksperymentalne średniej, obliczane na podstawie próby losowej. W przypadku metody typu B jest to odchylenie standardowe rozkładu przypisywanego wielkości wejściowej na podstawie dostępnej informacji. Otrzymane w ten sposób niepewności standardowe sumuje się przy użyciu formuły nazywanej prawem propagacji niepewności, wyznaczając w ten sposób złożoną niepewność standardową. Zastosowana formuła powstała na bazie rozwinięcia funkcji pomiaru w szereg Taylora o wyrazach pierwszego rzędu zawierających pochodne cząstkowe, nazywane współczynnikami wrażliwości. W obliczeniach uwzględnić można również niezbędne korelacje pomiędzy poszczególnymi parami wielkości wejściowych. Jednakże w podstawowym podejściu, na ogół, przyjmuje się założenie o braku korelacji pomiędzy wielkościami wejściowymi.

Podstawą podawania wyniku pomiaru jest określanie odpowiedniego przedziału jego zmienności nazywanego przedziałem rozszerzenia. Przedział ten wyznacza odpowiednio powiększona złożona niepewność standardowa, przy użyciu współczynnika rozszerzenia, nazywana niepewnością rozszerzoną. Ona jest właściwą i zalecaną miarą niepewności związaną z wynikiem pomiaru. Współczynnik rozszerzenia natomiast określany jest na podstawie rozkładu prawdopodobieństwa związanego z menzurandem i przyjętej umownie wartości prawdopodobieństwa rozszerzenia, na ogół 95 %.

## Znaczenie Przewodnika

Przewodnik ustala ogólne zasady obliczania i wyrażania niepewności pomiaru, które mogą znaleźć zastosowanie przy opracowywaniu wyników pomiarów o dowolnej dokładności i we wszystkich dziedzinach, od pomiarów handlowych do pomiarów naukowych w badaniach podstawowych. Jest pierwszym tego rodzaju dziełem, stworzonym przez międzynarodową wspólnotę metrologiczną. Wychodzi naprzeciw powszechnemu oczekiwaniu dotyczącemu ujednoczeniu zasad dotyczących opracowania danych pomiarowych

i przedstawienia wyniku pomiaru w uzgodnionej postaci. Ma to istotne znaczenie dla zapewnienia spójności pomiarowej w skali globalnej.

Zasady postępowania przedstawione w Przewodniku są przeznaczone do stosowania w szerokim zakresie pomiarów, a w szczególności do pomiarów niezbędnych przy: kontroli i sterowaniu jakością w produkcji, przestrzeganiu i wprowadzaniu zarządzeń i przepisów, prowadzeniu badań podstawowych i wdrożeniowych oraz wykorzystywaniu ich wyników w nauce i technice, wzorcowaniu przyrządów pomiarowych i w ten sposób zapewnieniu spójności pomiarowej oraz rozwijaniu, utrzymywaniu i porównywaniu wzorców międzynarodowych i państwowych, z materiałami odniesienia włącznie.

Przedstawiona w Przewodniku metoda obliczania i wyrażania niepewności wyniku pomiaru jest uniwersalna, czyli może być stosowalna do wszystkich rodzajów pomiarów i do wszystkich typów danych wejściowych używanych w pomiarach. Wyznaczona niepewność pomiaru ma charakter wewnętrznie spójny, czyli zbudowana jest z szeregu składowych i niezależna od sposobu pogrupowania tych składowych oraz jest przechodnia, czyli możliwa do bezpośredniego zastosowania jako składowa przy obliczaniu niepewności kolejnego pomiaru, w którym wykorzystywany jest jej wynik.

Ujednoczenie zasad obliczania i wyrażania niepewności pomiaru umożliwia jednoznaczną interpretację wyników pomiarów wykonywanych w różnych miejscach i w różnym czasie na całym świecie. Jest to szczególnie istotne w pracy laboratoriów pomiarowych, a także ma istotne znaczenie dla wszystkich eksperymentatorów, którzy korzystają z wyników pomiarów wykonanych przez innych i którzy chcą, aby ich wyniki były też wykorzystywane. Uzgodnienie, w skali światowej, podejścia do obliczania i wyrażania niepewności pomiarów, umożliwia pełne zrozumienie i właściwą interpretację wyników pomiarów wykonywanych w nauce, technice, handlu i przemyśle. Pozwala także na łatwe ich porównywanie. Można zaryzykować twierdzenie, że Przewodnik dotyczący wyrażania niepewności pomiaru stał się, obok spójnego układu jednostek miar SI, fundamentalnym dokonaniem metrologii.

Wersja elektroniczna Przewodnika dostępna jest na stronie internetowej BIPM:

[http://www.bipm.org/utls/common/documents/jcgm/JCGM\\_100\\_2008\\_E.pdf](http://www.bipm.org/utls/common/documents/jcgm/JCGM_100_2008_E.pdf)

# Charakterystyka termoelementów Au/Pt – realizacja grantu badawczego w programie EMRP

## Characterisation of Au/Pt Thermocouples – Realization of EMRP Research Grant

**Sebastian Kalisz** (Zakład Fizykochemii, GUM)

Badania dotyczące termoelementów Au/Pt, pomimo dość długiego okresu ich stosowania w metrologii, wciąż nie są wystarczająco rozwinięte, aby można zamknąć rozdział dotyczący tej grupy przyrządów pomiarowych. Ich właściwości pozwalają myśleć nad jeszcze szerszym zastosowaniem, m.in. jako termometru interpolacyjnego. Pod tym kątem prowadzone były prace w ramach grantu Researcher Mobility Grant (RMG) w projekcie badawczym JRP SIB10 NOTED (Novel techniques for traceable temperature dissemination). W artykule omówiono prace, prowadzone w Centro Español de Metrología (CEM), dotyczące pomiarów niejednorodności termoelementów Au/Pt oraz ich wzorcowanie w punktach stałych Międzynarodowej Skali Temperatury (MST-90).

Studies on Au versus Pt thermocouples are still not sufficiently developed, despite the fact of already fairly long use in metrology. It makes impossible to close the chapter on this group of measuring instruments. Properties of Au versus Pt thermocouples allow to think on a much wider use, including a interpolation thermometer. From this point of view, work in a research project SIB10 noted JRP (Novel techniques for dissemination traceable temperature) was carried out under a grant Researcher Mobility Grant (RMG). The article describes the work carried out at the Centro Español de Metrología (CEM) concerning the measurements of Au versus Pt thermocouples homogeneity and calibration in fixed points of the International Temperature Scale (ITS-90).

30

### Wstęp

Termoelementy są specyficznymi przyrządami do pomiaru temperatury. Siła termoelektryczna, na podstawie której określa się temperaturę, powstaje tylko wtedy, gdy spoina pomiarowa oraz końce odniesienia znajdują się w temperaturze o różnych wartościach. Termoelementy platynowo-złote składają się z dwóch termoelektrod, z których jedna wytworzona jest z czystego złota o wysokiej czystości, a druga z wysokiej czystości platyny. Typowa czystość użytych materiałów wynosi od 4N lub 6N (przykładowo 4N to 99,99 % czystej substancji). Zakres pracy termoelementów Au/Pt wynosi do 1000 °C i wynika z naturalnego ograniczenia, którym jest temperatura topnienia złota (1064,18 °C). W tym zakresie porównuje się je często z innymi, powszechnie stosowanymi przyrządami do pomiaru temperatury. Pierwszą grupą są termoelementy platynowo-rodowe (głównie typu S i R). Na ich tle, zaletami termoelementów Au/Pt jest zdecydowa-

nie mniejsza podatność na zmiany niejednorodności, co zaobserwować można wśród rodziny termoelementów Pt/Rh, w wyniku dyfuzji atomów Rh z drutu PtRh do drutu Pt. Kolejną zaletą wiąże się z lepszą stabilnością, nieograniczoną przez zmiany składu stopu. Na plus zaliczyć także trzeba znacznie większą czułość, która np. w punkcie Ag jest ponad dwukrotnie wyższa, niż w dużo powszechniej używanym termoelemencie typu S. Drugą grupą przyrządów, z którymi dokonuje się porównań, są czujniki wysokotemperaturowe SPRT (HT-SPRT). Jedną z zalet termoelementów Au/Pt, w porównaniu z tą grupą, jest łatwiejszy sposób użytkowania, nie wymagają one bowiem szczególnych warunków odnośnie prędkości nagrzewania i chłodzenia. Są także zdecydowanie mniej podatne na zanieczyszczenia. Samo ich wytworzenie jest parokrotnie tańsze, a w przypadku uszkodzenia można je dość łatwo naprawić poprzez zespawanie przetrwanego drutu.

## Badania termoelementów Au/Pt w projekcie JRP NOTED

Zalety termoelementów Au/Pt zostały dostrzeżone i w programie EMRP „Novel techniques for traceable temperature dissemination”. Jedno z zadań dotyczyło prac nad ich konstrukcją, charakterystyką i funkcją referencyjną. W postawionej tezie założono, że przyrządy te mogą zastąpić czujniki wysokotemperaturowe jako termometr interpolacyjny. Dotyczy to głównie zakresu między punktami zawartymi w Międzynarodowej Skali Temperatury (MST-90), krzepnięcia aluminium (660,323 °C) oraz srebra (961,78 °C), gdzie odstęp między kolejnymi punktami definicyjnymi skali jest największy. Wymienione wcześniej wady HT-SPRT, takie jak słaba stabilność, duża podatność na zanieczyszczenia, słaba powtarzalność pomiaru oraz wysokie koszty zakupu, stanowią istotny argument za próbą podjęcia zastąpienia ich, bądź wprowadzenia równolegle innego przyrządu o wysokiej dokładności, pozbawionego tych słabych punktów. Prace nad tym zagadnieniem miały zostać podjęte w trzech instytucjach: niemieckim PTB, hiszpańskim CEM oraz tureckim UME. Dodatkowym wyzwaniem było wytworzenie termoelementu, którego niepewność rozszerzona miała nie przekroczyć 1  $\mu\text{V}$ , tak aby można było przyjąć założenie o posiadaniu przyrządu, którego niepewność pomiaru pozwala traktować go na równi z czujnikiem wysokotemperaturowym [1].

Najczęściej stosuje się dwa typy wykonań termoelementów Au/Pt: z tradycyjną spoiną pomiarową oraz ze zwojem z platyny, łączącym oba druty. Ustalono, że obie wersje zostaną wykonane w trakcie badań. W CEM prace miały być prowadzone nad termoelementami z tradycyjną spoiną, zaś PTB miał wykonać termoelementy z nawiniętym drutem platynowym.

### Przygotowanie termoelektrod

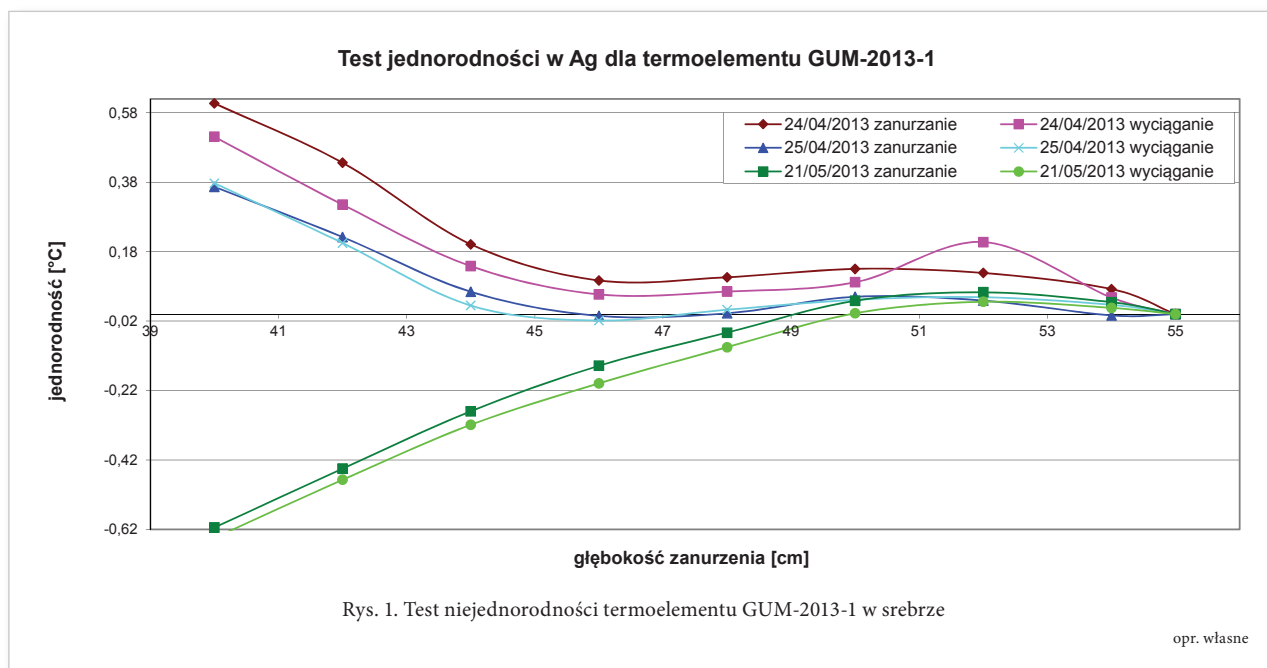
Kluczowym zadaniem przy wytwarzaniu termoelementów jest proces obróbki cieplnej. Został on wykonany zgodnie z zaleceniami, zamieszczonymi w pracy [2]. Na pierwszym etapie realizacji grantu RMG wykonano 4 termoelementy. Dwa z nich, oznaczone jako GUM-2013-1 i GUM-2013-2, przygotowano z drutów o średnicy 0,5 mm i długości 1250 mm, których producentem była Mennica – Metale Szlachetne. Użyte materiały miały czystość 99,99 %. Pozostałe 2 termoelementy, o oznaczeniu CEM-2013-1

and CEM-2013-2, wykonano z drutów o średnicy 0,5 mm i długości 1500 mm. Ich producentem była firma Johnson Matthey. Czystość użytego drutu Au wynosiła 99,999 %, zaś drutu Pt – 99,997 %.

Proces obróbki cieplnej w termoelementach ma służyć m.in. pozbyciu się zanieczyszczeń oraz naprężeń mechanicznych w termoelektrodach. Oba czynniki wpływają na niejednorodność termoelementu, a parametr ten ma kluczowe znaczenie w procesie szacowania niepewności. Każda z termoelektrod przygotowywana była osobno. Druty platynowe poddane były wygrzewaniu w powietrzu, poprzez przepuszczenie przez nie prądu, w temperaturze 1300 °C przez 10 godzin. Bezpośrednio po tym etapie, natężenie prądu zmniejszono do wartości, dla której temperatura drutu wyniosła 450 °C i wygrzewanie w tej wartości temperatury kontynuowano przez okres 1 godziny. Druty złote, ze względu na to, że są zbyt delikatne do wyżarzania w powietrzu poprzez przepuszczenie prądu, wygrzano w piecu. W tym celu wybrano odcinek pieca typu „heat-pipe”, w którym rozkład temperatury był najlepszy i przeprowadzono proces obróbki cieplnej. Termoelektrody ze złota umieszczono wcześniej w specjalnie przygotowanej ceramice i włożono do pieca, który rozgrzano do temperatury 1000 °C. Temperaturę tę utrzymano przez 10 godzin, a następnie, w procesie 8-godzinny obniżono do wartości 450 °C. W tej temperaturze, każdy z drutów pozostał przez 20 godzin. Po przygotowaniu poszczególnych drutów, termoelektrody zespawano i wciągnięto w pręty ceramiczne z otworami przelotowymi o średnicy 1,2 mm. Ostatnim etapem było wygrzanie gotowych termoelementów. Przeprowadzono go w temperaturze 1000 °C w czasie 1 godziny, po której stopniowo obniżono temperaturę do 450 °C i w tej temperaturze pozostawiono termoelementy przez okres 20 godzin.

### Testy niejednorodności

Po skończeniu obróbki cieplnej, przeprowadzono test na niejednorodność dla każdego z termoelementów. Test ten przeprowadzony był w termostacie olejowym w temperaturze 205 °C oraz w punkcie krzepnięcia srebra Ag (961,78 °C). W oleju termoelementy zanurzano na głębokość ok. 3 cm, a po ustabilizowaniu i przeprowadzeniu pomiaru, zwiększano zanurzenie o 2 cm, co ok. 4 minuty. Proces kontynuowano aż do uzyskania największego możliwego zanurzenia



i całą procedurę powtarzano, wynurzając termoelementy. Podobnie przebiegał test niejednorodności w punkcie krzepnięcia srebra. Tutaj termoelementy zanurzano do momentu, aż spoina pomiarowa osiągnęła poziom metalu i przeprowadzano pomiar po uprzedniej stabilizacji. Następnie termoelementy obniżano o 2 cm, w odstępie ok. 5-minutowym. Na samym dnie studni pomiarowej, przed wykonaniem pomiaru czekali ok. 25 minut. Proces ten powtarzano przy wynurzaniu termoelementów, wyciągając je co 2 cm i dokonując pomiaru, za wyjątkiem pierwszego kroku (1 cm). Wszystkie punkty przy zanurzaniu i wynurzaniu mierzone były na tych samych wysokościach.

Pierwszy z mierzonych termoelementów (GUM-2013-1) został zmierzony trzykrotnie w oleju, a niejednorodność wyniosła ok. 0,15 °C. Po tych pomiarach przeprowadzono testy niejednorodności w srebrze (rys. 1). Dwa testy wykonano podczas topnienia, a jeden podczas krzepnięcia. Wartość niejednorodności podczas topnienia wyniosła ok. 0,2 °C, a przy krzepnięciu 0,35 °C. Do analizy wzięto wartości, dla których można było założyć, że termoelement jest wystarczająco zanurzony, aby wskazywał właściwą temperaturę.

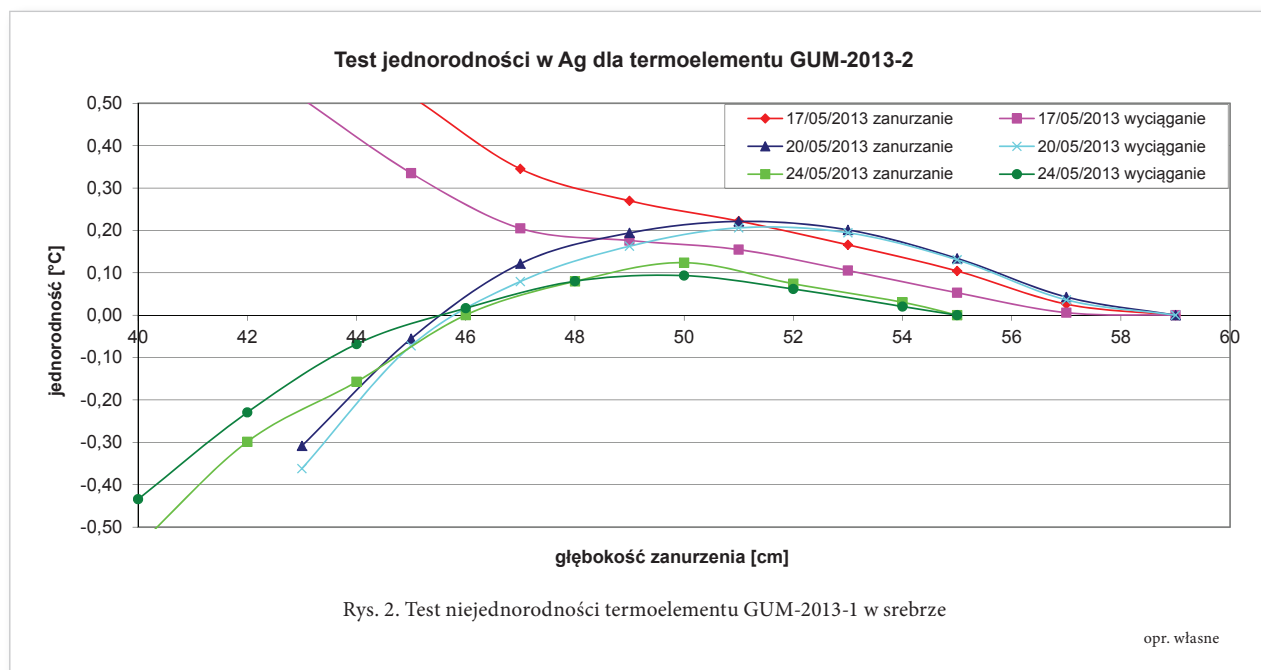
Drugi termoelement, oznaczony jako GUM-2013-2, został poddany testowi na niejednorodność w oleju pięciokrotnie, raz jako pomiar wstępny i po dwa razy po kolejnych pomiarach niejednorodności w srebrze. Rezultaty, w zależności od pomiaru, wynosiły od 0,3 °C do 0,4 °C, co ewidentnie nie spełniało ocze-

kiwań. Również testy niejednorodności w punkcie srebra nie były satysfakcjonujące (rys. 2). Przeprowadzono je trzykrotnie, dwukrotnie podczas topnienia i raz podczas krzepnięcia.

Pozostałe termoelementy wykazywały podobne właściwości. Pierwszy z nich (CEM-2013-1) wykazał się dość dobrą niejednorodnością podczas pierwszego pomiaru w oleju, która była mniejsza niż 0,12 °C. Po testach w punkcie srebra, wartość ta zdecydowanie wzrosła, a jej przebieg zaczął wykazywać duże nieregularności. Niezadowolające były także rezultaty uzyskane podczas sprawdzania niejednorodności w srebrze, zawierające się w przedziale od 0,2 °C do 0,3 °C. Dla tego termoelementu podjęto próbę poprawienia jego właściwości, związanych z niejednorodnością, poprzez przeprowadzenie dodatkowego wygrzewania w temperaturze 1000 °C przez 1 godzinę i powolne obniżenie temperatury do 450 °C, a potem pozostawienie tego termoelementu w tej temperaturze przez noc. Pozwoliło to tylko na nieznaczne poprawienie niejednorodności.

Ostatni termoelement, oznaczony numerem CEM-2013-2, sprawdzany był w termostacie olejowym pięciokrotnie, dając typowe rezultaty od 0,1 °C do 0,2 °C, różniące się jednak istotnie przebiegiem w różnych punktach przy zanurzaniu i wyciąganiu. Dość optymistyczne, jak na początkowy etap, wartości niejednorodności nie znalazły swojego potwierdzenia w analogicznych testach, przeprowadzonych w komórce

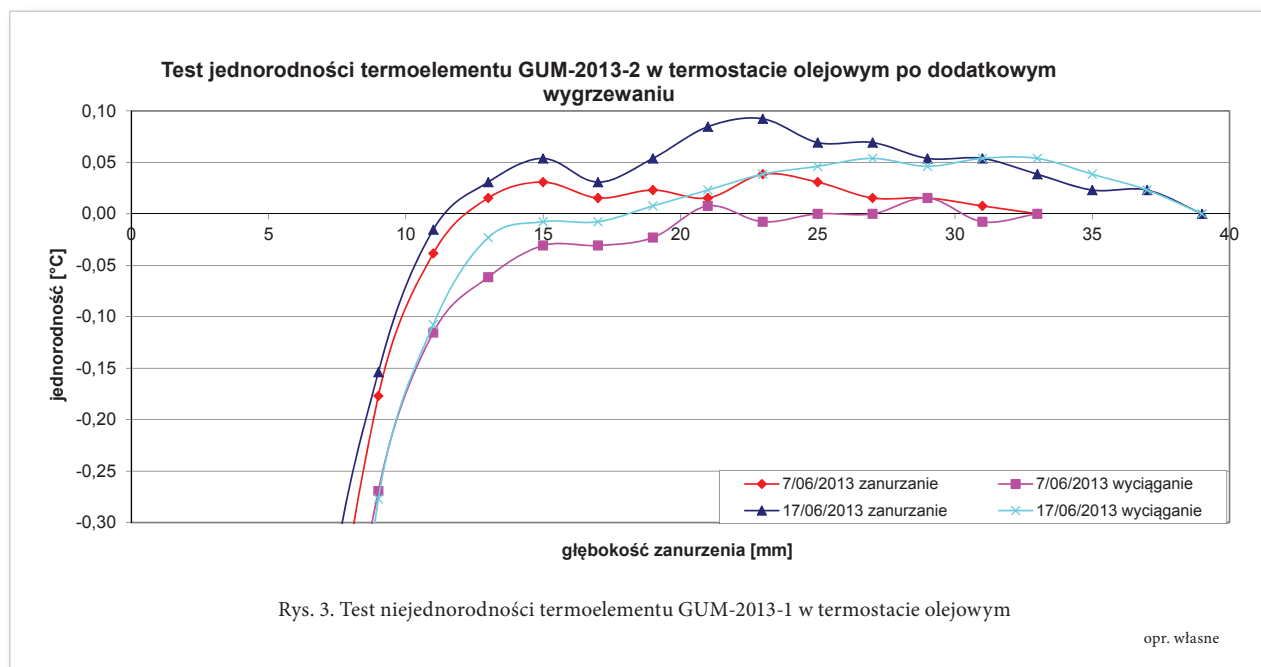




srebra. Tu uzyskane przy topnieniu wartości były gorsze niż  $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  (w teście przy krzepnięciu rezultat był znacznie lepszy).

Po tym etapie postanowiono, że termoelementy GUM-2013-2 i CEM-2013-1, które okazały się gorszymi od pozostałych dwóch, poddane zostaną kolejnej obróbce termicznej. Wygrzano je w temperaturze  $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$  przez 6,5 godziny, następnie w czasie 8 godzin temperaturę stopniowo obniżono do  $450\text{ }^{\circ}\text{C}$  i w tej temperaturze pozostawiono termoelementy przez noc.

Dodatkowa obróbka cieplna nieznacznie poprawiła właściwości termoelementu GUM-2013-2. Wyniki pomiarów w termostacie olejowym zostały przedstawione na rys. 3. Pomimo nieco lepszej niejednorodności, słabe jest dopasowanie wyników w poszczególnych punktach. Sprawdziany niejednorodności przeprowadzono także trzykrotnie w punkcie srebra, ale, ze względu na to, że aż dwukrotnie podczas wyciągania zdążyło się skończyć plateau przy krzepnięciu, nie można tych wyników brać pod uwagę jako miarodaj-



nych. Również dla termoelementu CEM-2013-1, dodatkowe wygrzewania nie dały oczekiwanej poprawy, a wartość niejednorodności oscylowała wokół 0,3 °C. Niestety, również w przypadku pomiarów podczas krzepnięcia i topnienia, procesy te zdążyły się zakończyć przed zakończeniem testu.

Z powodu ograniczeń związanych z okresem trwania grantu, ostatnią próbę poprawienia jednorodności termoelementów przeprowadzono tylko dla termoelementów GUM-2013-1 i GUM-2013-2, przeprowadzając podobną procedurę wygrzewania jak ostatnim razem. Testy jednorodności przeprowadzono tylko w termostacie olejowym. Ostatecznie, wartości niejednorodności wyniosły: 0,14 °C (zanurzanie) i 0,15 °C (wyciąganie) dla termoelementu GUM-2013-1 oraz 0,23 °C (zanurzanie) i 0,19 °C (wyciąganie) dla drugiego termoelementu (rys. 4).

### Wzorcowanie

Po pracy dotyczącej poprawy niejednorodności, dwa z termoelementów zostały poddane wzorcowaniu w punktach krzepnięcia srebra, aluminium, cynku, cyny oraz topnienia galu. W każdym z nich wykonano co najmniej dwa pomiary. Wyniki przedstawia tabela 1.

Dla każdego punktu wyznaczona została wartość średnia siły termoelektrycznej i na tej podstawie obliczono współczynniki wielomianu interpolacyjnego dla termoelementów. Wykorzystano do tego zmodyfikowaną macierz Vandermonde'a. Dla każdego ter-

Tabela 1. Wyniki wzorcowania termoelementów

Punkt	Termoelement	
	GUM-2013-1 (μV)	GUM-2013-2 (μV)
Ga (29,7646 °C)	190,89	190,16
	190,80	189,96
Sn (231,928 °C)	2192,83	2193,81
	2193,14	2193,36
Zn (419,527 °C)	4866,89	4868,59
	4867,38	4868,40
		4869,50
Al (660,323 °C)	9195,48	9197,87
	9196,03	9196,90
	9196,22	
Ag (961,78 °C)	15933,14	15935,97
	15931,59	15935,10
		15936,79

moelementu i dla wszystkich zebranych wywzorcowanych termoelementów, funkcja charakterystyki termometrycznej ma postać

$$E = \sum_{i=1}^5 a_i t_{90}^i \quad (1)$$

dla której wartości współczynników aproksymacji  $a_i$  podano w tabeli 2.

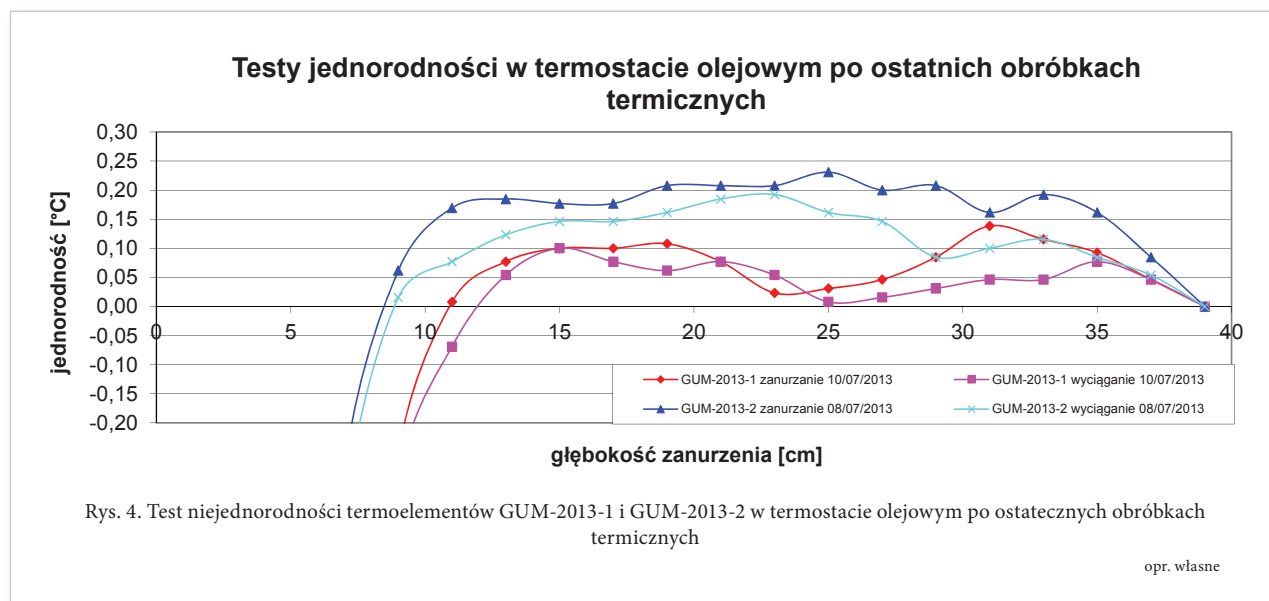


Tabela 2. Współczynniki aproksymacji

Współczynnik	Termoelement		Dla wszystkich termoelementów
	GUM-2013-1	GUM-2013-2	
$a_1$ ( $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ )	5,8665783	5,8312567	5,8491412
$a_2$ ( $\mu\text{V}/^\circ\text{C}^2$ )	$1,8830266 \cdot 10^{-2}$	$1,915782 \cdot 10^{-2}$	$1,8984957 \cdot 10^{-2}$
$a_3$ ( $\mu\text{V}/^\circ\text{C}^3$ )	$-1,7642013 \cdot 10^{-5}$	$-1,8578853 \cdot 10^{-5}$	$-1,8054608 \cdot 10^{-5}$
$a_4$ ( $\mu\text{V}/^\circ\text{C}^4$ )	$1,4837132 \cdot 10^{-8}$	$1,5928868 \cdot 10^{-8}$	$1,5280063 \cdot 10^{-8}$
$a_5$ ( $\mu\text{V}/^\circ\text{C}^5$ )	$-5,0166031 \cdot 10^{-12}$	$-5,461483 \cdot 10^{-12}$	$-5,1819777 \cdot 10^{-12}$

## Wnioski

Uzyskane wyniki należy ocenić pozytywnie w kontekście dotychczasowych doświadczeń z termoelementami Au/Pt w CEM. Pomimo tego, ambitnie założony cel nie został osiągnięty podczas przeprowadzonych badań, ze względu na zbyt wysokie wartości niejednorodności mierzonych termoelementów. Nie można także wysnuć jednoznacznych wniosków o wpływie czystości użytych termoelektrod na wartość niejednorodności. Niewiele zmieniły podjęte próby, polegające na dodatkowych wygrzewaniach. W tym kontekście wydaje się, że warto podjąć próbę zmiany procedury początkowej obróbki termicznej oraz zbadać większą liczbę termoelektrod, pochodzących od różnych dostawców.

## Literatura

- [1] del Campo D., *SIB10 NOTED Novel techniques for traceable temperature dissemination*, Annex Ia- JRP Protocol, 2012.
- [2] Burns G. W., Strouse G. F., Liu B. M., Mangum B. W., *Gold versus platinum thermocouples: performance data and an ITS-90 based reference function*, American Institute of Physics, 1992.
- [3] Ancsin J., *A Study of Thermocouple Stability, Reproducibility and Accuracy (Pt vs Pt-Rh and Pt vs Au)* [w:] Metrologia, Volume 28, Issue 4, pp. 339-347 (1991).
- [4] Gotoh M., Oikawa H., *Development of Durable Gold versus Platinum Thermocouples*, XVIII IMEKO World Congress Metrology for a Sustainable Development, 2006, Rio de Janeiro.
- [5] Ripple D. C., Burns G. W., *Standard Reference Material 1749: Au/Pt Thermocouple*, NIST Special Publication 260-134, 2002.

*Z okazji obchodów Światowego Dnia Metrologii  
składamy najlepsze życzenia  
wszystkim interesariuszom polskiej administracji miar.  
Oby pomiary z jakich korzystamy, dla różnych celów,  
w życiu codziennym były zawsze pewne.*

*Redakcja*

*On the occasion of the World Metrology Day  
we wish all metrology stakeholders  
the lowest uncertainty and reliable measurements in daily life.*

*Editorial office*

# Badanie wyrobów aerozolowych metodą promieniowania rentgenowskiego

## Aerosol Product Testing X-Ray

**Andrzej Czechowski** (Biuro Nadzoru, GUM)

**Adrian Bożydar Knyziak** (Zakład Promieniowania i Drgań, GUM)

W artykule przedstawiono prawne aspekty kontroli wyrobów aerozolowych, wynikające z ustawy o towarach paczkowanych. Scharakteryzowano podstawowe metody pomiarowe odnoszące się do aerozoli oraz omówiono stosowaną w Polsce metodę promieniowania rentgenowskiego. Zaprezentowano stanowisko pomiarowe wykorzystujące promienie X, zbudowane w Zakładzie Promieniowania i Drgań Głównego Urzędu Miar.

In the paper, the legal aspects of the control of aerosol products resulting from the Law on prepackaged goods is depicted. Fundamental methods relating to the measurement of aerosols are discussed. The X-ray method used in Poland is described. The measuring system using X-ray built in the Department of Radiation and Vibration at the Central Office of Measures is presented.

### Wprowadzenie

Wyroby aerozolowe produkowane są obecnie z różnych materiałów i w różnorodnych kształtach zgodnie ze zmieniającym się zapotrzebowaniem konsumentów. Różnorodność rodzajów wyrobów aerozolowych jest olbrzymia, są one wykorzystywane w higienie osobistej, gospodarstwie domowym oraz przemyśle motoryzacyjnym, a także w lecznictwie i zwalczaniu szkodników. Wyroby aerozolowe podlegają specjalnym przepisom, przede wszystkim ze względu na wymagania dotyczące zapewnienia bezpieczeństwa ich użytkowania. W rozumieniu obowiązujących przepisów wyroby aerozolowe są towarami paczkowanymi.

Zgodnie z art. 4 ust. 1 pkt 1 ustawy o towarach paczkowanych (Dz. U. Nr 91, poz. 740, z późn. zm.) nadzorowi organów administracji miar podlega paczkowanie produktów, a w szczególności stosowany przez paczkującego system kontroli wewnętrznej ilości towaru paczkowanego. W zakresie tego nadzoru, właściwe terytorialnie organy administracji miar przeprowadzają kontrole doraźne w pomieszczeniach paczkującego, zlecającego paczkowanie, paczkującego na zlecenie, sprowadzającego lub importera oraz w miejscu paczkowania lub składowania towarów paczkowanych. Dla towarów paczkowanych dodatkowo oznaczonych znakiem „e”, dyrektor właściwego terytorialnie okręgowego urzędu miar przeprowadza w ta-

kich samych pomieszczeniach (miejscach) kontrole planowe, w celu stwierdzenia poprawności stosowanego systemu kontroli wewnętrznej ilości towaru paczkowanego. Zatem w gestii organów administracji miar jest kontrola towarów paczkowanych w pomieszczeniach tych podmiotów, niezależnie od przyjętego przez niego systemu kontroli ilości wewnętrznej towaru paczkowanego. Rzetelność deklaracji producenta w zakresie ilości nominalnej podlega bowiem nadzorowi organów administracji miar.

Organy te przeprowadzają badania partii towaru paczkowanego z zastosowaniem metody referencyjnej wskazanej w ustawie o towarach paczkowanych. Badania próbek mogą być przeprowadzane w pomieszczeniach paczkującego, zlecającego paczkowanie, paczkującego na zlecenie, sprowadzającego, importera lub w wyspecjalizowanych laboratoriach wskazanych przez organy administracji miar.

### Kryterium doboru metody pomiarowej

Zgodnie z § 1 ust. 7 załącznika nr 2 do ustawy o towarach paczkowanych błąd pomiaru podczas wyznaczania ilości rzeczywistej towaru paczkowanego nie powinien przekraczać 20 % dopuszczalnej ujemnej wartości błędu ilości towaru paczkowanego ( $T_1$ ). Zalecane pojemniki aerozolowe z najistotniejszymi parametrami przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Dopuszczalne błędy pomiaru w zależności od objętości nominalnej pojemnika aerosolowego

Objętość nominalna (ml)	Pojemność pojemnika (ml)	$T_1$ (ml)	Błąd pomiaru (ml)	Błąd względny pomiaru (%)
25	40	2,3	0,5	2
50	75	4,5	0,9	1,8
75	110	4,5	0,9	1,2
100	140	4,5	0,9	0,9
125	175	5,6	1,1	0,88
150	210	6,8	1,4	0,93
200	270	9	1,8	0,9
250	335	9	1,8	0,72
300	405	9	1,8	0,6
400	520	12	2,4	0,6
500	650	15	3	0,6
600	800	15	3	0,5
750	1000	15	3	0,4

## Metody kontroli wyrobów aerosolowych

Analizując obowiązujące przepisy w zakresie wyrobów aerosolowych należy stwierdzić, że ilość nominalna zawartości deklarowana na wyrobie aerosolowym powinna być wskazana w jednostkach masy i objętości albo tylko w jednostkach objętości. Wskazywanie dodatkowo masy na wyrobie aerosolowym (oprócz zawsze wymaganej objętości) staje się coraz częstszą praktyką producentów takich wyrobów, ze względu na szczególną prostotę systemu kontroli wewnętrznej ilości towaru paczkowanego tak oznaczonego wyrobu aerosolowego.

Podczas badań lub kontroli mogą więc występować trzy przypadki zależne od sposobu paczkowania i oznaczania wyrobu aerosolowego:

1. W przypadku deklarowanej przez producenta ilości nominalnej w jednostkach masy, wyznaczenie ilości rzeczywistej odbywa się bezpośrednio przez pomiar masy z wykorzystaniem tary średniej;
2. W przypadku deklarowanej przez producenta ilości nominalnej w jednostkach objętości, ilość rzeczywistą towaru paczkowanego wyznacza się:
  - bezpośrednio przez pomiar objętości,
  - pośrednio przez pomiar masy i gęstości.

Przykładami wyznaczenia ilości rzeczywistej wskazanej na opakowaniu w jednostkach objętości metodą pośrednią są:

- a) wykorzystanie piknometru ciśnieniowego, czyli przyrządu pomiarowego umożliwiającego wyznaczenie gęstości mieszanki aerosolowej w zamkniętym wyrobie gotowym. Metoda ta dotyczy w szczególności produktów jednorodnych, np. dezodorantów, lakierów do włosów;
- b) obliczanie gęstości wyrobu aerosolowego w oparciu o gęstość poszczególnych składników oraz ich masowego lub objętościowego udziału. W przypadku wyrobów aerosolowych gęstość mieszanki aerosolowej można obliczyć z poniższych wzorów (nie uwzględniają one np. możliwych zmian objętości wynikającej ze zmieszania komponentów):
  - przy określaniu składu metodą podania procentowego udziału masy:

$$\rho_M = \frac{A_m + B_m + \dots + Z_m}{\frac{A_m}{\rho_A} + \frac{B_m}{\rho_B} + \dots + \frac{Z_m}{\rho_Z}} \quad (1)$$

- przy podawaniu składu w procentach objętości:

$$\rho_M = \frac{A_V \cdot \rho_A + B_V \cdot \rho_B + \dots + Z_V \cdot \rho_Z}{A_V + B_V + \dots + Z_V} \quad (2)$$

Zastosowane oznaczenia:

- $\rho_M$  – gęstość mieszanki aerosolowej w g/ml,  
 $A_m, B_m, \dots, Z_m$  – udział masowy określonego surowca w % ( $A_m + B_m + \dots + Z_m = 1$ ),

$A_V, B_V, \dots, Z_V$  – udział objętościowy określonego surowca w % ( $A_V + B_V + \dots + Z_V = 1$ ),

$\rho_A, \rho_B, \dots, \rho_Z$  – gęstość określonego surowca w g/ml.

Przykładami wyznaczenia ilości rzeczywistej wskazanej na opakowaniu w jednostkach objętości metodą bezpośrednią jest np. metoda badania kąta niestabilności napełnionego wyrobu aerozolowego na równi pochyłej. Metoda ta zapewnia w prosty sposób określenie objętościowego wyrobów jednorodnych.

Powyższe metody mają pewne ograniczenia zarówno jeśli chodzi o rodzaje badanych produktów, jak i wymagania laboratoryjne.

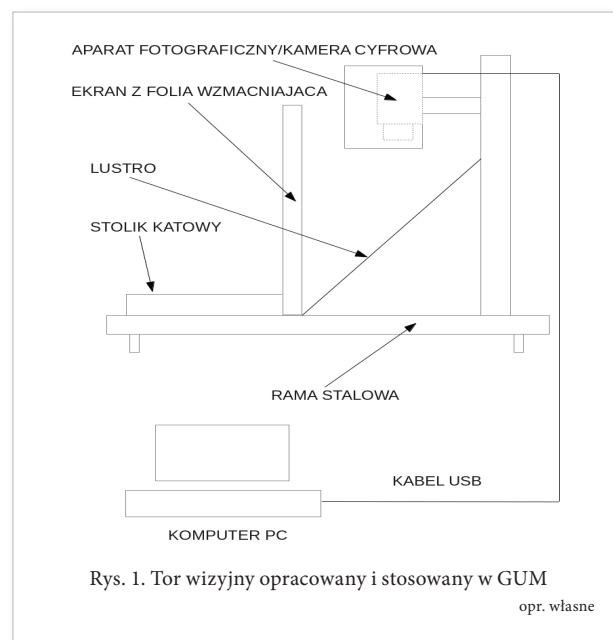
Najbardziej uniwersalnym sposobem określania objętości próbek są badania przy użyciu technologii z wykorzystaniem promieniowania rentgenowskiego. Ta metoda jest niezawodna i daje wyniki z wysoką dokładnością, ale wymaga dostępu do specjalistycznej aparatury rentgenowskiej. Takie stanowisko pomiarowe zostało zbudowane w Zakładzie Promieniowania i Drgań Głównego Urzędu Miar. Wykonanie zdjęcia rentgenowskiego zamkniętego wyrobu aerozolowego jest swoistym spojrzeniem do wnętrza pojemnika bez jakiegokolwiek mechanicznej ingerencji i daje jednoznaczne wyniki, co do oceny zawartości. Metoda ta może być realizowana jako niszcząca lub nieniszcząca, np. przez porównanie poziomu z wcześniej przygotowanymi wzorcami (np. z napełnieniami pomniejszonymi o wartości odpowiednich błędów). Metoda może być zobrazowana na kolejnych pojedynczych fotografiach lub przez umieszczenie obok siebie kilku puszek i wykonanie jednego zdjęcia.

### Metoda promieniowania rentgenowskiego

Duża częstotliwość promieniowania rentgenowskiego i krótka długość fali (od 10 pm do 10 nm) sprawiają, że jest ono bardzo przenikliwe. Przy przechodzeniu przez materię część promieniowania zostaje pochłonięta, przez co wiązka promieniowania doznaje osłabienia natężenia. Stopień osłabienia zależy od rodzaju materiału, a ściślej od jego gęstości. Wykorzystując to zjawisko można prześwietlić napełnioną szczelnie zamkniętą metalową puszkę i odczytać jej zawartość. Widząc to, w łatwy sposób można wyznaczyć objętość wszystkich rodzajów towarów paczkowanych w postaci aerozoli zamkniętych w metalowych opakowaniach. Wyposażenie stanowiska po-

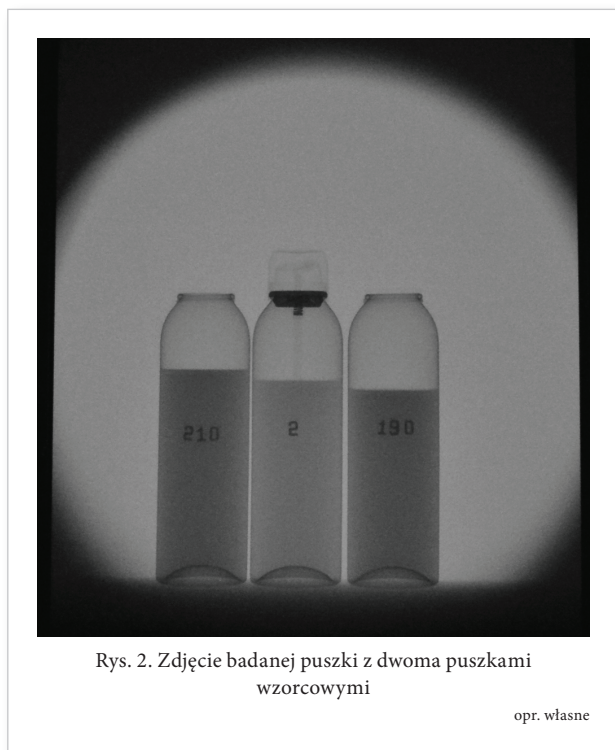
trzebnego do wyznaczenia objętości towarów paczkowanych w postaci aerozoli metodą promieniowania rentgenowskiego stanowią:

- aparat rentgenowski 160 kV,
- ława pomiarowa ze stanowiskiem kołpaka lampy rtg, na której umieszczony jest tor wizyjny,
- tor wizyjny opracowany i stosowany w laboratorium Zakładu Promieniowania i Drgań GUM, składający się w szczególności ze wzmacniacza obrazu (folii wzmacniającej) oraz lustra i cyfrowego aparatu fotograficznego (rys. 1),
- termometr,
- komputer PC.



Rys. 1. Tor wizyjny opracowany i stosowany w GUM  
opr. własne

Zasada pomiaru polega na wykorzystaniu folii wzmacniającej, której zadaniem jest zamiana niewidzialnego promieniowania RTG na światło widzialne. Folia umocowana jest prostopadle w stosunku do osi wiązki promieniowania i równolegle do prześwietlanego obiektu. W tym przypadku ustawiona jest pionowo w specjalnie zaprojektowanej ramie. Za folią wzmacniającą umiejscowione jest lustro płaskie pod kątem 45° do niej. Na statywie zamocowany jest aparat fotograficzny w ołowianej obudowie. Obiekty aparatu jest ustawiony tak, aby widział całą powierzchnię lustra. Przed folią wzmacniającą zamontowany jest stolik katowy, na którym stawiane są badane obiekty. Przechodząc przez badany obiekt promieniowanie RTG jest częściowo w nim pochłaniane. Dzięki różnicy w pochłanianiu promieniowania RTG przez różne substancje, możliwe jest obserwowanie

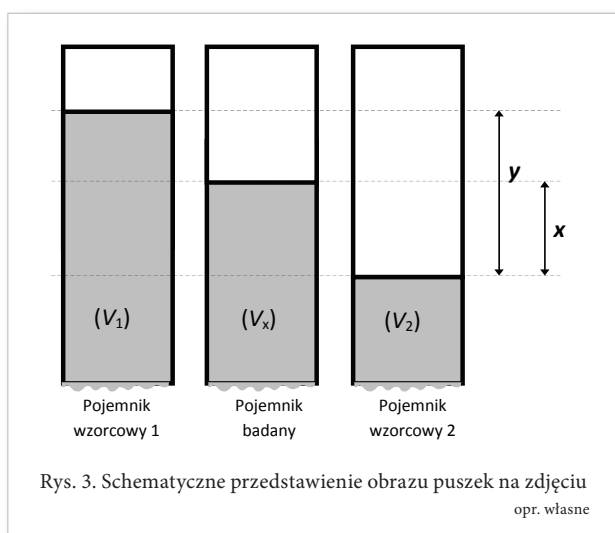


Rys. 2. Zdjęcie badanej puszki z dwoma puszkami wzorcowymi

opr. własne

prześwietlanych obiektów. Na folii wzmacniającej powstaje obraz monochromatyczny, który jest następnie rzutowany na powierzchnię lustra. Aparat cyfrowy wykonuje zdjęcie powierzchni lustra i wysyła je za pośrednictwem kabla USB do komputera PC. W komputerze PC następuje przetwarzanie obrazu i jego analiza. W ten sposób uzyskuje się zdjęcie zawierające dwie puszki wzorcowe i jedną badaną umieszczoną w środku. Przykładowe zdjęcie ilustruje rys. 2.

Wzorcowe puszki są wcześniej napełnione wodą o wywzorcowanej objętości, co wykonywane jest w laboratorium Zakładu Fizykochemii GUM każdorazowo przed badaniem nowej partii wyrobu aerozolo-



Rys. 3. Schematyczne przedstawienie obrazu puszek na zdjęciu

opr. własne

wego. Po wykonaniu zdjęcia możemy w podobny sposób postąpić z całą badaną próbą. Na obrazie (rys. 3) wyznaczane są parametry, które służą do obliczenia objętości na podstawie wzoru:

$$V_x = V_2 + \frac{x}{y}(V_1 - V_2) \quad (3)$$

Błąd wyznaczenia objętości aerozolu w pojemniku przy zastosowaniu opisanej metody pomiarowej nie przekracza 0,4 %, a jego główną przyczyną jest m.in. subiektywna ocena osoby wykonującej pomiar, jakość monitora komputera PC czy zdolność rozdzielcza toru wizyjnego. W przypadku braku puszek wzorcowych, objętość zawartości wyrobu aerozolowego można wyznaczyć metodą dopasowania graficznego lub metodą segmentacji, które zostały opracowane w Głównym Urzędzie Miar. Błąd wyznaczenia objętości aerozolu w pojemniku przy zastosowaniu tych metod również nie przekracza 0,4 %. Aktualnie trwają prace nad automatyzacją obu metod i ich wdrożeniem.

## Podsumowanie

Na zakończenie trzeba podkreślić, że standardowe kontrole wynikające z uregulowań ustawy o towarach paczkowanych, charakteryzuje mała uciążliwość ze strony organów administracji miar w stosunku do podmiotów kontrolowanych. Generalnie kontrole te trwają kilka godzin i odbywają się praktycznie w magazynie wyrobów gotowych. Natomiast w przypadku wyżej zaprezentowanej metody pomiaru wyrobów aerozolowych, badanie metrologiczne partii dopuszczonej przez kontrolowanego do obrotu jest bardziej złożone i związane z oczekiwaniem na wynik badania w innym laboratorium. Niemniej jednak, co szczególnie podkreślają kontrolowani przedsiębiorcy, pozytywna ocena systemu kontroli wewnętrznej ilości towaru paczkowanego, wykonana przez organy administracji miar podczas kontroli, jest swoistym zatwierdzeniem procedur stosowanych przez producenta i gwarantuje, że ilość rzeczywista towaru paczkowanego odpowiada ilości nominalnej deklarowanej na opakowaniu. Wyeliminowanie nieprawidłowości w procesie paczkowania towarów ujawnionych przez inspektorów organów administracji miar, w wyniku kontroli, dają konsumentom poczucie, że zakupiony towar jest zgodny z deklaracją ilościową producenta.

# Ważenie pojazdów w ruchu. Stan obecny oraz perspektywy zastosowania systemów Weigh-In-Motion w celach administracyjnych

## Weighing vehicles in motion. The present state and prospects of Weigh-In-Motion systems application for law-enforcement

**Rafał L. Ossowski** (Laboratorium Masy GUM; Central Office of Measures, Mass Laboratory),

**Piotr Burnos** (Katedra Metrologii i Elektroniki, Akademia Górniczo-Hutnicza; AGH University of Science and Technology – Department of Measurement and Electronics)

W artykule omówiono stan wiedzy dotyczący systemów ważenia pojazdów samochodowych w ruchu Weigh-In-Motion (WIM). Przedstawiono klasyfikację urządzeń, obszar obecnego zastosowania oraz możliwości Głównego Urzędu Miar do przeprowadzenia badań pozwalających na wyznaczenie charakterystyk metrologicznych, niezbędnych przy zatwierdzeniu typu oraz legalizacji pierwotnej i ponownej. Opisano również doświadczenia i zdolności techniczne zespołu ds. administracyjnych systemów WIM w zakresie ich konstruowania i badania właściwości. Zaprezentowano ideę zapoczątkowaną przez Akademię Górniczo-Hutniczą w Krakowie, dotyczącą wprowadzenia do użytku administracyjnego systemów WIM, czyli możliwości ich zastosowania do ciągłej kontroli masy pojazdów na wzór kontroli prędkości przez fotoradary.

The paper discusses the present state of knowledge of road vehicles in-motion weighing systems (WIM). The paper presents classification of equipment, the current area of applications and the Central Office of Measures potential for research determining metrological characteristics necessary for type approval, initial verification and subsequent verification. The experience and technical expertise of the team on law-enforcement WIMs, concerning systems construction and examination of their properties, are also described. The paper presents the idea, originated by the AGH University of Science and Technology, Krakow, of the use of WIM systems for law-enforcement, i.e. their potential application to continuous vehicle weight control in a manner similar to the way the speed enforcement cameras are employed.

### Wprowadzenie

Położenie geograficzne Polski jest niezwykle korzystne z ekonomicznego punktu widzenia, ze względu na skrzyżowanie szlaków komunikacyjnych północ-południe i wschód-zachód. Jednocześnie jednak, duże natężenie samochodowego ruchu tranzytowego naraża infrastrukturę drogową na znaczne obciążenia użytkowe, a w konsekwencji niszczenie oraz degradację dróg publicznych. Oprócz czynników będących poza kontrolą, takich jak gwałtowne zmiany klimatyczne czy zróżnicowane natężenie ruchu, kontroli i eliminacji mogą podlegać działania celowe, zmierzające bezpośrednio do niszczenia infrastruktury drogowej lub narażające zdrowie i życie innych użytkowników dróg publicznych. Do czynników tych

### Introduction

From the economic point of view, the geographical situation of Poland is particularly advantageous due to the intersection of North-South and East-West communication routes. However, the large volume of transit traffic translates into heavy traffic loads of road infrastructure and, consequently, damaging and deterioration of public road network. Besides of uncontrolled factors, like climate change, severe weather phenomena or variations in traffic density, there are other factors that can be controlled and eliminated, such as intentional acting, aimed directly at damaging road infrastructure or putting at risk health or life of road users. These factors indisputably include: vehicles travelling on the road, whose weight is great-



należą niewątpliwie poruszające się po drogach publicznych samochody o masie większej niż ich całkowita masa dopuszczalna, nieprzestrzeganie przez kierowców przepisów związanych z czasem pracy oraz użytkowanie samochodów, ogólnie mówiąc, niesprawnych technicznie. Szczególnie niebezpieczne dla dróg i innych użytkowników są przeciążone samochody ciężarowe, a ostatnio coraz częściej pojazdy o dopuszczalnej masie całkowitej nieprzekraczającej 3,5 tony [1]. Dalsza część artykułu poświęcona jest głównie metodzie skutecznego wykluczenia z ruchu pojazdów przeciążonych.

### Rodzina urządzeń WIM – aktualny stan wiedzy

Wśród urządzeń wyznaczających masę pojazdów w ruchu Weigh-In-Motion (WIM), ze względu na szybkość przejazdową pojazdów poddawanych pomiarowi, można wyodrębnić dwie zasadnicze grupy. Pierwszą stanowią wagi, które przystosowane są do ważenia pojazdów poruszających się z niewielkimi (poniżej 15 km/h) szybkościami, a do drugiej należą systemy wyznaczające masę pojazdów, które poruszają się z dużymi szybkościami, od 20 km/h do 110 km/h. Urządzenia ważące pojazdy w ruchu przy małych szybkościach, tzw. LS-WIM (Low Speed WIM), bazujące głównie na rozwiązaniach tensometrycznych [2], są aktualnie szeroko stosowane i podlegają prawnej kontroli metrologicznej, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 25 września 2007 r. w sprawie wymagań, którym powinny odpowiadać wagi samochodowe do ważenia pojazdów w ruchu, oraz szczegółowego zakresu badań i sprawdzeń wykonywanych podczas prawnej kontroli metrologicznej tych przyrządów pomiarowych (Dz. U. poz. 281) [3]. Przy takim badaniu Główny Urząd Miar stosuje akceptowane w OIML R-134 podejście modułowe, w którym, bazując na spójności pomiarowej gwarantowanej przez producenta tensometru (deklarowana zgodność urządzenia z OIML R-60 [3]), wykonuje się kolejno następujące badania, które dotyczą:

- odporności miernika na zakłócenia elektryczne i elektromagnetyczne (Zakład Elektryczny i Zakład Mechaniki GUM),
- dokładności wskazań i odporności miernika na skrajne warunki klimatyczne (zmiana temperatury w zakresie stosowania wagi i wpływ wilgotnego gorąca – Zakład Mechaniki GUM),

er that their permissible gross weight, failure to observe driving time limit and the use of defective vehicles. Particularly dangerous for roads and road users are overloaded goods vehicles and, recently more often, vehicles not exceeding 3,5 tonnes permissible gross weight [1]. Subsequent sections are focused mainly on the method for effective elimination of overloaded vehicles from road.

### The family of WIM systems – the current state of knowledge

Weigh-In-Motion systems (WIMs) can be categorized into two fundamental groups with respect to the weighed vehicle speed. Into the first group are classified scales designed for weighing vehicles passing at low (below 15 km/h) speeds, the second group comprises WIM systems that determine weights of vehicles moving with high speeds (from 20 km/h to 110 km/h). Automatic systems for weighing road vehicles in motion at low speeds (Low Speed WIMs) employing chiefly strain gauge load cells [2] are extensively used and they are subject to legal metrological control, according to the Ordinance of the Minister of Economy of September 25, 2007 on requirements concerning automatic instruments for weighing road vehicles in motion, and detailed scope of tests and checking performed during legal metrological control of these measuring instruments (Journal of Law 2007, item 281) [3]. For the purpose of that control the Central Office of Measures (GUM) applies modular approach, according to the OIML R-134 Recommendation, based on the measurement traceability guaranteed by a strain gauge manufacturer (declared compliance of the device with OIML R-60 [3]), and performs the following test concerning:

- the measuring instrument immunity to electrical disturbances and electromagnetic interference (Electricity Department and Mechanics Department, GUM)
- accuracy of the measuring instrument indications and its immunity to extreme environmental conditions (temperature variation and damp heat – Mechanics Department, GUM)
- the measuring instrument software immunity to disturbance signals and external interference by unauthorized persons (IT and Software Research Department, GUM).

- odporności oprogramowania miernika na sygnały zakłócające oraz ingerencję z zewnątrz (Biuro Informatyki i Badania Oprogramowania GUM).  
Następnie wykonywane są, najkosztowniejsze w całym procesie, badania wagi w miejscu jej zainstalowania z wykorzystaniem kilku pojazdów dwu- i wieloosiowych o znanej masie, wstępnie zważonych na wadze nieautomatycznej [4]. Pozytywne przejście powyższych badań umożliwia wydanie decyzji o zatwierdzeniu typu oraz późniejszej legalizacji wagi wolnoprzejazdowej LS-WIM, co w efekcie zezwala na wykorzystanie jej do celów administracyjnych (rys. 1).

Then the field tests of a WIM system are carried out at the site of its installation, using several two-axle and multi-axle vehicles with known weights, pre-weighed on a non-automatic weighing instrument [4]; this is the most expensive part of the whole process. Passing these examinations is necessary to make decision on type approval and subsequent verification of a Low-Speed WIM and, consequently, its use for law-enforcement (Fig. 1).

A major drawback of low-speed WIMs is their relatively low effectiveness: the control procedure takes up to several ten minutes and it requires the interven-



Rys. 1. Waga LS-WIM umożliwiająca ważenie pojazdów w ruchu przy szybkości przejazdowej poniżej 15 km/h

fol. Laboratorium Masy GUM

Fig. 1. LS-WIM automatic instrument for weighing vehicles in motion at the speed below 15 km/h

Source: Central Office of Measures, Mass Laboratory

Za główną wadę wąg wolnoprzejazdowych uważa się stosunkowo niską efektywność kontroli (trwa ona do kilkudziesięciu minut dla jednego samochodu) oraz konieczność obsługi wagi przez operatora. Wynika to z faktu, że kontrola wymaga skierowania pojazdu na specjalne stanowisko, zważenia i spisania protokołu ważenia.

Zgoła odmiennie wygląda sytuacja w przypadku systemów umożliwiających wyznaczanie masy pojazdów, które poruszają się z dużymi szybkościami, tzw. systemów High Speed WIM (HS-WIM). Jest to potencjalna alternatywa dla statycznych lub wolnoprzejazdowych metod pomiaru. Czujniki nacisku takich systemów są montowane pod nawierzchnią jezdni, w pasie głównego przekroju drogi. Wazeniu podlega każdy pojazd poruszający się pasem ruchu, na którym zainstalowany jest system, co zwiększa efektyw-

tion of an operator since a vehicle shall be directed into the check site, weighed, and a report on weighing shall be prepared.

Quite a different situation occurs in the case of systems that enable to determine the mass of vehicles moving with high speeds, i.e. high speed WIM systems (HS-WIMs). This is a potential alternative for static or low-speed measurement methods. In such systems load sensors are installed under the pavement in the traffic lane of the roadway. Each vehicle travelling in the lane in which the system is installed is weighed, therefore increasing the effectiveness of vehicles control. A major disadvantage of HS-WIM systems is their limited weighing accuracy. The main, but not the only, reason that prevents their use as law-enforcement systems, i.e. enabling decisions concerning penalties for road traffic offences. Presently

ność kontroli. Podstawową wadą systemów HS-WIM jest jednak ograniczona dokładność ważenia. Jest to główna, ale nie jedyna przyczyna, która uniemożliwia wykorzystanie tych systemów, jako urządzeń ważących do celów administracyjnych, czyli umożliwiających podejmowanie rozstrzygnięć w zakresie opłat za wykroczenia. Obecnie systemy te nie są traktowane na równi z wagami oraz nie istnieją krajowe regulacje prawne w tym zakresie.

### Zastosowanie systemów HS-WIM do identyfikacji pojazdów przeciążonych

Za najbardziej atrakcyjną cechę systemów HS-WIM należy uznać brak istotnego ograniczenia co do szybkości kontrolowanego pojazdu. Powoduje to jednak, że w nacisku osi na podłoże dominuje składowa dynamiczna, wymuszona m.in. nierównościami nawierzchni drogi, co utrudnia estymację składowej stałej nacisku osi, do której odnoszą się przepisy prawa. Dodatkowe czynniki zakłócające (zmiana temperatury nawierzchni, zmiana szybkości pojazdu podczas ważenia, etc.) powodują, że wynik ważenia w systemie HS-WIM może znacznie różnić się od wyniku dokładnego ważenia statycznego. Powoduje to, że systemy tego typu są na ogół tylko uzupełnieniem statycznych lub wolnoprzejazdowych punktów kontroli masy pojazdów i pełnią rolę systemów preselekcyjnych. Współpraca systemów HS-WIM z dokładnymi wagami statycznymi podnosi tym samym efektywność kontroli pojazdów nie zaburzając normalnego ruchu drogowego.

Systemy HS-WIM charakteryzują się dużą różnorodnością strukturalną. Ich budowa i funkcje zależą od rodzaju zastosowanych w systemie czujników nacisku, liczby mierzonych parametrów poruszających się pojazdów, etc. Na rys. 2 przedstawiono przykładowy system HS-WIM, który został zbudowany w Katedrze Metrologii i Elektroniki AGH w Krakowie. Posiada on klasyczną strukturę, w skład której wchodzi dwa czujniki nacisku, jedna pętla indukcyjna oraz czujnik temperatury asfaltu [5].

Czujniki nacisku mają długość odpowiadającą szerokości pasa ruchu, natomiast odległość między nimi jest dobierana indywidualnie dla danego stanowiska na podstawie badań symulacyjnych uwzględniających charakter ruchu drogowego oraz jakość nawierzchni. Z czujnikami współpracuje podrzędny analogowy układ kondycjonowania sygnałów, na wy-

these systems are not regarded to be equivalent to weighing instruments and there are no relevant national regulations.

### The use of HS-WIM systems for identification of overloaded vehicles

The fact that HS-WIM systems impose no significant constrain on the speed of a controlled vehicle should be considered their most attractive property. This, however causes that, due to the road pavement roughness, the axle load contains a dominant dynamic component hampering the estimation of the axle load constant component, to which the applicable regulations refer. Additional disturbing factors (the pavement temperature variation, a change in the vehicle speed during weighing, etc.) cause that HS-WIM weighing result may differ considerably from the accurate static weighing result. Such systems are, in general, only supplemental to static or low-speed weighing stations, and are employed for pre-selection purposes. Thereby the cooperation of HS-WIM with accurate non-automatic weighing instruments improves the effectiveness of vehicles control while not affecting normal road traffic.

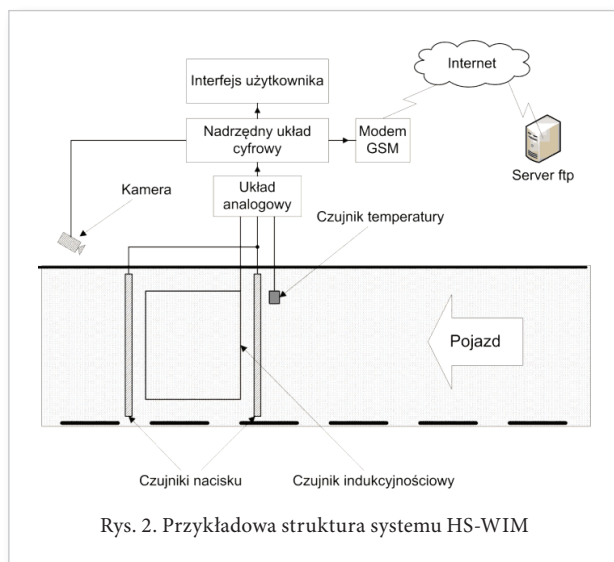
HS-WIM systems are characterized by their considerable structural diversity. Their structure depends on the type of load sensors used in the system, the number of measured parameters of moving vehicles, etc. Fig. 2 shows an example HS-WIM system built in the Department of Measurement and Electronics of the AGH University of Science and Technology in Krakow. It utilizes a classic structure comprising two load sensors, one inductive loop and the asphalt temperature sensor [5].

The length of load sensors equals the lane width, and their spacing is determined individually for a given site through simulations, taking into account both the traffic characteristics and the pavement quality. Load sensors are utilized by the analogue signal conditioning subsystem which produces the output signal proportional to the measured axle load on pavement. The tasks of the master digital system are: algorithmic processing of signals, estimation of axle loads and other vehicle's parameters, temperature correction of weighing results, etc. The digital system also allows archiving, visualisation and analysis of measurement data. If the system is equipped with a video camera it also enables to identify a vehicle. For this

ściu którego otrzymuje się sygnał proporcjonalny do siły nacisku mierzonej osi pojazdu. Zadaniem nadrzędnego układu cyfrowego jest algorytmiczna obróbka sygnałów, estymacja nacisków osi oraz innych parametrów pojazdów, korekcja temperaturowa wyników ważenia, etc. Ponadto układ cyfrowy umożliwia wizualizację, analizę i archiwizację danych pomiarowych. W przypadku wyposażenia sy-

purpose are used automatic vehicle identification systems (AVI) that enable to read out and identify the vehicle's registration number.

For several years the Department of Measurement and Electronics of the AGH University of Science and Technology in Krakow has been carrying out research into developing HS-WIM system with characteristics sufficiently good to be utilized for law-enforcement



Rys. 2. Przykładowa struktura systemu HS-WIM

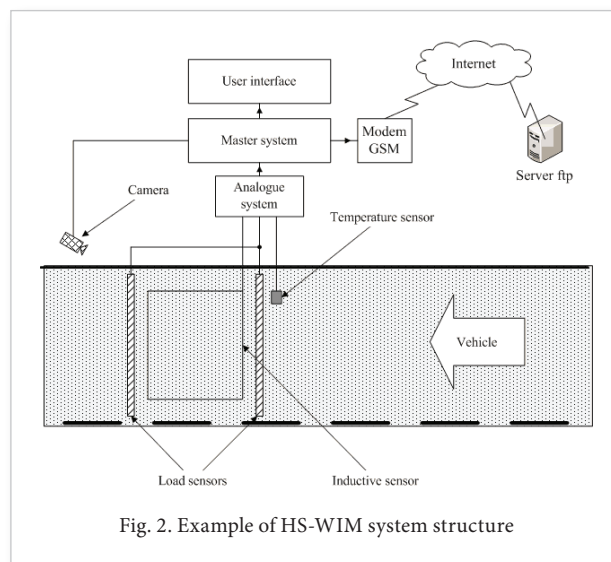


Fig. 2. Example of HS-WIM system structure

stemu w kamerę wizyjną, możliwa jest identyfikacja pojazdu. W tym celu stosuje się tzw. systemy AVI (Automatic Vehicle Identification), umożliwiające odczyt i rozpoznanie numeru rejestracyjnego.

W Katedrze Metrologii i Elektroniki AGH w Krakowie od kilku lat prowadzone są badania związane z opracowaniem systemu HS-WIM o cechach na tyle dobrych, aby mógł on być zastosowany do celów administracyjnych. Jednocześnie z pracami technicznymi Główny Urząd Miar podejmuje działania na polu metrologii naukowej i prawnej, zmierzające do opracowania standardów wyznaczania charakterystyk metrologicznych takich systemów, niezbędnych przy zatwierdzeniu typu oraz legalizacji pierwotnej i ponownej.

### Droga od systemów HS-WIM do administracyjnych systemów HS-WIM

Przewaga systemów HS-WIM nad wagami wolnoprzejazdowymi LS-WIM przy zastosowaniu do celów administracyjnych jest niepodważalna. Nerozwiązanym do chwili obecnej problemem jest

purposes. Concurrently with this research work, the Central Office of Measures conducts activities on the area of scientific and legal metrology aimed at developing standards for determining HS-WIM systems' metrological characteristics necessary for type approval, initial verification and subsequent verification.

### The road from HS-WIMs to HS-WIM law-enforcement systems

HS-WIMs have an unquestionable advantage over low-speed scales (LS-WIM) in applications for law-enforcement. The issues that still remain unsolved are: the lack of measurement traceability of the dynamic determination of mass, and significant (10 % on an average) relative error of measurements made by means of HS-WIM. In the light of the above, the construction of an innovative test site seems to be the appropriate measure. The test site shall be equipped with currently available load sensors of various types (bending plate - strain gauges, quartz) and devices for com-

brak spójności pomiarowej przy dynamicznym wyznaczaniu masy oraz znaczący (średnio na poziomie 10 %) błąd względny pomiaru dokonywanego za pomocą HS-WIM. Mając na uwadze powyższe, właściwym kierunkiem wydaje się być skonstruowanie nowoczesnego stanowiska badawczego, wyposażonego w dostępne aktualnie różne typy czujników nacisku (płytkowe – tensometryczne, kwarcowe) oraz urządzenia kompleksowo monitorującego zmiany warunków atmosferycznych. Stanowisko badawcze powinno również być wyposażone w wagę kontrolną, za pośrednictwem której weryfikowane byłyby wyniki ważenia dynamicznego. Wymienione działania są przedmiotem prac grupy roboczej działającej w ramach Klastra ITS (Intelligent Transportation Systems). W jej skład wchodzi: Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Główny Inspektorat Transportu Drogowego, Kapsch Telematic Services Sp. z o.o., CAT Traffic Sp. z o.o., TRAX Elektronik, Kistler oraz Główny Urząd Miar.

## Literatura

- [1] <http://www.gitd.gov.pl/dla-mediow/aktualnosci/prze-ciazania-w-pojezdzie-o-dmc-do-3,5-tony>
- [2] Burnos P., *Ważenie pojazdów samochodowych w ruchu. Część 3: Czujniki nacisku stosowane w systemach Weigh In Motion (WIM)*, [w:] Drogownictwo (2014) nr 9, ss. 275-279.
- [3] [http://bip.gum.gov.pl/pl/bip/akty\\_prawne/inne](http://bip.gum.gov.pl/pl/bip/akty_prawne/inne)
- [4] <https://www.oiml.org/en/publications/recommendations/>
- [5] Burnos P., Gajda J., Marszałek Z., Piwowar P., Sroka R., Stencil M., Żegleń T., *Road traffic parameters measuring system with variable structure*. [w:] Metrology and Measurement Systems (2011) vol. 18 no. 4. ss. 659-666.

prehensive weather conditions monitoring. It shall also be equipped with a reference scale for verification of dynamic weighing results. The above actions are the objectives of the working group within the Intelligent Transportation Systems Cluster, which includes: AGH University of Science and Technology, General Inspectorate of Road Transport, Kapsch Telematic Services Sp. z o.o., CAT Traffic Sp. z o.o., TRAX Elektronik, Kistler and Central Office of Measures, Mass Laboratory.

## Bibliography

- [1] <http://www.gitd.gov.pl/dla-mediow/aktualnosci/prze-ciazania-w-pojezdzie-o-dmc-do-3,5-tony>
- [2] Burnos P., *Ważenie pojazdów samochodowych w ruchu. Część 3: Czujniki nacisku stosowane w systemach Weigh In Motion (WIM)*, Drogownictwo (2014) nr 9, pp. 275-279.
- [3] [http://bip.gum.gov.pl/pl/bip/akty\\_prawne/inne](http://bip.gum.gov.pl/pl/bip/akty_prawne/inne)
- [4] <https://www.oiml.org/en/publications/recommendations/>
- [5] Burnos P., Gajda J., Marszałek Z., Piwowar P., Sroka R., Stencil M., Żegleń T., *Road traffic parameters measuring system with variable structure*. [w:] Metrology and Measurement Systems (2011) vol. 18 no. 4. pp. 659-666.

## Metrologia chemiczna jako polska specjalizacja realizowana w ramach współpracy między Głównym Urzędem Miar (GUM) a Uniwersytetem Warszawskim

### Metrology in chemistry as a smart specialization of Poland: the collaboration between Central Office of Measures (GUM) and University of Warsaw

**prof. dr hab. Ewa Bulska**

(Centrum Nauk Biologiczno-Chemicznych Uniwersytetu Warszawskiego, Wydział Chemii Uniwersytetu Warszawskiego; Biological and Chemical Research Centre, University of Warsaw Faculty of Chemistry, University of Warsaw)

Pomiary chemiczne są wymagane w wielu dziedzinach, gdyż wyniki analiz chemicznych są podstawą istotnych decyzji dotyczących bezpieczeństwa i jakości życia. Wyniki badań klinicznych służą lekarzowi przy podejmowaniu decyzji na temat stanu naszego zdrowia i ewentualnej konieczności stosowania terapii, dobranej na podstawie tych wyników. Wyniki badań żywności są podstawą dopuszczenia towaru do obrotu, a w konsekwencji do spożycia. Ale nie są to jedyne obszary zastosowań pomiarów chemicznych. Duże znaczenie mają również badania antydopingowe w sporcie, wspomaganie procesów produkcyjnych, czy monitorowanie stanu środowiska naturalnego.

Chemical measurements are required in many areas, mainly as a base for a number of important decisions in respect of the safety and quality of life. The results of clinical testing are used by medical doctor for the decisions on the status of the human health and in consequence to prescribe the fit for purpose therapy. The results of food examination are used for the decision whether the composition of the foodstuff fulfils the food safety requirements. There are some more fields of usefulness of the results of chemical measurements, e.g. antydoping analysis in sport domain, industrial testing of substrates and products, and last but not least the monitoring of the environment.

Współpraca między specjalistami z różnych dziedzin, jak również współpraca między samymi instytucjami, jest jednym z najważniejszych elementów rozwoju gospodarki opartej na wiedzy. Takim przykładem w Polsce jest wieloletnia współpraca Uniwersytetu Warszawskiego i Głównego Urzędu Miar. Obie instytucje uzupełniają się pod względem ich roli w społeczeństwie. UW prowadzi zarówno działalność naukową w zakresie badań podstawowych i stosowanych, między innymi w obszarze nauk przyrodniczych, jak również zajmuje się kształceniem studentów, tak aby ich wysokie kompetencje umożliwiały osiągnięcie sukcesów na rynku pracy. Główny Urząd Miar jest urzędem administracji rządowej, właściwym w sprawach miar i probiernictwa. W kompetencjach Głównego Urzędu Miar znajdują się zagadnienia związane z metrologią naukową, prawną i przemysłową oraz probiernictwem. Długoletnia współ-

Close collaboration between the experts from various disciplines, as well as collaboration between organizations become the most important driving force in the developing of the knowledge base economy. The ongoing collaboration between Central Office of Measures (GUM) and University of Warsaw should be pointed as a model case in Poland. Both institutions plays a specific and complementary roles in our society. The mission of University of Warsaw is focused on the top level science in basic and applied researches, e.g. in the field of natural science and on the teaching of highly educated specialists for the demanding job-market. The Central Office of Measures is the authority of governmental administration competent with respect to matters of measures and hall-marking. The field of competence of the GUM covers all topics related to the legal and scientific metrology. The collaboration between both institu-



Prof. Ewa Bulska w laboratorium CNBCh UW  
Professor Ewa Bulska in laboratory CNBCh UW

praca obu instytucji owocuje wieloma inicjatywami, szczególnie w obszarze metrologii chemicznej.

Warto przypomnieć, iż genezą metrologii jest naturalna potrzeba człowieka do porównywania różnych wielkości, na przykład czasu potrzebnego na wykonanie danej czynności, odległości między dwoma miastami, temperatury otoczenia czy też składu chemicznego danego obiektu. Porównywanie różnych wielkości zawiera w sobie zawsze odnośnienie się do jakiegoś wzorca. A w przypadku pomiarów wielkości chemicznych takim wzorcem może być czysta substancja chemiczna lub materiał odniesienia o certyfikowanej zawartości danej substancji.

Zasady metrologii w odniesieniu do pomiarów wielkości chemicznych nie różnią się oczywiście od zasad metrologii stosowanych w pomiarach wielkości fizycznych. Istotna jest natomiast specyfika i praktyczna realizacja tych zasad. Metrologia chemiczna to dynamicznie rozwijająca się dziedzina wiedzy wymagająca nierutynowych rozwiązań, integrująca wiedzę między innymi z zakresu chemii analitycznej, fizycznej, statystyki, jak również z pozornie odległych dziedzin, np. zarządzania i prawa.

Realizacja idei „gospodarki opartej na wiedzy” wymaga nie tylko kształcenia studentów na studiach stacjonarnych, ale w dużym stopniu ustawicznego podnoszenia wiedzy pracowników. W tym obszarze, ważnym osiągnięciem obu instytucji jest prowadzenie wspólnych studiów podyplomowych z metrologii chemicznej, których program powstał dzięki współpracującym instytucjom, między innymi Głównemu Urzędowi Miar i Polskiemu Centrum Akredytacji. Studia podyplomowe „Metrologia chemiczna” są prowadzone na Uniwersytecie Warszawskim od ponad

tions, standing for almost a decade, results in many initiatives, especially in the field of the metrology in chemistry.

It is worth to recall, that the measurements belongs to the human nature. The interest to compare the time needed for the particular activity, the distance between towns, the temperature of environment or the chemical composition of the objects, all were the driving force for establishing the system of comparison to the specific standards. In the case of chemical measurements, mainly pure chemical substances or the reference materials with certified content of substance of interest are using as a measurements standards.

Metrological principles of performing chemical measurements do not differs from those established for the measurements of physical properties of matter. However, the specificity of measurements are close related to the measuring properties. Over the last years, metrology in chemistry was found to be a dynamically developing field of knowledge, that requiring non-routine procedures combining the expertise of analytical chemistry, physic-chemistry, statistic, as well as less obviously, managements and law.

The idea of developing the „knowledge based economy” requires conducting curriculum not only for the stationary academic courses, but especially for the long-life-learning target groups of those already playing a role on job market. In this respect the University of Warsaw successfully collaborated with various institutions towards establishing and sustainable performing, the specialised one-year course dedicated to “Metrology in chemistry”. The curriculum was prepared jointly by main contributors, GUM, Polish Centre for Accreditation and University of Warsaw. During the last 10 years, over six hundred experts were graduates, namely those working in testing and calibrations labs, those working in industrial, clinical and environmental laboratories as well as the decision makers from the local authorities and state offices.

Another achievement is the conference “Quality of measurements in analytical chemistry”, aiming to be a forum for knowledge dissemination as well as scientific discussion on the accuracy of the results. The next edition of this conference, organized joint-

10 lat, co pozwoliło na wykształcenie ponad 600 ekspertów – pracowników laboratoriów badawczych i wzorcujących, urzędów państwowych, laboratoriów przemysłowych, klinicznych i tych zajmujących się badaniami środowiskowymi.

Kolejną ważną aktywnością jest wspólne organizowanie konferencji „Jakość w chemii analitycznej”, której celem jest zarówno szerzenie wiedzy na temat metrologii chemicznej, jak również stworzenie forum dyskusji naukowej poświęconej zagadnieniu wiarygodności wyników pomiarów chemicznych. W listopadzie 2015 r. odbędzie się kolejna konferencja, której współorganizatorami są Stowarzyszenie RefMat, Wydział Chemii Uniwersytetu Warszawskiego, Komitet Chemii Analitycznej PAN, Główny Urząd Miar, Polskie Centrum Akredytacji i Wydawnictwo MALAMUT.

Współpraca w dziedzinie szerzenia wiedzy nie jest jedynym obszarem wspólnej działalności. Od kilku lat obie instytucje intensywnie przygotowywały program działań umożliwiających wspieranie rozwoju polskiej metrologii chemicznej i biochemicznej. Ważnym krokiem, wieńczącym te działania, było podpisanie przez Ministra Gospodarki, Prezesa Głównego Urzędu Miar oraz JM Rektora Uniwersytetu Warszawskiego porozumienia ramowego o współpracy metrologicznej w dziedzinie chemii, czyli w obszarze metrologii chemicznej, która w wyniku systematycznych działań staje się polską specjalnością w metrologii i pomiarach. Porozumienie zostało podpisane 20 maja 2014 r. podczas uroczystych obchodów Światowego Dnia Metrologii i 95-lecia Głównego Urzędu Miar.

Podstawą tego porozumienia jest stwierdzenie, że obecny i potencjalny stan potrzeb gospodarki krajowej w sferze produkcji przemysłowej, ochrony środowiska, bezpieczeństwa żywności, medycyny i farmacji oraz kryminalistyki wymaga efektywnego wsparcia w postaci nowoczesnych rozwiązań z dziedziny metrologii chemicznej. Strony zadeklarowały zamiar intensywnych działań w kierunku rozszerzenia i doskonalenia metrologicznych podstaw innowacyjności i konkurencyjności gospodarki krajowej.



Podpisanie porozumienia o współpracy od lewej: Rektor Marcin Pałys (UW), Prezes Janina Popowska (GUM), Minister Janusz Piechociński (MG)  
 Signing of the agreement on cooperation from left: Rector Marcin Pałys (UW), President Janina Popowska (GUM), Minister Janusz Piechociński (MG)

ly by RefMat Society, University of Warsaw, Committee of Analytical Chemistry of the Polish Academy of Sciences, GUM, Polish Centre for Accreditation, and Editor House MALAMUT will take place in November 2015.

The collaboration on the area of the dissemination of knowledge, however considered as a very important issue, is not the only common activity of both institutions. Over the last few years the effort was done towards building the common strategy for enforcing the development of the Polish metrology in chemistry and biochemistry. Those efforts were concluded by the act of signature of the collaboration agreement between Mr. Minister of Economy, Mme. President of the Central Office of Measures and His Magnificence Rector of the University of Warsaw. Having state this, the metrology in chemistry becomes a smart specialization of Poland. The agreement was signed on 20th of May, 2014, during the official event of World Metrology Day together with the celebration of 95 years anniversary of GUM.

From the University, the activity related to the agreement will be performed at the Biological and Chemical Research Centre, the newly established European leading institution designed to conduct the breaking interdisciplinary researches in the field of natural sciences. The Centre plays a role of the tech-



Uniwersytet Warszawski wskazał Centrum Nauk Biologiczno-Chemicznych, jako jednostkę upoważnioną do realizacji tych zadań. CNBCh to wiodący, europejski ośrodek naukowy prowadzący nowatorskie badania z zakresu nauk przyrodniczych o charakterze interdyscyplinarnym, pełniący rolę ośrodka nowoczesnych technologii. W Centrum prowadzona jest działalność naukowo-badawcza powiązana z obszarami nowoczesnych technologii, w zakresie strategicznych z punktu widzenia rozwoju kraju kierunków, takich jak: biotechnologia, technologie biomedyczne, nauki chemiczne, technologie informatyczne i informacyjne, nanotechnologie, nowe materiały w medycynie, przemyśle, ochronie środowiska. Nadrzędnym celem Centrum jest prowadzenie badań interdyscyplinarnych o tematyce silnie powiązanej z potrzebami gospodarki.

Podpisana formalna umowa między Ministerstwem Gospodarki, Głównym Urzędem Miar oraz Uniwersytetem Warszawskim stanowi nie tylko ukoronowanie dotychczasowej współpracy, ale przede wszystkim otwiera nowe możliwości realizacji odważnych projektów, wspierających rozwój innowacyjnych działań w obszarze metrologii chemicznej. Ważnym elementem tej współpracy są działania związane z pozyskiwaniem wspólnych projektów, między innymi z funduszy EMPIR. Pierwszym sukcesem jest udział w konsorcjum projektu EMPIR 2015–2018 „Matrix reference materials for environmental analysis”, przyjętego do realizacji w latach 2015–2018. Koordynatorem projektu jest TUBITAK (Turkiye Bilimsel ve Teknolojik Arastirma Kurumu, Turcja), a członkami konsorcjum z Polski są Główny Urząd Miar i Centrum Nauk Biologiczno-Chemicznych Uniwersytetu Warszawskiego.

Warto podkreślić, że dzięki systematycznym działaniom i zaangażowaniu stron, metrologia chemiczna staje się polską specjalnością. Dotychczasowe osiągnięcia to pierwsze w Europie studia podyplomowe z zakresu metrologii chemicznej, ciesząca się ogromnym zainteresowaniem konferencja poświęcona jakości wyników pomiarów „Jakość w chemii analitycznej”, jak również realizacja projektów badawczych poświęconych wytwarzaniu i certyfikacji chemicznych materiałów odniesienia, projektów finansowanych zarówno z funduszy krajowych, jak również europejskich, wreszcie – wspomniany wcześniej program EMPIR.

no-park, aiming to act as a knowledge transfer centre for new technology to economy.

The research activities of Biological and Chemical Research Centre is focus mainly on the development of modern technology in the fields related to strategic area of the economic development in Poland. Those are namely biotechnology, biomedical technology, chemistry and biochemistry, nanotechnologies and new materials for medical, industrial and environmental applications. The main goals is to fit to the purpose of the country economy.

The formal agreement between Ministry of Economy, GUM and University of Warsaw, being the results of previously conducting collaboration, is consider as a new frame for further common activities in various innovative projects related to the development of the chemical measurements. The important step is the common application to EMPIR founding with a first success to become a member of the consortium of the project „Matrix reference materials for environmental analysis” for 2015–2018. The project is coordinate by TUBITAK (Turkiye Bilimsel ve Teknolojik Arastirma Kurumu, NMI from Turkey) and both collaborating institutions from Poland become the members of this consortium, GUM and University of Warsaw, with its Biological and Chemical Research Centre.

To conclude, it is worth to highlight that the systematically performer activities and involvement of both institutions results in putting the metrology in chemistry into the position of becoming our Polish smart specialization. The first in Europe expert studies dedicated to metrology in chemistry, well attend conference, organized every two years, dedicated to the quality of the results of chemical measurements as well as project related activities, e.g. from EMPIR finds, are the millstones which proofs the established model of close collaboration between academia and state agency, here University of Warsaw with GUM. We are looking forward for the future achievements.

## EURAMET – The gateway to Europe’s integrated metrology community

### EURAMET – otwarta droga do integracji europejskiej wspólnoty metrologicznej

Reliable and traceable measurement underpins the welfare of a modern society and plays an important role in supporting economic competitiveness, manufacturing and trade as well as quality of life. An advanced metrological infrastructure is required to address the technological and societal challenges. Meeting the high demands is only achievable through international cooperation involving the National Metrology Institutes (NMIs). This very important metrological collaboration in Europe is coordinated by EURAMET, the European Association of National Metrology Institutes.

With 37 Member-NMIs, 76 associated Designated Institutes, the Joint Research Centre (JRC-IRMM) and various Liaison

EURAMET e.V. is located in Braunschweig (Germany) with a subsidiary based in Teddington (United Kingdom). The association is one of five Regional Metrology Organisations (RMOs) worldwide which lead the cooperation of National Metrology Institutes in the development of the metrology infrastructure in their regions.

Organisations, EURAMET is the gateway to Europe’s integrated metrology community. Already since 2007 Poland’s Central Office of Measures (GUM) is one of EURAMET’s members and is contributing to the work of the organisation in different ways.



#### Objective

It is EURAMET’s mission to develop and disseminate an integrated, cost effective and internationally competitive measurement infrastructure for Europe, always taking into account the needs of industry, business and governments.

With its services the organisation supports its members to meet their national requirements and to establish a balanced European measurement infrastructure. Enhancing the benefits of metrology to society is one of the highest priorities for EURAMET and its members.

#### Tasks & Collaboration

To achieve these goals EURAMET coordinates the collaboration of its members in Research and Development in Metrology, Traceability of measurements to the SI units and international recognition of national measurement standards and related Calibration and Measurement Capabilities (CMC).

Technical collaboration in EURAMET is organised within ten Technical Committees. They focus on areas such as Acoustics, Mass, Time or Thermometry up to Ionising Radiation. In addition, two Committees deal with the horizontal topics “Quality” and “Interdisciplinary Metrology”. The Technical Committees are EURAMET’s forum for scientific and technical cooperation in the respective fields.

#### EURAMET’s European Metrology Research and Innovation Programmes

EURAMET is responsible for the implementation of two joint Research Programmes: the European Metrology Research Programme (EMRP) and its successor, the European Metrology Programme for Innovation and Research (EMPIR) which is nearing completion of negotiations with the Commission.

Both programmes are co-funded by the European Union and the participating states and focus on research to address societal Grand Challenges in areas such as energy, environment

and health. With EMPIR there is an increased focus on innovation activities to target the needs of industry and accelerate the uptake of research outputs.

The programmes enable European National Metrology Institutes, industrial organisations and academia to collaborate on joint research projects. Since 2007 140 joint research projects have been funded under the EMRP, with a further 19 expected in the first year of EMPIR.

GUM for example participated in several of the EMRP joint research projects in the fields of Energy, Environment, Industry and SI Broader Scope. Depending on the objective of the project, stakeholders from various international organisations may be involved.

#### EURAMET General Assembly hosted by GUM

The General Assembly is the highest authority and decision making body of EURAMET and meets once per year to take strategic decisions and define EURAMET’s objectives. The meeting is of highest importance for the organisation and this year it will be held in Krakow (Poland) for the first time.

At the beginning of June EURAMET Delegates, Associates, officials and guests will discuss the latest developments of the organization and take decisions for EURAMET’s future.

Additionally a scientific symposium on “Metrology meeting the challenges in energy, environment and health” with high level speakers will take place.

EURAMET is grateful that its valued Delegate Ms Janina Maria Popowska from the Central Office of Measures offered to host the 9th General Assembly. The organisation is looking forward to the event in Krakow and to meet the engaged colleagues from GUM.

Next to the General Assembly related meetings such as the EMPIR Committee Meeting and Research Council Meeting are carried out. These meetings focus on the research agenda of the organisation.

For further information please visit [www.euramet.org](http://www.euramet.org)



Since 1919

# 9th EURAMET General Assembly

**POLAND KRAKÓW**  
**1-5 JUNE 2015**

Under honorary patronage of  
Deputy Prime Minister,  
Minister of Economy  
Mr. Janusz Piechociński



## Wzorcowanie metodą objętościową zbiorników pomiarowych do cieczy posadowionych na stałe

### Volumetric method used for calibration of the fixed storage tanks

**Tadeusz Lach, Andrzej Lewicki** (Biuro Metrologii Prawnej, GUM)

W artykule opisano tak zwaną metodę objętościową wzorcowania zbiorników, z wykorzystaniem przepływomierzy (liczników kontrolnych) podczas wykonywania czynności związanych z prawną kontrolą metrologiczną zbiorników pomiarowych do cieczy posadowionych na stałe. Wspomniana metoda wykorzystuje objętości mierzone przez przepływomierz do sporządzenia tabeli objętości zbiornika. W artykule przedstawiono również sposób wyznaczenia dawek cieczy dla przepływomierza oraz niezbędne wyposażenie stosowane do tych pomiarów. Metoda objętościowa jest jedną z najbardziej popularnych metod wykorzystywanych przez terenową administrację miar do wzorcowania cylindrycznych zbiorników poziomych, przykładowo montowanych na stacjach paliw.

This article describes so-called "volumetric method" of the calibration of tanks by using volumetric meter during carrying out the legal metrological control measuring tanks. Above mentioned method uses volumes measured by the meter to determine the tank capacity table. Article also shows how to determine the dose of liquid for meter which depends of the type of the tank and of the equipment used for this measurements. Volumetric method is one of the most popular method used by Local Verification Offices (measures administration authority) to calibrate horizontal cylindrical tanks, e.g, used in petrol stations.

52

#### Wprowadzenie

Zbiorniki pomiarowe do cieczy posadowione na stałe, służące do pomiaru objętości cieczy podlegają prawnej kontroli metrologicznej. Kontrola ta, obejmująca zatwierdzenie typu i legalizację pierwotną oraz legalizację ponowną, jest wykonywana w miejscu zainstalowania zbiorników. Zarówno podczas badań typu, legalizacji pierwotnej, jak i legalizacji ponownej zbiorników pomiarowych do cieczy posadowionych na stałe, administracja miar przeprowadza wzorcowanie zbiornika. Służy ono do wyznaczenia tablicy objętości zbiornika, w której podane są wartości objętości cieczy zawartej w zbiorniku, w zależności od wysokości jego napełnienia. Zbiorniki posadowione na stałe można wzorcować metodą objętościową albo metodą geometryczną. W dalszej części artykułu zajmiemy się omówieniem metody objętościowej do wzorcowania zbiorników pomiarowych do cieczy posadowionych na stałe.

#### Informacje ogólne

Metoda objętościowa polega na napełnianiu zbiornika wodą (w przypadku zbiornika wyposażonego w miernik, zbiornik można napełniać cieczą, do której jest on przeznaczony) oraz odczytaniu i zapisaniu wysokości napełnienia zbiornika dla poszczególnych dawek objętości cieczy wypełniających zbiornik. W odniesieniu do przepisów i norm międzynarodowych, w powyższym przypadku mogą mieć zastosowanie wymagania normy ISO 4269:2001 Petroleum and liquid petroleum products – Tank calibration by liquid measurement – Incremental method using volumetric meters, wydanie pierwsze, z dnia 15 marca 2001 r. Norma ta dotyczy wzorcowania zbiorników metodą objętościową za pomocą przepływomierza objętości. Ciecz użyta do wzorcowania służy jako medium do przenoszenia znanej objętości.

## Jakie zbiorniki wzorcuje się metodą objętościową

Zbiorniki posadowione na stałe w kształcie cylindra o osi głównej poziomej, prostopadłościanu, graniastosłupa stojącego, stożka ściętego, ostrosłupa i kuli, powinno się wzorcować metodą objętościową. Metodą tą również można wzorcować zbiorniki w kształcie cylindra o osi głównej pionowej o pojemności mniejszej niż 50 m<sup>3</sup>. W przypadku, kiedy pojemność zbiornika w kształcie cylindra o osi głównej pionowej jest większa niż 50 m<sup>3</sup>, zbiornik można wzorcować metodą objętościową. Podobnie, jeśli kształty zbiornika są nieregularne lub wewnątrz niego występują szkodliwe opary. Za pomocą metody objętościowej wyznaczeniu podlega objętość zalewu częściowego zbiornika w kształcie cylindra o osi głównej pionowej, dokonywana podczas wzorcowania zbiornika metodą geometryczną. Jeśli mamy do czynienia ze zbiornikiem w kształcie cylindra o osi głównej pionowej wyposażonym w dach pływający, istnieje możliwość wyznaczenia wyporności dachu pływającego.

## Przyrządy pomiarowe stosowane przy wzorcowaniu zbiornika metodą objętościową

Podczas wzorcowania zbiornika metodą objętościową stosuje się kolby metalowe II rzędu lub kontrolny licznik objętości. Błąd kontrolnego przepływomierza objętości – licznika, powinno się wyznaczyć za pomocą kolby metalowej II rzędu o pojemności nie mniejszej niż 500 litrów. Norma ta przewiduje możliwość zastosowania w tej metodzie przepływomierza typu waporowego albo turbinowego. Licznik powinien być wykonany z materiału odpowiedniego do pracy z cieczą użytą do wzorcowania zbiornika. W przypadku przepływomierza waporowego stała przepływomierza nie może odchyłać się o więcej niż 0,2 % w zakresie od 10 % do 100 % maksymalnej wydajności nominalnej przepływomierza. W przypadku przepływomierza turbinowego stała  $K$  (liczba impulsów generowanych przez licznik na jednostkę objętości przepływającej przez ten licznik) nie może odchyłać się o więcej niż 0,2 % w zakresie od 10 % do 100 % maksymalnej przepustowości przepływomierza. Ponadto, dla takiego przepływomierza powinno być utrzymywane przeciwcisnienie przekraczające 100 kPa, aby zapobiec kawitacji. Dobór przepływomierza do wzorcowania zbiornika może zależeć od

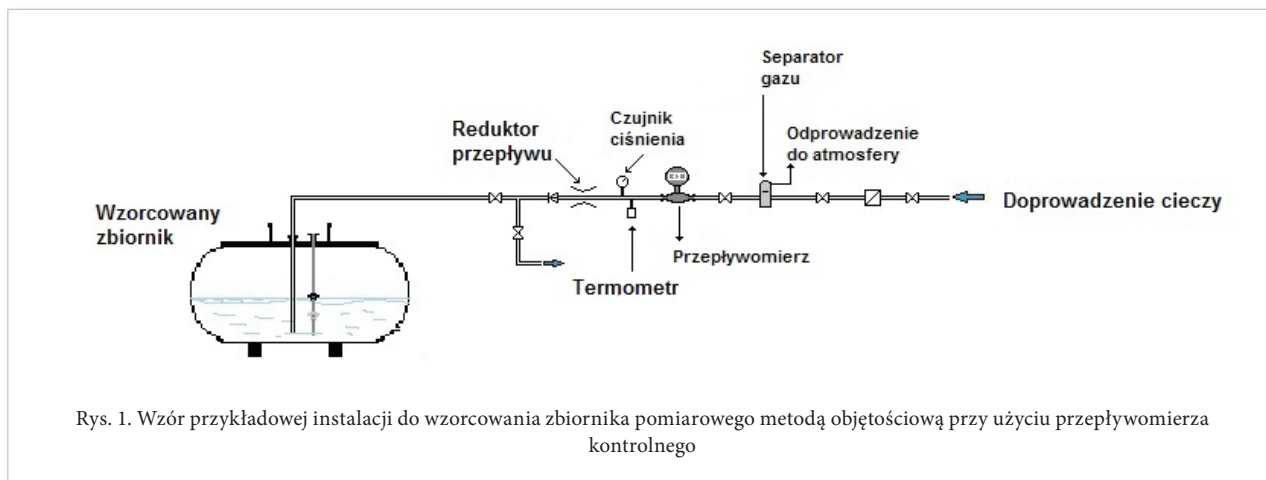
roboczego zakresu zastosowanej szybkości przepływu podczas wzorcowania zbiornika, maksymalnego ciśnienia podawanego na licznik, cieczy, którą ma mierzyć licznik, zakresu temperatur oraz lepkości, w których licznik będzie pracować. Jak przewiduje ww. norma, do wzorcowania zbiornika nie powinno się stosować liczników zawierających kompensator temperatury. Licznik powinien być dostarczony z charakterystyką stałej  $K$  dla danej cieczy, lepkości, temperatury i zakresu szybkości przepływu, w których licznik będzie używany. Powtarzalność wskazań przepływomierza powinna być taka, aby wyniki z pięciu kolejnych sprawdzeń mieściły się w zakresie  $\pm 0,025\%$  z uwzględnieniem poprawek na temperaturę, ciśnienie i lepkość. Do odczytywania wysokości napełnienia mogą służyć przymiary sztywne, przymiary wstępowe, cieczowskazy i mierniki. W przypadku zastosowania przepływomierza, wyposażenie dodatkowe może stanowić separator powietrza, ogranicznik przepływu, manometr, zawory odcinające, filtr, tłumik udarów, przeziernik, syfon itp.

## Przebieg wzorcowania

Przed przystąpieniem do wzorcowania zbiornik powinien być napełniony cieczą o gęstości nie mniejszej niż gęstość cieczy przewidywanej do magazynowania w zbiorniku podczas jego eksploatacji. Przed rozpoczęciem wzorcowania powinna być sprawdzona szczelność instalacji. Przy wzorcowaniu metodą objętościową zbiornika pomiarowego powinny być zapewnione przez zgłaszającego niezbędne do wzorcowania ilości wody lub cieczy oraz instalacje doprowadzające ciecz do przyrządów kontrolnych, wykonane rusztowania (jeżeli zachodzi potrzeba ich stosowania), na których będą ustawiane kolby metalowe lub licznik kontrolny oraz w przypadku stosowania przymiaru wstęgowego zderzaki zaciskowe, wykonane ze stopu miedzi lub ze stopu aluminium.

Schemat przykładowej instalacji przedstawia rysunek 1. Instalacja na poniższym schemacie wyposażona jest w przykładowe elementy.

Przed zaprojektowaniem instalacji należy mieć na uwadze ukształtowanie rurociągu. Powinno być ono takie, aby zapewniało minimalny spadek ciśnienia i minimalne turbulencje cieczy. Licznik powinien być tak zainstalowany, aby nie działały na niego żadne naprężenia, w szczególności związane z rozszerzalnością cieplną rurociągu. Przewody giętkie moż-



na stosować do zasilania instalacji cieczą, natomiast w przypadku ich zastosowania za licznikiem, ich sumaryczna długość powinna być sprowadzona do minimum. Licznik powinien być sprawdzony przed przystąpieniem do wzorcowania zbiornika. Sprawdzenie wykonuje się tuż przed rozpoczęciem i po zakończeniu wzorcowania. Gdy proces wzorcowania zostanie wydłużony poza jeden dzień, licznik powinien być sprawdzany każdego dnia przy rozpoczęciu i kończeniu wzorcowania.

### Metodyka wyznaczania dawek

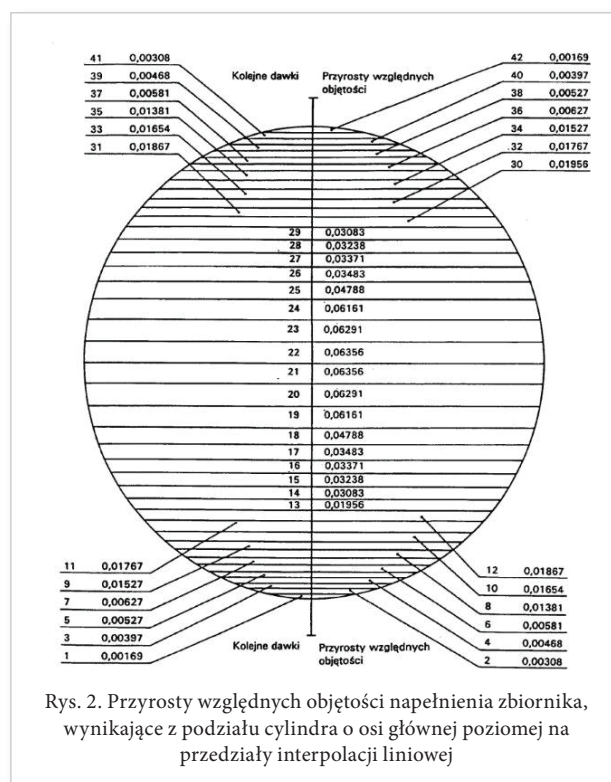
Przed przystąpieniem do wzorcowania zbiornika metodą objętościową, należy określić objętość dawek cieczy, którymi zbiornik pomiarowy będzie wzorcowany, przy czym w przypadku:

- zbiornika o stałym przekroju poziomym na całej wysokości, dawki cieczy powinny mieć taką objętość, która spowoduje zmianę wysokości napełnienia co najmniej 200 mm, lecz nie większą niż wysokość jednej cargi zbiornika, przy czym objętość ta nie może przekraczać 25 % pojemności zbiornika;
- zbiornika o kształcie cylindra o osi głównej poziomej, wzorcowania dokonuje się dawkami programowymi. Dawki te, programuje się poprzez pomnożenie pojemności nominalnej zbiornika przez współczynniki dawek. Współczynniki te wynoszą odpowiednio: 0,00169; 0,00308; 0,00397; 0,00468; 0,00527; 0,00581; 0,00627; 0,01381; 0,01527; 0,01654; 0,01767; 0,01867; 0,01956; 0,03083; 0,03238; 0,03371; 0,03483; 0,04788; 0,06161; 0,06291; 0,06356; 0,06356; 0,06291; 0,06161; 0,04788; 0,03483; 0,03371; 0,03238; 0,03083; 0,01956; 0,01867; 0,01767; 0,01654;

0,01527; 0,01381; 0,00627; 0,00581; 0,00527; 0,00468; 0,00397; 0,00308; 0,00169.

Na schemacie (rys. 2), zaczerpniętym z zarządzenia nr 189 Prezesa Głównego Urzędu Miar z dnia 22 grudnia 1995 r. w sprawie wprowadzenia instrukcji sprawdzania i wzorcowania zbiorników pomiarowych (Dz. U. Miar i Probiernictwa Nr 36, poz. 187), przedstawiono przyrosty względnych objętości napełnienia zbiornika, wynikające z podziału cylindra o osi głównej poziomej na przedziały interpolacji liniowej.

- zbiornika w kształcie stożka ściętego albo ostrosłupa ściętego, wzorcowanie dokonuje się dawkami



mi wody, które we wzorcowanym zbiorniku odpowiadają wysokości napełnienia obliczonej według wzoru:

$$h_d = \frac{h_f \cdot S_n}{(S_1 - S_n) \cdot 200} \quad (1)$$

gdzie:

$h_d$  – oznacza wysokość dawki wody, w mm,

$h_f$  – wysokość użytkową zbiornika, w mm,

$S_1$  – powierzchnię największego wewnętrznego poziomego przekroju zbiornika, w m<sup>2</sup> lub w dm<sup>2</sup>,

$S_n$  – powierzchnię najmniejszego wewnętrznego poziomego przekroju zbiornika, w m<sup>2</sup> lub w dm<sup>2</sup>.

Obliczone objętości dawek, można zaokrąglić w granicach  $\pm 10\%$ .

- ♦ zbiornika w kształcie kuli, wzorcowania dokonuje się dawkami wody, które są ustalane indywidualnie.

### Przeprowadzenie pomiarów

Opis pomiarów przeprowadzono przykładowo do urządzenia do pomiaru wysokości napełnienia w postaci przymiaru sztywnego.

Aby dokonać pomiarów, należy przeprowadzić następujące czynności:

- ♦ przez króciec pomiarowy należy wprowadzić do zbiornika przymiar, opierając go o dno zbiornika, i odczytać na przymiarze wskazanie  $H_r$  na poziomie wyznaczonym przez krawędź króćca pomiarowego;
- ♦ na przymiarze zamocować zderzak zaciskowy tak, aby dolna jego krawędź była styczna do wybranej kreski (wskazanie  $h_r$ ), znajdującej się około 20 mm poniżej wskazania  $H_r$ ;
- ♦ dokonać częściowego zalewu zbiornika; w przypadku zbiorników w kształcie cylindra o osi głównej poziomej, należy wlewać do zbiornika kolejne dawki programowe, aż zostaną pokryte cieczą elementy zbiornika znajdujące się na jego dnie;
- ♦ przed wprowadzeniem przymiaru do zbiornika należy wytrzeć go do sucha i nałożyć na niego bardzo cienką warstwę specjalnej pasty lub mydła;
- ♦ kiedy ustanie falowanie powierzchni cieczy, do zbiornika wprowadzić przymiar tak, aby zderzak oparł się o krawędź króćca pomiarowego;

- ♦ ze zbiornika wyciągnąć szybko przymiar i odczytać wskazanie wysokości napełnienia na poziomie granicy zwilżenia cieczą, uwzględniając dziesiętne części milimetra;
- ♦ pomiar należy wykonać co najmniej dwukrotnie; za poprawne wyniki powinno przyjąć się te, które nie różnią się od siebie więcej niż o 1 mm, przy czym za poprawne wskazanie wysokości napełnienia zbiornika przyjmuje się średnią arytmetyczną poprawnych wyników pomiarów, zaokrągloną do dziesiętnych części milimetra;
- ♦ następnie zbiornik napełnić dawkami cieczy programowymi – w zależności od jego kształtu i po każdej wlanej dawce dokonać pomiaru wysokości napełnienia.

Wzorcowanie zbiorników w kształcie cylindra o osi głównej poziomej powinno być zakończone, gdy wysokość napełnienia  $h_{\max}$  osiągnie wartość obliczoną według wzoru:

$$h_{\max} = D - 2h_0 - h_{zd} \quad (2)$$

gdzie:

$D$  – średnica zbiornika, w mm,

$h_0$  – odległość końca przymiaru od dna zbiornika, w mm,

$h_{zd}$  – wysokość częściowego zalewu, w mm.

Jeśli zbiornik jest wzorcowany za pomocą przepływomierza kontrolnego, poprawną objętość dawki  $\Delta V_{ci}$  można obliczyć według wzoru:

$$\Delta V_{ci} = \frac{100\%}{100\% + \varepsilon} \cdot \Delta V_i \quad (3)$$

gdzie:

$\varepsilon$  – błąd przepływomierza, obliczony według wzoru (4), w %,

$\Delta V_i$  – objętość nominalna dawki odmierzona za pomocą przepływomierza, w dm<sup>3</sup>.

### Szacowanie błędu przepływomierza kontrolnego instalacji do wzorcowania zbiornika

Licznik kontrolny, powinien być użytkowany zgodnie z instrukcją jego obsługi. Przed rozpoczęciem pomiarów licznik i jego instalację należy odpowietrzyć przepuszczając przez niego ciecz, aż we wzorniku instalacji przestaną ukazywać się pęcherze powietrza. Błąd przepływomierza można wyznaczyć używając

instalacji przygotowanej do wzorcowania danego zbiornika. Błąd przepływomierza powinno wyznaczyć się przy takim strumieniu objętości cieczy, przy którym dokonuje się wzorcowania zbiornika.

Błąd względny procentowy  $\varepsilon$  przepływomierza, można wyznaczyć według następującego wzoru:

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_{\text{srp}} + \varepsilon_{\text{srk}}}{2} \quad (4)$$

gdzie:

$\varepsilon_{\text{srp}}$  – błąd względny procentowy średni przepływomierza, obliczony z trzech wyników pomiarów dokonanych przed rozpoczęciem wzorcowania zbiornika,

$\varepsilon_{\text{srk}}$  – błąd względny procentowy średni przepływomierza, obliczony z trzech wyników pomiarów dokonanych po zakończeniu wzorcowania zbiornika.

Jeśli wzorcuje się kilka zbiorników na tym samym terenie i w tych samych warunkach – błąd względny procentowy średni przepływomierza, obliczony z wyników pomiarów dokonanych po zakończeniu wzorcowania danego zbiornika, można przyjąć jako błąd względny procentowy średni przepływomierza przed rozpoczęciem wzorcowania następnego zbiornika.

Jeśli wzorcuje się tylko jeden zbiornik, którego pojemność nie przekracza 30 m<sup>3</sup>, można pominąć wyznaczenie błędu względnego procentowego średniego po zakończeniu wzorcowania takiego zbiornika. W takim przypadku powinno się uwzględnić błąd względny procentowy średni przepływomierza, uzyskany z wyników pomiarów dokonanych przed rozpoczęciem wzorcowania ( $\varepsilon_{\text{srp}}$ ) zbiornika.

Do wyznaczania błędu przepływomierza można zastosować wzorce objętości:

- ♦ kolbę metalową II rzędu,
- ♦ cysterne pomiarową kontrolną wywzorcowaną za pomocą kolb kontrolnych metalowych I rzędu oraz cylinder pomiarowy,
- ♦ prover.

Rodzaj i pojemność wzorców objętości stosowanych do wyznaczania błędu przepływomierza powinny być podane w instrukcji obsługi tego przepływomierza.

## Poprawki odczytanych objętości

Ww. norma przewiduje uwzględnienie poprawek z odczytanych pomiarów objętości przy użyciu przepływomierza, które mogą wynikać z:

- ♦ błędu sprawdzania zastosowanego przepływomierza;

W przypadku sprawdzania przepływomierza za pomocą provera – stała miernika lub stała K miernika, w momencie rozpoczęcia i zakończenia wzorcowania nie może różnić się o więcej niż 0,05 %. Jeśli stałe różnią się o więcej niż 0,1 %, wówczas powinno się ustalić przyczynę ich rozbieżności i jeśli to konieczne, wzorcowanie zbiornika powinno zostać powtórzone.

W przypadku sprawdzania przepływomierza za pomocą kolby, cysterny pomiarowej – do wzorcowania nie powinno używać się przepływomierzy, dla których błędy względne procentowe pojedynczych pomiarów, uzyskane przy wyznaczaniu błędu względnego procentowego średniego, różnią się między sobą więcej niż o 0,2 %. Jednocześnie nie powinno używać się liczników, dla których błąd względny procentowy średni wyznaczony przed rozpoczęciem wzorcowania zbiornika różni się od błędu względnego procentowego średniego wyznaczonego po wywzorcowaniu zbiornika więcej niż o 0,3 %.

- ♦ wpływu zmian temperatury cieczy zastosowanej do wzorcowania zbiornika;

Korekta zmiany temperatury cieczy powinna być dokonywana przy każdej zmianie temperatury cieczy użytej do wzorcowania, występującej zarówno w przepływomierzu, jak i we wzorcowanym zbiorniku. Jeżeli ciecz użyta do wzorcowania zbiornika stanowi produkt naftowy i tabela objętości zbiornika wymaga korekcji do temperatury odpowiednio 15 °C albo 20 °C, wówczas dostarczana do zbiornika ciecz w dawkach objętości powinna zostać skorygowana. W tym celu powinien być zastosowany współczynnik korekcji objętości (VCF) z tabelami dla produktów naftowych określonych odpowiednio w normie ISO 91-1:1992 albo ISO 91-2:1991. Jeśli do wzorcowania zbiornika jest używana woda, a tabelę objętości zbiornika powinno się wykonać w temperaturze 15 °C, to dostarczana do zbiornika ciecz w dawkach objętości powinna zostać skorygowana według procedury zamieszczonej w załączni-



ku A ww. normy. W tym celu należy zastosować przywołane w normie tablice gęstości wody o nazwie *Density of air-free water in kilograms per cubic metre against temperature in degrees Celsius on the International Temperature Scale 1990 (P&M Equation)*. Tablice te wykonane są w zakresie temperatur od 1 °C do 40 °C. Przywołana norma przewiduje uwzględnienie poprawki objętości zmierzzonej za pomocą przepływomierza kontrolnego, w odniesieniu do temperatury wody w przepływomierzu kontrolnym oraz do temperatury wody zawartej we wzorcowanym zbiorniku (Załącznik A normy, pkt A.1.1). W przypadku, gdy do wzorcowania zbiornika zostanie użyta czysta woda pozbawiona pęcherzyków powietrza, norma przewiduje wzorcowanie zbiorników wodą o temperaturze w zakresie od 1 °C do 40 °C. Natomiast, w przypadku, gdy do wzorcowania zbiornika zostanie użyta woda zawierająca „pęcherzyki powietrza”, wówczas należy dokonać dodatkowej korekty, która ogranicza zakres temperatury wody użytej do wzorcowania zbiornika. Wówczas ten zakres ograniczy się do temperatury wody zastosowanej do wzorcowania z przedziału od 0 °C do 25 °C (uwaga nr 3 zamieszczona w Załączniku A normy, pkt A.1.1). Jak wskazuje ww. norma, metodyka wzorcowania zbiornika uwzględnia korekty temperaturowe wody, jako cieczy służącej do wzorcowania zbiorników, której temperatura nie powinna przekraczać 40 °C. Użycie do tego celu wody o temperaturze przekraczającej 40 °C może, zgodnie z informacją zawartą w normie, powodować znaczące błędy przy wzorcowaniu zbiornika. Poprawki dotyczące zmian temperatury w cieczy zastosowanej do wzorcowania zbiornika powinno dokonać się w następującej kolejności: korekta rzeczywistej temperatury cieczy do temperatury odniesienia, skorygowanie pojemności płaszcza zbiornika, uwzględniające efekty termiczne oraz korekta wpływu zmiany temperatury na urządzenie do pomiaru wysokości napełnienia.

- ♦ wpływu zmian temperatury na powłokę zbiornika;

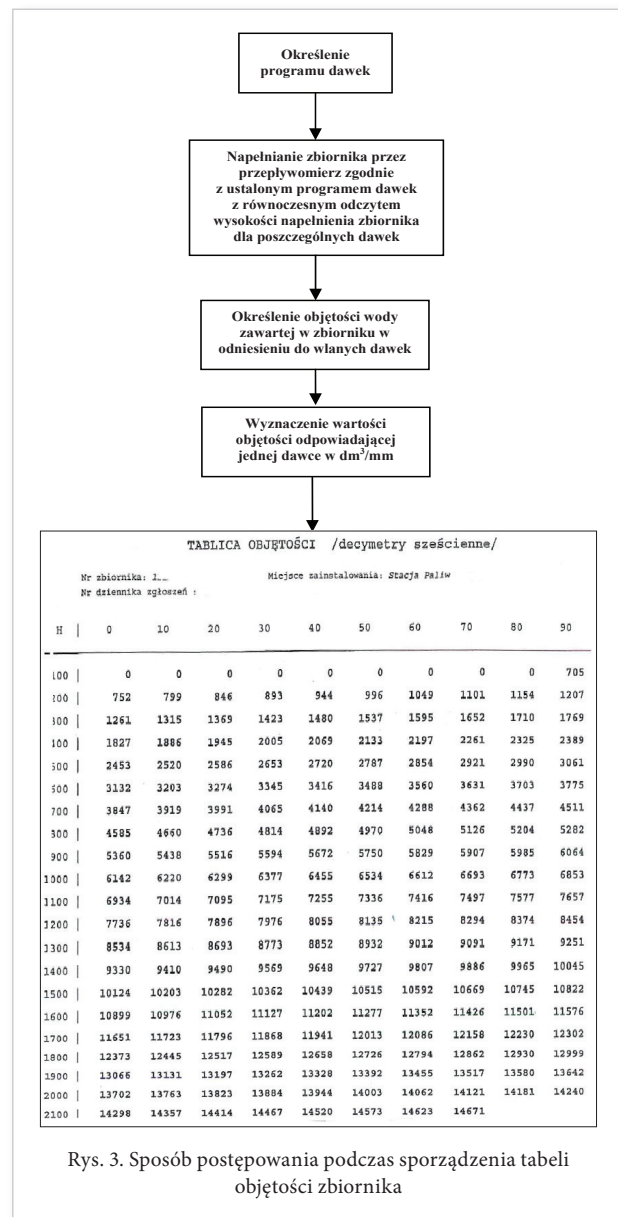
Korektę taką powinno się przeprowadzić zgodnie z pkt A.2 Załącznika A ww. normy albo za pomocą jednej z metod podanych w normie ISO 7507-1 albo ISO 7507-6.

- ♦ wpływu zmian temperatury na urządzenie do pomiaru wysokości napełnienia (przymiar sztywony, przymiar wstępowy z obciążnikiem).

Przymiary są sprawdzane w temperaturze 20 °C, ale jeśli wykorzystuje się je w innych temperaturach, w zakresie od 20 °C ± 5 °C, korekty zmian temperatury są niewielkie (rzędu 1 mm na 18 m) i mogą być pominięte. Poza tym zakresem, korekta jest wymagana (pkt A.3 Załącznika A ww. normy).

### Wyznaczenie tabeli objętości zbiornika

Schemat na rys. 3 przedstawia sposób postępowania podczas sporządzenia tabeli objętości zbiornika.



Rys. 3. Sposób postępowania podczas sporządzenia tabeli objętości zbiornika

### Podsumowanie

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 22 stycznia 2008 r. w sprawie wymagań, którym powinny odpowiadać zbiorniki pomiarowe, oraz szczegółowego zakresu badań i sprawdzeń wykonywanych podczas prawnej kontroli metrologicznej tych przyrządów pomiarowych (Dz. U. z 2014 r. poz. 1094), podczas badań typu, legalizacji pierwotnej albo legalizacji ponownej zbiornika posadowionego na stałe należy w szczególności dokonać wzorcowania zbiornika. Zbiorniki posadowione na stałe wzorcuje się metodą objętościową albo metodą geometryczną. Metoda objętościowa polega na napełnianiu zbiornika wodą; w przypadku zbiornika wyposażonego w miernik, zbiornik można napełniać cieczą, do której jest on przeznaczony. Za pomocą metody objętościowej wyznaczana jest objętość zalewu częściowego zbiornika oraz można wyznaczyć wyporność dachu pływającego zbiornika. Przepisy rozporządzenia nie odnoszą się do wymagań, jaką temperaturę powinna mieć ciecz albo woda użyta do wzorcowania zbiornika metodą objętościową albo do wyznaczenia objętości zalewu częściowego zbiornika, natomiast stanowią, że prawna kontrola metrologiczna zbiorników powinna być wykonywana, gdy temperatura otocze-

nia jest zawarta w zakresie od 10 °C do 30 °C. Zgodnie z postanowieniami ww. normy, dotyczącej wzorcowania zbiorników metodą objętościową, norma przewiduje uwzględnienie poprawki objętości zmierzonej za pomocą przepływomierza kontrolnego w odniesieniu do temperatury wody w przepływomierzu kontrolnym oraz w odniesieniu do temperatury wody zawartej we wzorcowanym zbiorniku. W przypadku, gdy do wzorcowania zbiornika zostanie użyta czysta woda pozbawiona pęcherzyków powietrza, zbiorniki można wzorcować wodą o temperaturze w zakresie od 1 °C do 40 °C. Natomiast, w przypadku, gdy do wzorcowania zbiornika zostanie użyta woda zawierająca „pęcherzyki powietrza”, wówczas zbiorniki można wzorcować wodą o temperaturze w zakresie od 0 °C do 25 °C. Użycie do wzorcowania zbiornika wody o temperaturze przekraczającej 40 °C może powodować znaczące błędy przy wzorcowaniu zbiornika. Jednocześnie należy mieć na uwadze zakres temperatury cieczy, jaką może ona posiadać, zmierzona za pomocą przepływomierza kontrolnego. Temperatura cieczy odmierzanej przez przepływomierz nie powinna być większa niż znamionowa temperatura pracy określona przez producenta tego przepływomierza kontrolnego.

# Przekształcenie dyrektyw MID i NAWI – nowe ramy prawne

## Recast of MID and NAWI directives – New Legislative Framework

**Krzysztof Plackowski** (Biuro Metrologii Prawnej, GUM)

W artykule przedstawiono informacje na temat przekształcenia dyrektyw: NAWI (dotyczącej wag nieautomatycznych) i MID (dotyczącej przyrządów pomiarowych). Omówione zostały wybrane zagadnienia, przedstawiono też uwagi odnoszące się, w szczególności, do konsekwencji praktycznych wynikających z wprowadzonych zmian.

The paper presents information on the recasting of NAWI (for automatic weighing instruments) and MID (for measuring instruments) directives. Discusses selected issues and presents observations relating, in particular, the practical consequences arising from the changes.

### Wprowadzenie

System oceny zgodności, oparty na dyrektywach nowego i globalnego podejścia, kształtował się na przełomie lat 80. i 90. ubiegłego wieku. W czasie ponad dwudziestoletniego okresu funkcjonowania do systemu dołączano, w różnych momentach, kolejne kategorie wyrobów. W efekcie system stał się niejednolity i, co za tym idzie, nieprzejrzysty. Z tego powodu w początkowych latach XXI w. postanowiono wykorzystać najlepsze zdobyte dotąd doświadczenia oraz wnioski i ujednoczyć zasady działania systemu oceny zgodności dla wszystkich objętych nim wyrobów. Narzędziem umożliwiającym osiągnięcie tego efektu stało się wprowadzenie tzw. nowych ram prawnych NLF (New Legislative Framework) i, w konsekwencji, przyjęcie przekształconych (znowelizowanych) dyrektyw nowego podejścia, w szczególności MID [1] i NAWI [2], odpowiednio *Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/32/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do udostępniania na rynku przyrządów pomiarowych (wersja przekształcona)* oraz *Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/31/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do udostępniania na rynku wag nieautomatycznych (wersja przekształcona)*.

Nowe ramy prawne, przyjęte przez Radę UE i Parlament Europejski w 2008 r., składają się z dwóch uzupełniających się instrumentów:

1. *Rozporządzenia 765/2008/WE ustanawiającego wymagania w zakresie akredytacji i nadzoru ryn-*

*ku, odnoszące się do warunków wprowadzania produktów do obrotu i uchylającego rozporządzenie 339/93/EWG* [3]. Przepisy rozporządzenia stosuje się bezpośrednio od dnia 1 stycznia 2010 r.

2. *Decyzji 768/2008/WE w sprawie wspólnych ram dotyczących wprowadzania produktów do obrotu, uchylającej decyzję Rady 93/465/WE* [4]. Ze względu na specyficzny charakter decyzji, nie generuje ona skutków prawnych dla przedsiębiorców. Jej przepisy muszą być wprowadzone do obowiązującego prawa.

Decyzja [4] zawiera wspólne przepisy odnoszące się do systemu oceny zgodności, które następnie zostały wprowadzone (w procedurze przekształcenia) do dziesięciu dyrektyw nowego i globalnego podejścia, dotyczących poszczególnych kategorii wyrobów, w tym przyrządów pomiarowych.

Przekształcone dyrektywy MID [1] i NAWI [2] weszły w życie w dniu 18 kwietnia 2014 r. Państwa członkowskie zobowiązane są do wdrożenia obu dyrektyw do dnia 19 kwietnia 2016 r. 20 kwietnia 2016 r. obecnie obowiązujące dyrektywy MID i NAWI (odpowiednio 2004/22/WE i 2009/23/WE) stracą moc. Certyfikaty wydane na mocy uchylonych dyrektyw pozostaną ważne do końca wskazanego na nich okresu ważności. Uchylenie obecnie obowiązujących dyrektyw MID i NAWI oraz wprowadzenie w ich miejsce wersji przekształconych, stawia przed wszystkimi uczestnikami (interesariuszami) systemu oceny zgodności, a szczególnie jednostkami notyfikowanymi, poważne wyzwania.

Niniejszy artykuł nie pretenduje do roli opracowania zawierającego kompletne i wyczerpujące omó-

wienie oraz interpretacje zmian wprowadzonych do dyrektyw MID i NAWI. Jego celem jest zasygnalizowanie faktu przekształcenia obu dyrektyw, wskazanie wybranych zmian i przedstawienie krótkiego komentarza odnoszącego się, w szczególności, do ich konsekwencji praktycznych.

### Definicje uczestników systemu i ich obowiązki

Jedną ze zmian w nowych dyrektywach MID i NAWI było wprowadzenie ujednoczonych z innymi dyrektywami nowego podejścia definicji ról pełnionych przez podmioty gospodarcze działające z rynkiem przyrządów pomiarowych, takich jak producent, upoważniony przedstawiciel, importer, czy dystrybutor. Każdy z powyżej wymienionych „aktorów” posiada swój zakres obowiązków, których wypełnianie ma pozwolić na sprawne funkcjonowanie rynku przyrządów pomiarowych określonych w dyrektywach MID i NAWI. Zwraca uwagę położenie dużego nacisku na zachowanie zgodności przyrządów pomiarowych z określonymi w odpowiedniej dyrektywie wymaganiami zasadniczymi i zapewnienie bezpieczeństwa – obowiązki w tym zakresie nałożono zarówno na producentów, jak i importerów oraz dystrybutorów.

### Obowiązki producentów

Najważniejszym obowiązkiem producenta jest zapewnienie zaprojektowania i wytworzenia przyrządów pomiarowych zgodnie z zasadniczymi wymaganiami określonymi we właściwych dyrektywach (NAWI albo MID). Ponadto producenci sporządzają i przechowują dokumentację techniczną oraz przeprowadzają odpowiednią procedurę oceny zgodności. W przypadku wykazania zgodności przyrządu pomiarowego z mającymi zastosowanie wymaganiami niniejszej dyrektywy, w wyniku przeprowadzenia procedury oceny zgodności producenci sporządzają deklarację zgodności UE i umieszczają oznakowanie CE oraz dodatkowe oznakowanie metrologiczne. Należy zwrócić uwagę, że **producent nie musi sam zaprojektować ani wytwarzać przyrządu pomiarowego. Może on zlecić te zadania innym podmiotom. Istotne jest wzięcie przez producenta odpowiedzialności za wyprodukowany przyrząd.**

### Obowiązki upoważnionego przedstawiciela

Producenci mogą wyznaczyć upoważnionego przedstawiciela w drodze udzielenia pisemnego pełnomoc-

nictwa. Pełnomocnictwo musi umożliwiać upoważnionemu przedstawicielowi wykonywanie niektórych obowiązków producenta, np. przechowywanie deklaracji zgodności UE i dokumentacji technicznej do dyspozycji krajowych organów nadzoru rynku (przez okres 10 lat). W zakres pełnomocnictwa udzielonego przez producenta nie może wchodzić deklarowanie zgodności przyrządu pomiarowego z zasadniczymi wymaganiami ani sporządzanie dokumentacji technicznej. Są to wyłączne obowiązki producenta, które nie mogą być scedowane na inny podmiot.

### Obowiązki importerów

Nowe ramy prawne określają dla importerów szerokie obowiązki, bardzo zbliżone do obowiązków nałożonych na producentów. Jest to zrozumiałe, ponieważ importer posiada siedzibę w Unii Europejskiej, a więc podlega prawu unijnemu (i prawu swojego kraju – członka Unii), podczas gdy producent podostaje podmiotem w jurysdykcji państwa trzeciego.

Importerzy mogą wprowadzać do obrotu wyłącznie przyrządy pomiarowe zgodne z wymaganiami określonymi w odpowiednich dyrektywach. Importerzy zapewniają również dołączenie do przyrządu pomiarowego instrukcji oraz informacji dla użytkowników końcowych, w języku określonym przez zainteresowane państwo członkowskie.

### Procedury oceny zgodności (moduły)

Przekształcone dyrektywy MID i NAWI wprowadzają pewne zmiany w modułach oceny zgodności. Pisząc bardzo obrazowo, moduły to „proceduralne klocki”, z których producent układa, według własnego wyboru, ale w granicach określonych w odpowiedniej dyrektywie, proces oceny zgodności przyrządu pomiarowego. Przykładowo, w przypadku wodomierza dyrektywa MID przewiduje, do wyboru producenta, jedną z trzech sekwencji modułów, z których może składać się ocena zgodności tego przyrządu pomiarowego:

- ♦ B + F, czyli badanie typu i deklaracja zgodności z typem w oparciu o weryfikację produktu albo
- ♦ B + D, czyli badanie typu, a następnie deklaracja zgodności z typem w oparciu o zapewnienie jakości procesu produkcji, albo
- ♦ H1, czyli deklaracja zgodności na podstawie pełnego zapewnienia jakości oraz badania projektu (ten wariant składa się z jednego modułu).

W przypadku dyrektywy MID, w wyniku jej przekształcenia usunięto moduł A1, który do tej pory znajdował zastosowanie w ocenie zgodności naczyń wyszynkowych. W jego miejsce wprowadzono moduł A2 noszący nazwę „wewnętrzna kontrola produkcji oraz nadzorowana kontrola przyrządów w losowych odstępach czasu”.

W przypadku dyrektywy NAWI zmieniono nazwy przewidzianych w niej modułów oceny zgodności. Zmiany pokazuje poniższa tabela:

Dyrektywa 2009/23/WE (obecnie obowiązująca dyrektywa NAWI)	Dyrektywa 2014/31/UE (przekształcona dyrektywa NAWI)
Badanie typu WE	<b>Moduł B:</b> badanie typu UE
Deklaracja zgodności typu WE (gwarancja jakości produkcji)	<b>Moduł D:</b> zgodność z typem w oparciu o zapewnienie jakości procesu produkcji <b>Moduł DI:</b> zapewnienie jakości procesu produkcji
Legalizacja WE	<b>Moduł F:</b> zgodność z typem w oparciu o weryfikację produktu <b>Moduł FI:</b> zgodność w oparciu o weryfikację produktu
Legalizacja jednostkowa WE	<b>Moduł G:</b> zgodność w oparciu o weryfikację jednostkową

Łatwo można zauważyć, że w **przekształconej dyrektywie NAWI pojawiły się dwa nowe moduły: DI i FI**. Znajdują one zastosowanie w przypadku wag, w których nie są używane zespoły elektroniczne i w których w zespole pomiaru obciążenia nie jest stosowana sprężyna dla zrównoważenia obciążenia (dodatkowo w przypadku takich wag nie jest obowiązkowy moduł B).

### Oznaczenia wag nieautomatycznych

Nowa, przekształcona dyrektywa NAWI **zmienia w istotny sposób dodatkowe oznakowanie metrologiczne wag nieautomatycznych**. Dodatkowe oznakowanie metrologiczne to oznaczenie zgodności występujące obok znaku CE. Do lamusa odchodzi wymagane obecnie, charakterystyczne „zielone M”, czyli kwadratowa nalepka w kolorze zielonym z nadrukowaną dużą literą „M”. Zgodnie z nową dyrektywą, po jej wdrożeniu, wagi nieautomatyczne spełniające wymagania zasadnicze będą nosiły dodatkowe oznakowanie metrologiczne identyczne jak przyrządu pomiarowego objętego dyrektywą MID.

Oznakowanie to przybierze postać dużej litery „M” i dwóch ostatnich cyfr roku, w którym zostało ono nałożone, umieszczonych w prostokącie. Będzie bardziej jednolicie, chociaż mniej kolorowo. Oczywiście oznakowanie CE dla wszystkich przyrządów pomiarowych objętych dyrektywami MID i NAWI pozostanie bez zmian.

Przykład obecnie obowiązującego oznakowania zgodności wagi nieautomatycznej	Przykład oznakowania wagi nieautomatycznej zgodnie z przekształconą dyrektywą NAWI
CE 11 1444 M	CE M 16 1444

W powyższych przykładach „1444” oznacza numer jednostki notyfikowanej biorącej udział w procesie oceny zgodności.

### Jednostki notyfikowane

Jednostki notyfikowane pełnią bardzo istotną rolę w systemie stworzonym przez dyrektywę nowego podejścia. Jednostka notyfikowana jako tzw. „strona trzecia” sprawdza i potwierdza poprzez wydanie odpowiedniego certyfikatu, że producent we właściwy sposób przeprowadził ocenę zgodności swojego wyrobu (w naszym przypadku przyrządu pomiarowego). Wydanie certyfikatu poprzedzone jest analizą dokumentacji technicznej przyrządu oraz odpowiednimi badaniami laboratoryjnymi. Bez uzyskania certyfikatu producentowi nie wolno nałożyć oznakowania CE ani wystawić deklaracji zgodności i, co za tym idzie, wprowadzać przyrządów pomiarowych do obrotu.

Podmiot (jednostka certyfikująca), który pragnie uzyskać status i uprawnienia jednostki notyfikowanej do dyrektyw MID i NAWI (czyli dla przyrządów pomiarowych) powinien spełniać określone wymagania i uzyskać autoryzację Ministra Gospodarki. Następnie Minister zgłasza taki podmiot (notyfikuje) Komisji Europejskiej i krajom członkowskim UE. Po przeprowadzeniu odpowiedniej procedury Komisja umieszcza podmiot na liście jednostek notyfikowanych i nadaje mu numer identyfikacyjny. Wykaz jednostek notyfikowanych dostępny jest w internetowej bazie danych NANDO (<http://ec.europa.eu/enterprise/newapproach/nando/>).

**W związku z uchynieniem 20 kwietnia 2016 r. obecnie obowiązujących dyrektyw MID i NAWI,**

w dniu tym wygasną wszystkie notyfikacje do tych dyrektyw. Od 21 kwietnia 2016 r. żadna jednostka notyfikowana do dyrektyw 2004/22/WE i 2009/23/WE nie będzie mogła realizować swoich zadań. W związku z tym podmioty, które nadal będą chciały realizować zadania jednostek notyfikowanych, zostaną zmuszone do poddania się powtórnemu procesowi notyfikacji. Proces ten będzie odbywać się według nowych zasad określonych w nowych, przekształconych dyrektywach MID i NAWI ([1], [2]); źródło tych zasad znajdujemy w decyzji [4].

Kluczowe reguły funkcjonowania systemu jednostek notyfikowanych opisane są w decyzji [4], w załączniku I; artykuły R13-R30. Przepisy te zostały wprowadzone do przekształconych dyrektyw MID i NAWI; w obu dyrektywach znajdują się one w rozdziałach czwartych. Na gruncie prawa polskiego, zasady te zostaną najprawdopodobniej uwzględnione w nowej ustawie o systemie oceny zgodności (projekt założeń [7]).

Jednostki certyfikujące (oceniające zgodność), aby móc uzyskać status jednostki notyfikowanej, muszą spełniać wymagania m.in. co do bezstronności, obiektywizmu oraz posiadanych kompetencji zarówno ludzkich, jak i technicznych.

Zgodnie z art. 5 rozporządzenia [3] akredytacja stanowi podstawowy sposób sprawdzenia kompetencji jednostki oceniającej wyroby – podmiotu aspirującego do uzyskania statusu jednostki notyfikowanej. Ogólne zasady funkcjonowania systemu akredytacji opisane są w rozporządzeniu [3] (art. 3-14).

Na wniosek jednostki oceniającej zgodność, krajowa jednostka akredytująca sprawdza, czy ta pierwsza jednostka posiada kompetencje do wykonywania określonych czynności z zakresu oceny zgodności. W przypadku gdy zostanie to potwierdzone, krajowa jednostka akredytująca wydaje certyfikat akredytacji poświadczający te kompetencje. W Polsce funkcjonuje krajowa jednostka akredytacyjna – Polskie Centrum Akredytacji (PCA), które w swoim zakresie działania posiada akredytowanie jednostek oceniających wyroby [12]. Szczegółowe zasady akredytacji jednostek certyfikujących, mające zastosowanie również dla podmiotów pretendujących do pełnienia roli jednostek notyfikowanych, zawarte są w dokumentach wydanych przez PCA, np. „Opis systemu akredytacji zawarty w dokumencie DA-01” [13]. Polskie Centrum Akredytacji opublikowało również wymagania szczegółowe dotyczące akredytacji jednostek certyfikujących wyroby [14].

W przypadku, gdy państwo członkowskie zdecyduje o niewykorzystaniu akredytacji, dostarcza ono Komisji i innym państwom członkowskim wszelkich dowodów koniecznych do sprawdzenia kompetencji jednostek oceniających zgodność, które wybiera do wdrożenia tego wspólnotowego prawodawstwa harmonizacyjnego (art. 5.2 rozporządzenia [3]).

W 2011 r. Komisja Europejska opublikowała dokument *CERTIF 2010-08 REV1 – Notification without accreditation (Art. 5.2 of Regulation 765/2008)* [10], stanowiący rodzaj przewodnika dla organu notyfikującego w przypadku, gdy zdecyduje się on na notyfikowanie jednostki oceniającej zgodność, nie posiadającej certyfikatu akredytacji.

### Inne zmiany w dyrektywach

Co do zasady wymagania zawarte w przekształconych dyrektywach MID i NAWI nie uległy zmianie. Można jednak zauważyć wyjątki od tej reguły, poniżej przedstawiono dwa przykłady.

#### Analiza i ocena ryzyka

W przypadku obu dyrektyw rozszerzono wymagania dotyczące dokumentacji technicznej składanej przez producenta o analizę i ocenę ryzyka [m.in. MID: Załącznik II, Moduł B, pkt. 3 c); NAWI: Załącznik II, pkt. 1.3 c)]. Taka rozbudowa wymagań dotyczących dokumentacji wprowadza de facto obowiązek przeprowadzenia przez producenta analizy ryzyka związanego z wprowadzaniem do obrotu lub użytkowania nowego typu przyrządu pomiarowego. Dyrektywy [1] i [2] nie określają żadnych wytycznych co do zakresu czy metodologii prowadzenia powyższej oceny.

Wprowadzenie wymogu analizy ryzyka przez producenta w konsekwencji nakłada na jednostkę notyfikowaną obowiązek potwierdzenia poprawności przeprowadzenia tego procesu. Tak więc zarówno producent, jak i jednostka notyfikowana, będą musieli rozszerzyć swoje kompetencje w powyższym zakresie.

Należy w tym miejscu wspomnieć, że Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna (ISO) opracowała rodzinę norm, której celem jest dostarczenie zasad oraz ogólnych wytycznych, dotyczących zarządzania ryzykiem. W skład rodziny wchodzi wydane również przez Polski Komitet Normalizacyjny (PKN), następujące dokumenty:

- ◆ PN-ISO 31000:2012 – Zarządzanie ryzykiem – Zasady i wytyczne (wersja polska),
- ◆ PN-EN 31010:2010 – Zarządzanie ryzykiem – Techniki oceny ryzyka (wersja angielska),
- ◆ PKN-ISO Guide 73:2012 – Zarządzanie ryzykiem – Terminologia (wersja polska).

### Zmiana wymagań dla wodomierzy

Już po publikacji w marcu 2014 r. przekształconych dyrektyw MID i NAWI, ale jeszcze przez wpływem terminu ich wdrożenia, w Dzienniku Urzędowym UE L3 z dnia 07.01.2015 r. (strona 42) opublikowano delegowaną dyrektywę 2015/13/EU [15] zmieniającą załącznik III do przekształconej dyrektywy MID (2014/32/EU) w odniesieniu do zakresu strumieni objętości wody w przypadku wodomierzy. Nowelizacja polega na zmianie minimalnego stosunku  $Q_3/Q_1$  z 10 do 40 ( $Q_1$  to minimalny strumień, przy którym wskazania wodomierza spełniają wymagania dotyczące błędów granicznych dopuszczalnych,  $Q_3$  to największy strumień objętości, przy którym wodomierz działa w sposób prawidłowy w normalnych warunkach użytkowania). Nowelizacja powyższego wymagania zasadniczego powinna zapewnić zwiększenie dokładności pomiaru zużycia wody oraz zgodność z wymaganiami normy PN-EN 45154.

### Zakończenie

Wdrażanie nowych ram prawnych, przekształconych dyrektyw MID i NAWI, powoduje **konieczność wydania nowych rozporządzeń dotyczących odpowiednio przyrządów pomiarowych i wag nieautomatycznych** – zastąpienia obecnie obowiązujących: *rozporządzenia Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 11 grudnia 2003 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla wag nieautomatycznych podlegających ocenie zgodności oraz rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 18 grudnia 2006 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla przyrządów pomiarowych nowymi oraz, o czym wspomniano już wcześniej, **nowelizacji (uchwalenie nowej) ustawy z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności**. Dopiero uchwalenie i opublikowanie w Dzienniku Ustaw powyższych aktów prawnych doprowadzi do wejścia w życie omówionych w artykule rozwiązań. Przed wszystkimi, a szczególnie przed administracją miar, dużo pracy do wykonania. Pracy wartej wykonania, ponieważ wdrożenie nowych ram prawnych (NLF) powinno*

przynieść w efekcie, w odniesieniu do przyrządów pomiarowych, zmniejszenie barier w wymianie gospodarczej oraz polepszenie nadzoru, a tym samym zwiększenie poziomu zaufania do wyników pomiarów przeprowadzanych za pomocą przyrządów polegających dyrektywom MID i NAWI.

### Literatura

- [1] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/32/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich, odnoszących się do udostępniania na rynku przyrządów pomiarowych (wersja przekształcona).
- [2] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/31/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do udostępniania na rynku wag nieautomatycznych (wersja przekształcona).
- [3] Rozporządzenie 765/2008/WE ustanawiające wymagania w zakresie akredytacji i nadzoru rynku odnoszące się do warunków wprowadzania produktów do obrotu i uchylającego rozporządzenie 339/93/EWG.
- [4] Decyzja 768/2008/WE w sprawie wspólnych ram dotyczących wprowadzania produktów do obrotu, uchylająca decyzję Rady 93/465/WE.
- [5] Komisja Europejska, Sprawozdanie Komisji dla Parlamentu Europejskiego i Rady, Sprawozdanie dotyczące wdrożenia dyrektywy 2004/22/WE w sprawie przyrządów pomiarowych na podstawie jej art. 25; KOM(2011) 357 wersja ostateczna.
- [6] Ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności.
- [7] Ministerstwo Gospodarki, Projekt założeń projektu ustawy o systemie oceny zgodności, kwiecień 2014 r.
- [8] European co-operation for Accreditation, Wytyczne EA dotyczące wymagań horyzontalnych w akredytacji jednostek oceniających zgodność do celów notyfikacji.
- [9] Komisja Europejska, CERTIF 2013 – 11 Time frames for notification of NBs following the entry into force of the Alignment Package.
- [10] Komisja Europejska, CERTIF 2010-08 REV1 – Notification without accreditation (Art. 5.2 of Regulation 765/2008).
- [11] Komisja Europejska, Komunikat Komisji w ramach wdrażania rozporządzenia (WE) nr 765/2008, decyzji nr 768/2008/WE oraz rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1221/2009. Publikacja tytułów i odniesień do norm zharmonizowanych na mocy prawodawstwa harmonizacyjnego Unii (2013/C 258/05).
- [12] Polskie Centrum Akredytacji, Dokument ZDA, Zakres działalności akredytacyjnej Polskiego Centrum Akredytacji.
- [13] Polskie Centrum Akredytacji, Dokument DA-01, Opis systemu akredytacji.
- [14] Polskie Centrum Akredytacji, Dokument DACW-01, Akredytacja jednostek certyfikujących wyroby. Wymagania szczegółowe.
- [15] Dyrektywa delegowana Komisji (UE) 2015/13 z dnia 31 października 2014 r. zmieniająca załącznik III do dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/32/UE w odniesieniu do zakresu strumieni objętości wody w przypadku wodomierzy.

# Wspólne miary – 55 lat SI z nami!

## Common units of measurement – for 55 years SI has been with us!



**Karol Markiewicz** (redaktor naczelny)

Almost unbelievable but we have been living together with the SI for 55 years already (1960–2015). This system allows to metrologists, scientists, pharmacists, entrepreneurs and consumers etc. all over the World to communicate in the common language in measuring for many different purposes. Starting from 1875 the BIPM has coordinated the common work to unify all base units of the SI. The kilogram remains as the last unit defined by a material artefact. The evolution (redefinition of all base units of the SI) is going to be ended soon. This article focuses your attention on the progressing evolution of the SI and its unquestionable importance for the ongoing development of the humankind. For a very long time Poland (GUM) has also been present in the Metrology World. Our country joined the Metre Convention in 1925 and we are in the SI zone.

W 1960 r., w czasie obrad 11. Generalnej Konferencji Miar (CGPM), czyli najwyższego organu Konwencji Metrycznej, podjęto uchwałę nr 12 o przyjęciu układu jednostek miar pod nazwą Międzynarodowy Układ Jednostek Miar – SI. Wtedy do jednostek podstawowych zaliczone zostały: metr, kilogram, sekunda, amper, kelwin i kandela.

Na mocy uchwały 14. CGPM w 1971 r., do układu SI dołączył mol.

Tworzenie układu miar metrycznych podjęto pod koniec XVIII w., a metr i kilogram zaczęły wypierać

tradycyjne miary (np. łokieć koronny, wiedeński, czy funt). Prace nad wspólnym systemem miar były kontynuowane od początków funkcjonowania Międzynarodowego Biura Miar (BIPM), utworzonego na mocy podpisanej w 1875 r. w Paryżu, Konwencji Metrycznej. To kolejny jubileusz przypadający w 2015 r. – 140 rocznica zawarcia Konwencji Metrycznej. System metryczny datowany jest od czasów Rewolucji Francuskiej i oparty był na dwóch podstawowych jednostkach miar: kilogramie i metrze. Po raz pierwszy nowe międzynarodowe prototypy metra i kilograma zostały formalnie

64

ONZIÈME CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES. 87			
Système International d'Unités			
RÉSOLUTION 12			
La Onzième Conférence Générale des Poids et Mesures,			
CONSIDÉRANT			
la résolution 6 de la Dixième Conférence Générale des Poids et Mesures par laquelle elle a adopté les six unités devant servir de base à l'établissement d'un système pratique de mesure pour les relations internationales :			
Longueur .....	mètre	m	
Masse .....	kilogramme	kg	
Temps .....	seconde	s	
Intensité de courant électrique .....	ampère	A	
Température thermodynamique .....	degré Kelvin	°K	
Intensité lumineuse .....	candela	cd	
la résolution 3 adoptée par le Comité International des Poids et Mesures en 1956,			
les recommandations adoptées par le Comité International des Poids et Mesures en 1958 concernant l'abréviation du nom de ce système et les préfixes pour la formation des multiples et sous-multiples des unités,			
DÉCIDE :			
1° le système fondé sur les six unités de base ci-dessus est désigné sous le nom de Système International d'Unités ;			
2° l'abréviation internationale du nom de ce Système est : SI ;			
3° les noms des multiples et sous-multiples des unités sont formés au moyen des préfixes suivants :			
Facteur par lequel l'unité est multipliée	Préfixe	Symbole	Facteur par lequel l'unité est multipliée
1 000 000 000 000 = 10 <sup>11</sup>	téra	T	0,1 = 10 <sup>-1</sup>
1 000 000 000 = 10 <sup>9</sup>	giga	G	0,01 = 10 <sup>-2</sup>
1 000 000 = 10 <sup>6</sup>	méga	M	0,001 = 10 <sup>-3</sup>
1 000 = 10 <sup>3</sup>	kilo	k	0,000 001 = 10 <sup>-6</sup>
100 = 10 <sup>2</sup>	hecto	h	0,000 000 001 = 10 <sup>-9</sup>
10 = 10 <sup>1</sup>	déca	da	0,000 000 000 001 = 10 <sup>-11</sup>
			0,000 000 000 000 001 = 10 <sup>-14</sup>
			0,000 000 000 000 000 001 = 10 <sup>-17</sup>
4° sont employées dans ce Système les unités ci-dessous, sans préjudice d'autres unités qu'on pourrait ajouter à l'avenir.			
UNITÉS SUPPLÉMENTAIRES			
Angle plan .....	radian	rad	
Angle solide .....	stéradian	sr	
UNITÉS DÉRIVÉES			
Superficie .....	mètre carré	m <sup>2</sup>	
Volume .....	mètre cube	m <sup>3</sup>	
Fréquence .....	hertz	Hz	1/s
Masse volumique (densité) .....	kilogramme par mètre cube	kg/m <sup>3</sup>	

88 ONZIÈME CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES.			
Vitesse .....	mètre par seconde	m/s	
Vitesse angulaire .....	radian par seconde	rad/s	
Accélération .....	mètre par seconde carrée	m/s <sup>2</sup>	
Accélération angulaire .....	radian par seconde carrée	rad/s <sup>2</sup>	
Force .....	newton	N	kg.m/s <sup>2</sup>
Pression (tension mécanique) .....	newton par mètre carré	N/m <sup>2</sup>	
Viscosité cinématique .....	mètre carré par seconde	m <sup>2</sup> /s	
Viscosité dynamique .....	newton-seconde par mètre carré	N.s/m <sup>2</sup>	
Travail, énergie, quantité de chaleur .....	joule	J	N.m
Puissance .....	watt	W	J/s
Quantité d'électricité .....	coulomb	C	A.s
Tension électrique, différence de potentiel, force électromotrice .....	volt	V	W/A
Intensité de champ électrique .....	volt par mètre	V/m	
Résistance électrique .....	ohm	Ω	V/A
Capacité électrique .....	farad	F	A.s/V
Flux d'induction magnétique .....	weber	Wb	V.s
Inductance .....	henry	H	V.s/A
Induction magnétique .....	tesla	T	Wb/m <sup>2</sup>
Intensité de champ magnétique .....	ampère par mètre	A/m	
Force magnétomotrice .....	ampère	A	
Flux lumineux .....	lumen	lm	cd.sr
Luminance .....	candela par mètre carré	cd/m <sup>2</sup>	
Éclairement .....	lux	lx	lm/m <sup>2</sup>

Tekst uchwały ustanawiającej układ SI – 1960 r.



Wielkość podstawowa	Jednostka podstawowa	Oznaczenie jednostki	Definicja
długość	metr	m	Długość drogi przebytej w próżni przez światło w czasie 1/299 792 458 sekundy.
masa	kilogram	kg	Masa równa masie międzynarodowego prototypu kilograma (docelowo definicja będzie oparta na stałej Plancka).
czas	sekunda	s	Czas trwania 9 192 631 770 okresów promieniowania odpowiadającego przejściu między dwoma nadsubtelnymi poziomami stanu podstawowego atomu cezu 133.
prąd elektryczny	amper	A	Elektryczny prąd stały, który płynąc w dwóch równoległych, prostoliniowych przewodnikach o nieskończonej długości i pomijalnie małym przekroju poprzecznym kołowym, umieszczonych w odległości 1 metra od siebie w próżni, wywołuje między tymi przewodnikami siłę o wartości $2 \cdot 10^{-7}$ niutona na metr długości przewodu (docelowo definicja będzie związana z ładunkiem elementarnym).
temperatura termodynamiczna	kelwin	K	To 1/273,16 temperatury termodynamicznej punktu potrójnego wody (docelowo definicja będzie oparta na stałej Boltzmanna).
liczność materii	mol	mol	Liczność materii układu, która zawiera tyle podstawowych indywidualów, ile jest atomów w 0,012 kg węgla 12. Przy stosowaniu jednostki mol trzeba określić podstawowe indywiduala: atomy, cząsteczki, jony, elektrony, inne cząstki lub określone grupy takich cząstek (docelowo definicja będzie oparta na stałej Avogadra).
światłość	kandela	cd	Światłość źródła emitującego w określonym kierunku promieniowanie monochromatyczne o częstotliwości $540 \cdot 10^{12}$ herców i natężeniu promieniowania 1/683 wata na steradian.

przyjęte uchwałą na obradach 1. Generalnej Konferencji Miar w 1889 r. Razem z astronomiczną sekundą utworzyły pierwszy system, tzw. układ MKS – **metr, kilogram, sekunda**. Polska, już w 1925 r., a więc tuż po odzyskaniu niepodległości, przystąpiła do Konwencji Metrycznej. Tak, to kolejna tegoroczna okrągła rocznica – nasz kraj jest członkiem Konwencji już **90** lat.

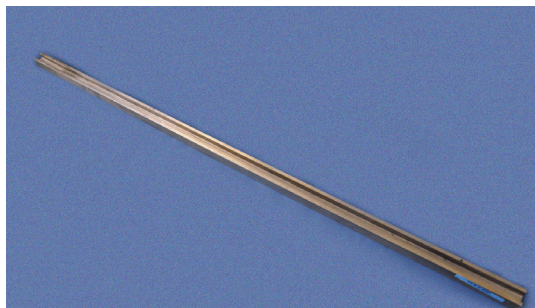
Od 1889 r. system miar Konwencji Metrycznej ewoluował i dziś używamy **7 podstawowych jednostek SI**.

System SI jest systemem uznawanym w społeczności międzynarodowej. Obecnie stosuje go większość krajów świata. Choć przykładowo w USA używane są takie jednostki jak: mila, stopa czy galon. To, że w pewnych krajach legalne lub funkcjonujące obok nich są jednostki spoza SI, jak np.: minuta, godzina, dzień, litr, tona, bar, dyna, wynika często z powodów historycznych, zwyczajowych. Znanym przykładem jest powszechne użycie mil i stóp na potrzeby lotnictwa i żeglugi morskiej. Wynika to zarówno z umów międzynarodowych (np. Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym z 1944 r.) jak i z polskiego Prawa o miarach. Zgodnie z brzmieniem ust. 2 art. 6 Prawa o miarach: „jednostki miar inne niż legalne jednostki mogą być stosowane, na mocy porozumień międzynarodowych, w transporcie morskim, lotniczym i kolejowym.”

Jednakże użycie jednostek miar SI powinno być powszechne wśród np. naukowców. Umożliwiają one bowiem międzynarodowy dialog, ułatwiają krzewienie nauki oraz rozwój technologii i m.in. z tych powodów są rekomendowane do stosowania przez BIPM. Zawsze, gdy z jakichś powodów stosowane są jednostki spoza SI, należy przytaczać przelicznik na odpowiednią jednostkę SI. Dotyczy to także handlu i kiedy kupujemy np. telewizor, to obok przekątnej ekranu w calach, na opakowaniu podana jest także przekątna w centymetrach (podwielokrotność 1 m).

Co ciekawe, prace metrologów nad układem SI trwają nadal. Od lat dokonuje się ewolucja układu SI, także w zakresie definicji jego jednostek. Przyczynia się do tego m.in. coraz szybszy postęp techniczny. W efekcie, jednostki miar są definiowane w oparciu już nie o materialne wzorce odniesienia, a przy pomocy uniwersalnych stałych fizycznych. Przykładowo metr, jako podstawowa jednostka długości układu SI, nie jest już definiowany za pomocą wzorca materialnego, a w oparciu o wartość prędkości światła w próżni.

Podobny proces czeka kilogram, który nadal odzorowywany jest dzięki materialnemu wzorcowi tzw. IPK (International Prototype of the Kilogram), Międzynarodowemu Prototypowi Kilograma przechowywa-



Państwowy wzorzec jednostki miary długości 1 m, stosowany w GUM w latach 1927–1944



Państwowy wzorzec jednostki miary długości, stosowany obecnie w GUM

nego w BIPM, w Sèvres pod Paryżem. Jednostka masy jest obecnie ostatnią z jednostek podstawowych układu SI definiowaną za pomocą artefaktu (wzorca materialnego). To wzorzec pierwotny, od którego dzięki łańcuchowi wzorcowań, zapewniona jest spójność (pomiarowa) pomiarów masy, w zasadzie na całym świecie. W Polsce, w GUM, przechowujemy NPK (National Prototype of the Kilogram) o numerze 51. To walec o wysokości i średnicy równej 39,17 mm, wykonany ze stopu platyny (90 %) i irydu (10 %). Od niego z kolei przekazujemy, w drodze szeregu wzorcowań, jednostkę masy do kolejnych wzorców odniesienia, i tak aż do odważników oraz wag sklepowych i przemysłowych. Dzięki m.in. temu, kupując np. 1 kg owoców mamy pewność, że płacimy za 1 kg towaru, z dozwoloną oczywiście dokładnością, a metrolog powiedziałby – z błędem nieprzekraczającym największego błędu dopuszczalnego.

O redefinicji jednostki masy ostatecznie zdecydowała Generalna Konferencja Miar w 2014 r. W „nowym” SI 4 podstawowe jednostki: kilogram, amper, kelwin i mol, będą zdefiniowane na nowo, w oparciu o stałe fizyczne, odpowiednio: stałą Plancka ( $h$ ), ładunek elementarny ( $e$ ), stałą Boltzmanna ( $k_B$ ) oraz stałą Avogadra ( $N_A$ ).

W przypadku omawianego już kilograma, zakłada się, że nowa definicja jednostki miary masy zostanie zatwierdzona w 2018 r. i będzie oparta na stałej Plancka (więcej informacji w artykułach w dziale: Technika i pomiary). Prace nad redefinicją układu SI, zmierzające do ujednolicenia sposobów odtwarzania podstawowych jednostek miar powinny zakończyć się do 2018 r. Ten proces, raczej ewolucji niż rewolucji, choć tempo zmian przyspiesza, pokazuje determinację międzynarodowego środowiska metrologów, którzy konsekwentnie, od ponad wieku, prowadzą wspólne prace w sposób zorganizowany, aby podstawowe jednostki miar były zu-

nifikowane, powszechne, dostępne dla każdego i zrozumiałe dla wszystkich interesariuszy. Jest to konieczne i uzasadnione, bo układ SI umożliwi metrologom, ale i architektom, farmaceutom, inżynierom budowlanym, przedsiębiorcom, czy konsumentom, posługiwanie się tym samym językiem, przy dokonywaniu pomiarów na bardzo różny użytek.

### Literatura

- [1] A concise summary of the International System of Units, the SI. Broszura Komitetu Doradczego ds. Jednostek (CCU) przy Międzynarodowym Komitecie Miar (CIPM). BIPM 2006 ([www.bipm.org](http://www.bipm.org)).
- [2] Uchwała nr 12 podjęta przez 11. Generalną Konferencję Miar [w:] Comptes Rendus de la 11e CGPM (1960) p. 87 (<http://www.bipm.org/en/CGPM/db/11/12/>).
- [3] Uchwała nr 1 podjęta przez 25. Generalną Konferencję Miar (<http://www.bipm.org/en/CGPM/db/25/1/>).
- [4] Borzymiński J., *Międzynarodowa terminologia metrologiczna* [w:] Polska Administracja Miar. Vademecum. GUM, Warszawa 2015.
- [5] Borzymiński J., *Od starożytności do rewolucji. Łokieć, metr i nie tylko*. [w:] Metrologia i Probiernictwo. Nr 1-2, GUM, Warszawa 2014.
- [6] Ossowski R. L., *Przegląd aktualnej wiedzy na temat prowadzonych badań nad redefinicją jednostki masy*. [w:] Metrologia i Probiernictwo. Nr 1-2, GUM, Warszawa 2014.
- [7] Ruśkowska P., Mosiądz M., Popiołek W., Mroczka J., *Kwantowy układ jednostek miar SI – Ewolucja czy rewolucja?* [w:] Problemy metrologii elektronicznej i fotonicznej 7. Praca zbiorowa pod red. prof. J. Mroczki. Oficyna Politechniki Wrocławskiej. Wrocław 2014.
- [8] Żeberkiewicz A., *Redefinicja nieunikniona* (wywiad z p. Wojciechem Wiśniewskim, opiekunem państwowego wzorca jednostki masy w GUM). [w:] Metrologia i Probiernictwo. Nr 4, GUM, Warszawa 2014.

# Badanie metali szlachetnych metodą ICP-OES w stopach i wyrobach jubilerskich

## Testing of precious metals by ICP-OES method in alloys and jewellery articles

**Anna Ojczyk** (Kierownik Laboratorium Analiz Chemicznych OUP w Warszawie)

W artykule opisano poszczególne etapy badania platyny i palladu w stopach i wyrobach jubilerskich na spektrometrze ICP-OES firmy Thermo. Badania te są przeprowadzane w Laboratorium Okręgowego Urzędu Probierczego w Warszawie.

The article describes the subsequent steps of platinum and palladium analysis of jewellery alloys and articles using ICP-OES spectrometer constructed by Thermo which take place in the Laboratory of the Regional Assay Office in Warsaw.

### Wstęp

Laboratorium Okręgowego Urzędu Probierczego w Warszawie, jako jedyne wśród urzędów probierczych w Polsce, posiada optyczny spektrometr emisyjny ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej, w skrócie ICP-OES. Na spektrometrze przeprowadza się badania metali szlachetnych w stopach i wyrobach jubilerskich, głównie platyny i palladu. Spektrometr umożliwia jednoczesny pomiar przy wykorzystaniu wielu linii analitycznych pierwiastków, w szerokim zakresie stężeń, z dużą dokładnością i precyzją. Metale szlachetne oznacza się według własnej procedury badawczej [1][2], przygotowanej na podstawie norm [3][4].

Opisywana metoda analityczna należy do grupy metod niszczących. Podczas pobierania próbki do analizy wyrób ulega zniszczeniu [5]. Próbki stopów platyny i palladu, które przyjęto do badania, mają zwykle formę zlewków lub drutów. Ze względu na stosunkowo nieduże zapotrzebowanie ze strony klientów urzędu, częstotliwość analiz wykonywanych z platyny i palladu nie jest tak duża, jak analiz wyrobów i surowców wykonanych ze srebra i złota. Sam proces analizy jest procesem wieloetapowym i czas jego wykonania zależy od składu stopu.

### Zastosowanie metody

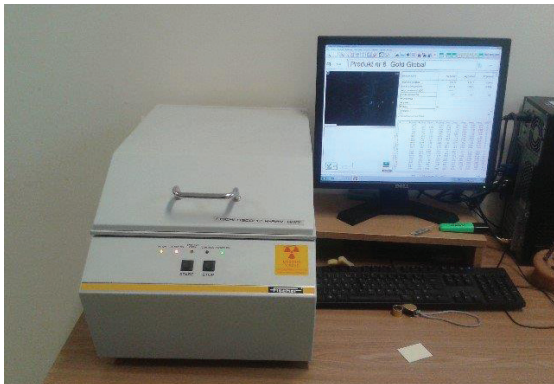
Metoda jest wykorzystywana głównie do badania:

- ♦ platyny w stopach jubilerskich zawierających jako domieszki iryd, pallad, rod, złoto, miedź, kobalt, ruten, gal, chrom, ind, z użyciem Y jako wzorca wewnętrznego;
- ♦ palladu w stopach jubilerskich zawierających jako domieszki: srebro, ind, gal, miedź, kobalt, nikiel, ruten, z użyciem Y jako wzorca wewnętrznego.



Rys. 1. Optyczny spektrometr emisyjny ICP-OES

fol. OUP Warszawa



Rys. 2. Spektrometr fluorescencji rentgenowskiej  
fot. OUP Warszawa



Rys. 3. Zlewki i drut platynowy  
fot. OUP Warszawa

## Zasada metody

Metoda polega na jednoczesnym porównaniu sygnałów badanych pierwiastków (dla wielu ich linii) uzyskiwanych przy pomiarze emisji w plazmie argonowej, z sygnałami uzyskanymi od wzorców, podczas wprowadzania do plazmy roztworu z użyciem nebulizera pneumatycznego. W przypadku oznaczania Pt i Pd, w celu eliminacji wpływu składników matrycy, wykorzystuje się dodatek wzorca wewnętrznego. Pierwiastek stosowany jako wzorec wewnętrzny Y jest wprowadzany do próbek, ślepej próby i roztworów wzorcowych w tej samej ilości. Ulega on tym samym wpływom co analit i dzięki temu skutecznie eliminuje niepożądane oddziaływania.

## Poszczególne etapy badania

### Identyfikacja wstępna

Wstępna identyfikacja składu stopu wykonywana jest na spektrometrze fluorescencji rentgenowskiej. Identyfikację przeprowadza się w celu jakościowego określenia wszystkich składników obecnych w stopie oraz wyeliminowania z analizy próbek, których ze względu na domieszki nie można rozpuścić w warunkach laboratoryjnych. Bardzo często zdarzają się stopy platyny z irydem o stężeniu powyżej 10 %, których w warunkach laboratoryjnych nie da się rozpuścić.

### Pobieranie próbek

Stop platyny lub palladu, przyjęty w formie zlewki lub drutu, jest kuty i walcowany, w celu oczyszczenia z zanieczyszczeń powierzchniowych. Następnie

pobiera się próbkę reprezentatywną, którą bardzo dokładnie rozdrabnia się nożyczkami. Kolejno odważa się trzy równoległe próbki, po około 100 mg każda.

### Roztworzenie próbek

Próbki przenosi się do zlewki, a następnie dodaje wodę królewską i ogrzewa na płycie grzejnej. Czas całkowitego roztworzenia próbek jest uwarunkowany obecnością domieszek. Najkrócej roztwarzają się stopy czystej platyny i palladu (około godziny), najdłużej stopy platyny z rodem lub irydem (nawet kilka dni).

### Wzorcowanie

W zależności od składu stopu przygotowuje się roztwory wzorcowe. Stężenia wzorców muszą odpowiadać zawartości oznaczanego składnika. Do każdego roztworu wzorcowego dodaje się wzorec wewnętrzny Y. Roztwory wzorcowe wlewa się do specjalnych probówek i przy użyciu automatycznego podajnika, wprowadza do spektrometru.

### Pomiar próbek

W kolejnym kroku przygotowuje się odpowiednie rozcieńczenia próbek. Do każdej próbki dodaje się wzorec wewnętrzny Y. Rozcieńczone próbki przenosi się do probówek, a następnie są one zasysane i podawane na spektrometr, przy użyciu automatycznego podajnika. Pomiar wzorców i próbek wykonuje się w przygotowanym wcześniej programie analitycznym. W celu otrzymania maksymalnej dokładności, pomiary są wykonywane z trzech próbek równoległych, w seriach po trzy powtórzenia.

### Kontrola jakości badania

Bieżąca kontrola jakości badania polega na pomiarze próbki kontrolnej wykonywanym bezpośrednio po wzorcowaniu, w trakcie oraz na zakończenie pomiarów. Przed pomiarem próbki kontrolnej zawsze wykonuje się pomiar płuczący, w celu wyeliminowania wpływu najwyższego wzorca, bądź wpływu próbek, na uzyskane wyniki. Jeżeli w serii pomiarowej do wykonania jest więcej niż dziesięć pomiarów, pomiar próbki kontrolnej wykonywany jest również pomiędzy pomiarami.

### Obliczenie wyników

Wyniki uzyskane po zakończeniu pomiarów przeliczane są z uwzględnieniem masy odważki i końcowej objętości oraz ewentualnego rozcieńczenia. Wynik podawany jest w promilach. Dopuszczalny rozstęp pomiędzy trzema równoległymi oznaczeniami próbki wynosi 3 ‰. Powyżej tej wartości należy ponownie wykonać pomiary.

### Podsumowanie

Metoda ICP-OES jest najbardziej złożonym procesem analitycznym ze wszystkich, jakie wykorzystuje się w analizie metali szlachetnych w laboratorium Okręgowego Urzędu Probierniczego w Warszawie, a dla uzyskania końcowego wyniku na zadowalającym poziomie, niezbędna jest właściwa infrastruktura oraz doświadczenie analityka przeprowadzającego badanie. Zniszczenie materiału związane

z pobraniem próbki do analizy oraz ubytek masy o około 0,3 g, to chyba jedyne wady tej metody. Cechuje ją wysoka dokładność i bardzo dobra powtarzalność wyników.

Potwierdzeniem kompetencji w zakresie metody badawczej jest udział Laboratorium Analiz Chemicznych Okręgowego Urzędu Probierniczego w Warszawie w międzynarodowym programie badawczym Round Robin, emitowanym przez Stały Komitet Konwencji o kontroli i cechowaniu wyrobów z metali szlachetnych, do której Polska należy od 2005 r., a koordynowanym przez Międzynarodowe Stowarzyszenie Urzędów Probierniczych. Celem uczestnictwa w badaniach jest analiza próbek stopów o określonych składach i porównywanie uzyskiwanych wyników dla zwiększenia ich powtarzalności i wiarygodności. Dotychczasowe wyniki uzyskiwane w ramach programu dla analiz stopów platynowych i palladowych są na bardzo zadowalającym poziomie.

### Literatura

- [1] Procedura oznaczania Pt w stopach jubilerskich metodą ICP-OES z użyciem Y jako wzorca wewnętrznego.
- [2] Procedura oznaczania Pd w stopach jubilerskich metodą ICP-OES z użyciem Y jako wzorca wewnętrznego.
- [3] ISO/DIS 11494 Determination of Platinum in Platinum Jewellery Alloys.
- [4] ISO/DIS 11495 Determination of Palladium in Palladium Jewellery Alloys.
- [5] Instrukcja badania metali szlachetnych.

## Relacja z II Targów Bizuterii Biżu-Time Expo

### Report from the 2nd Jewellery Fair BIŻU-TIME EXPO

Aleksandra Górkiewicz-Malina (OUP Kraków)

W dniach 25–26 kwietnia odbyły się w Hali Stulecia we Wrocławiu II Targi Bizuterii Biżu-Time Expo. Jest to jedyna profesjonalna impreza targowa w tym mieście, dedykowana branży jubilerskiej, będąca odpowiedzią na duże zapotrzebowanie na prezentację marek, produktów i usług jubilerskich na rynku dolnośląskim. Targi organizowane były po raz drugi i stanowiły okazję do wymiany doświadczeń i kontaktów biznesowych. Impreza odbywała się równoległe z popularnymi Targami Kosmetyczno-Fryzjerskimi Dni Urody i Spa. Do uczestnictwa w targach zaproszono Okręgowy Urząd Probierny w Krakowie, któremu terytorialnie podlega województwo dolnośląskie i na którego terenie działa Wydział Zamiejscowy



we Wrocławiu, Urząd otrzymał możliwość prezentacji badania wyrobów z metali szlachetnych metodą przybliżoną na własnym stoisku informacyjnym.

Podczas targów organizowany był konkurs dla wytwórców, przy współpracy z Panem Giedyminem Jabłońskim, znanym artystą plastykiem, przewodniczącym Jury konkursu Perły Biżu-Time Expo 2015. Oceniano w kategoriach: mistrzostwo warsztatowe, design (wzornictwo), dzieło artystyczne Grand Prix Biżu-Time Expo.

Jednym z punktów programu targów były bardzo interesujące, specjalistyczne wykłady, w których uczestniczyli również pracownicy naszego okręgu, przedstawiając dwie prezentacje pt.: „Prawo probiercze



w pigułce” oraz „Rola Konwencji o kontroli i cechowaniu wyrobów z metali szlachetnych na rynkach państw UE”. Obie wzbudziły duże zainteresowanie wśród uczestników. Dla nas niezwykle interesujące były wykłady: na temat rozpoznawania imitacji bursztynu, zaprezentowany przez przedstawicielki Muzeum Bursztynu w Krakowie, a także o metodach wytwarzania biżuterii artystycznej, przygotowany przez Pana Andrzeja Bandkowskiego, znanego artystę plastyka, autora unikatowej publikacji „Biżuteria artystyczna, kurs wytwarzania”.

Polska biżuteria była eksponowana na targach nie tylko przez wąskie grono krajowych wytwórców, ale przede wszystkim przez firmy zajmujące się pośrednictwem handlowym, tzw. „importerów” oraz podmioty prowadzące obrót wyrobami, wśród których przeważały elementy niemetalowe (skóra, plastik itp.), a jedynie z dodatkami metali szlachetnych, co podyktowane jest aktualną modą. Stosunkowo niewielka liczba wystawców miała związek z równoległe odbywającą się w Katowicach Giełdą Mineralów i Biżuterii – Wiosna 2015.

Stoisko Okręgowego Urzędu Probierniczego w Krakowie wzbudziło bardzo duże zainteresowanie nie tylko wśród wystawców, ale również zwiedzają-

cych. Rozdawane na nim były materiały informacyjne, w tym książeczki: z tabelami polskich cech probierniczych na przestrzeni lat 1921–2012, z cechami probierniczymi umieszczanymi na wyrobach z metali szlachetnych w krajach członkowskich UE oraz folder informacyjny o urzędzie. Ponadto wiele osób skorzystało z możliwości zbadania użytkowanej biżuterii metodą przybliżoną na kamieniu probierniczym, a zdarzały się przypadki, że osoby w kolejnym dniu targów przynosiły z domu precjoza i prosiły o zbadanie i ewentualne potwierdzenie próby. Udzieliliśmy również wyczerpujących informacji zarówno wytwórcom, podmiotom prowadzącym jedynie obrót wyrobami z metali szlachetnych, jak również zwiedzającym, na temat wymagań w zakresie zgłaszania wyrobów do naszych urzędów oraz ich oznaczania cechami probierniczymi.

Udział w targach pozwolił na przybliżenie działalności Okręgowego Urzędu Probierniczego w Krakowie na obszarze województwa dolnośląskiego, a równocześnie umożliwił dokonanie rozeznania sytuacji w zakresie obrotu wyrobami ze stopów metali szlachetnych na tym terenie. Rola i ranga naszego urzędu często była sygnalizowana i podkreślana przez organizatorów targów.



## Relacja z Targów Jubilerskich INHORGENTA w Monachium Report from the Jewellery Fair INHORGENTA MUNICH

**Maria Magdalena Ulaczyk, Beata Wytrykus** (OUP w Warszawie)

Targi „Inhorgenta” są jedną z największych branżowych imprez wystawienniczych w Europie, organizowaną od ponad 40 lat. W tym roku brało w niej udział 1055 wystawców z 40 krajów (w tym 37 z Polski), a odwiedziło je ponad 26 tys. osób z 75 państw.

Wiele polskich firm uczestniczących w targach było objętych dotacją Ministerstwa Gospodarki RP, w ramach Programu Promocji Branży Jubilersko-Bursztynniczej. Rok 2015 jest ostatnim rokiem realizacji projektu, którego celem było wzmocnienie konkurencyjności krajowych złotników i wypromowanie ich wizerunku na forum zagranicznym.

Oferta polskich wystawców była ciekawa – obejmowała różnorodne segmenty branży złotniczej oraz

narzędzia jubilerskie. Były też stoiska informacyjne: Ministerstwa Gospodarki, Targów „Złoto, Srebro, Czas”, targów „Amberif” oraz Galerii w Legnicy. Polska biżuteria była eksponowana nie tylko przez wytwórców, ale także przez firmy zajmujące się pośrednictwem handlowym i promowaniem zagranicznych marek. Ze względu na wysokie prowizje, producenci starają się jednak odchodzić od tej formy, tym bardziej, że znikają bariery, które hamowały obrót poza granicami RP, takie jak nieznajomość przepisów prawnych i języków obcych, zasad marketingu i promocji, czy obawa przed konkurencją. Dzięki sukcesji w zawodzie złotnika, w branży pojawia się nowe pokolenie, które dobrze sobie radzi na współczesnym rynku.

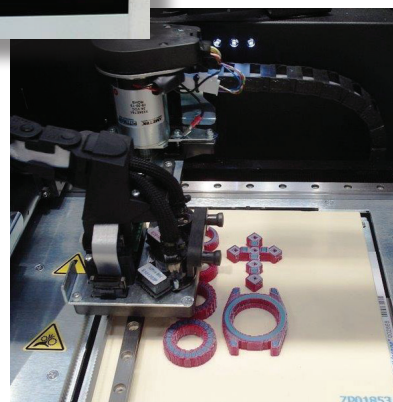
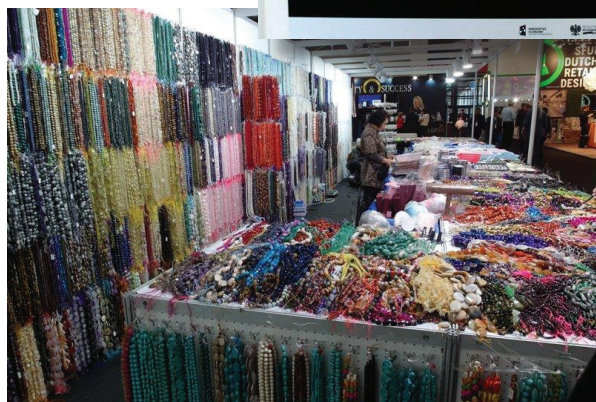
Na uwagę zasługiwały wyroby pochodzące z Niemiec, które rzadko trafiają na polski rynek. Ich walory to proste fasony, o wysokiej precyzji i jakości wykonania, kontrastujące z barwną, pełną kolorowych kamieni, biżuterią hiszpańską oraz wyrobami z Dalekiego Wschodu i Ameryki Południowej. Inaczej, niż to ma miejsce w Polsce, formuła targów „Inhorgenta” przewiduje otwarcie gablot wystawieni- niczych, co stwarza możliwość starannego obejrzenia wyrobu. W porównaniu do siedzib krajowych tar- gów, uznanie budzi też obszar monachijskiego centrum targowego oraz rozmiary, wystrój i ilość poszczegól- nych hal.

Na targach „Inhorgenta” prezentowane są nowe technologie, które mogą znaleźć zastosowanie w jubilerstwie. Pod hasłem „inspiracje” odbywały się pre- zentacje drukarek 3D oraz nowoczesnych skanerów, które mogą być wykorzystywane do tworzenia pro- jektów form złotniczych. Technologia ta może w przy- szłości zastąpić metodę „traconego wosku”. Elementy uzyskiwane w wyniku przestrzennego drukowania są precyzyjne, można je komputerowo projektować

i dowolnie kształtować. Oprócz technologii 3D, na monachijskich targach prezentowano również ofertę biżuterii i zegarków interaktywnych i tzw. zegarków przyszłości, które kumulują w sobie liczne funkcje i mogą zastąpić wiele urządzeń codziennego użytku.

Polska delegacja odwiedziła kilkaset stoisk i wy- słuchała dwóch wykładów, których poziom był niż- szy niż oczekiwano, bowiem przekazywana wiedza nie wykraczała poza podręcznikowe standardy doty- czące marketingu.

Zebrano szereg materiałów informacyjnych do- tyczących aparatury badawczej, laserów i innych urzą- dzeń przydatnych w probiernictwie. Mogą one w przy- szłości stanowić punkt odniesienia przy realizacji zakupów dla krajowych urzędów. Udział w targach pozwolił też na zgromadzenie wiedzy na temat sytu- acji rynkowej w dziedzinie obrotu wyrobami z me- tali szlachetnych – czynnika istotnego podczas pro- gnozowania dochodów OUP, uzyskiwanych za badanie i oznaczanie wyrobów oraz planowania wy- datków na aparaturę badawczą.





## Światłość z pięciu lamp

### Luminous intensity of five photometric lamps

**Adam Żeberkiewicz** (Gabinet Prezesa, GUM)

Rozmowa z Grzegorzem Szajną (kierownikiem Laboratorium Fotometrii i Radiometrii, opiekunem państwowego wzorca światłości). W wywiadzie poruszone zostały takie m.in. tematy, jak budowa państwowego wzorca światłości, porównania międzynarodowe wzorca, a także perspektywy realizacji wzorca światłości.

The interview with Grzegorz Szajna – Head of Photometry and Radiometry Laboratory, National Luminous Intensity Standard Supervisor. Mr. Szajna talks about structure of National Luminous Intensity Standard, comparisons of national standards and expecting ways of its realization.

**Adam Żeberkiewicz:** – *Od kiedy światłość jest przekazywana w GUM?*

**Grzegorz Szajna:** – Laboratorium Fotometrii było jednym z pierwszych laboratoriów, które powstały w GUM. Przedstawiciel GUM prof. Kazimierz Drewnowski brał udział w pracach Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej (CEI), jeszcze przed II wojną światową.

– *W Polsce wzorzec państwowy tworzy pięć lamp marki Toshiba. Dlaczego we wzorcu państwowym jest pięć lamp?*

– Jedna lampa nie stanowi wzorca. Dlaczego? Bo jeśli ją wkręcimy i zaświecimy, to nie mamy pewności, że „pokazuje” prawidłowo. Dwie lampy też nie stanowią wzorca. Jedna może „pokazać” 50, a druga 100 kandel. Która „pokazuje” dobrze? Nie wiadomo. Dlatego wzorce grupowe definiujemy jako grupę co najmniej trzech lamp. Trzy lampy są minimalną ilością, której wymagamy od laboratoriów wzorcujących u nas wzorce. A dlaczego pięć? Tak się utrwaliło w tradycji pomiarowej w ubiegłym wieku. Do ostatnich porównań światłości EURAMET dopuszczaliśmy cztery lub pięć lamp. Oczywiście można było sprawdzić i więcej. Były takie narodowe instytuty metrologiczne, które dostarczyły siedem lamp.

Wzorzec jakiegokolwiek wielkości świetlnej można realizować na każdym rodzaju lamp, które spełniają wymagania jeśli chodzi o kształt żarnika, bańkę, stabilność elektryczną i świetlną oraz inne

parametry, które mają wpływ na pracę wzorca, odtworzenie jednostki miary i zachowanie spójności.

Dominujący na rynku producenci, czyli firmy Osram, Philips i Toshiba, produkują lampy spełniające wymagania techniczne, jakimi muszą charakteryzować się źródła na wzorce fotometryczne. Te utrzymywane w GUM są realizowane na lampach, które są bardzo stabilne i wyróżniają się jakością metrologiczną. Do tego są specjalnie dedykowane do zastosowań w pomiarach fotometrycznych.

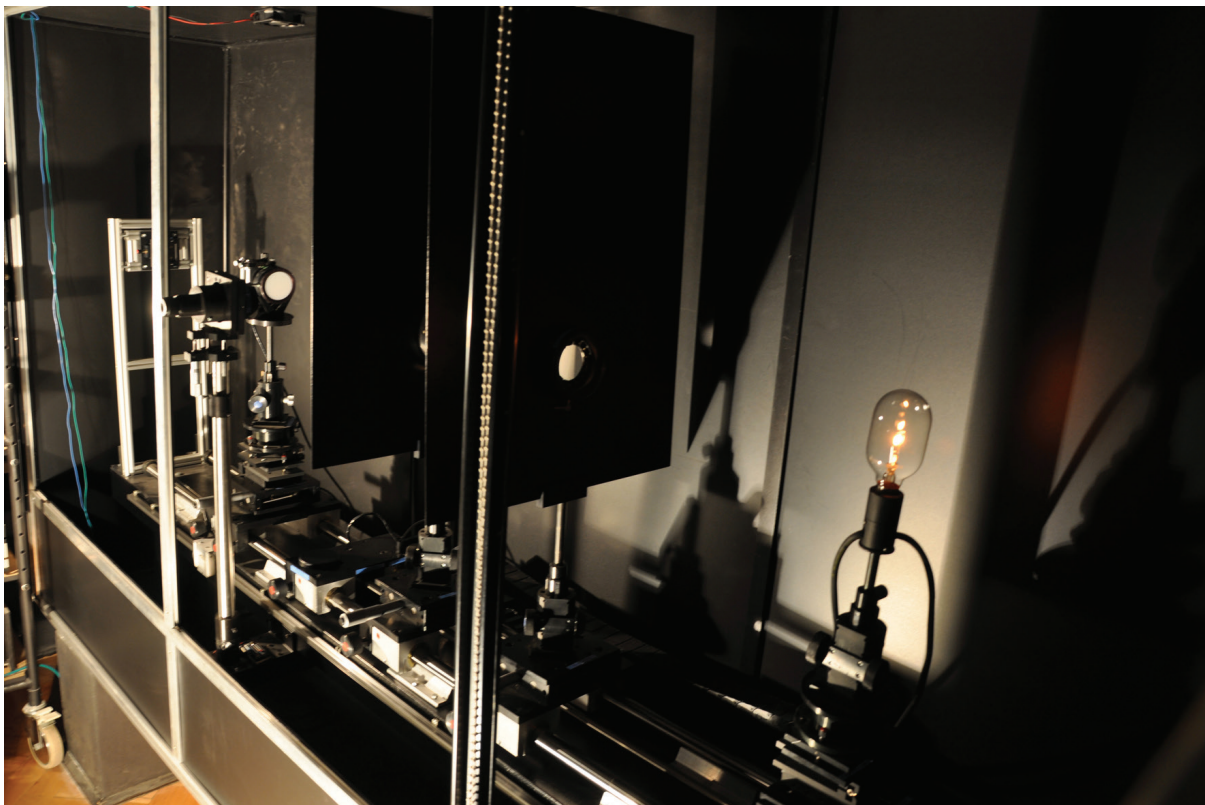
– *Co jeszcze możemy powiedzieć o tych lampach?*

– Są to żarówki próżniowe. Oczywiście taka żarówka ma bardzo dobrej jakości żarnik wykonany z wolframu wysokiej czystości. Skrętka żarnika, podobnie jak bańka i trzonek lampy, jest wykonana w sposób zbliżony do doskonałości. Czas pracy żarówki to 1000 godzin.

– *Jaki jest średni czas pracy tych lamp?*

– Wzorzec nie pracuje cały czas. Aby podać precyzyjną odpowiedź, musiałbym sięgnąć do dokumentacji. Jednak mogę powiedzieć, że w ciągu roku jedna lampa jest używana metrologicznie od półtorej do dwóch godzin.

Struktura przekazywania jednostki miary światłości od wzorca państwowego wygląda następująco: państwowy wzorzec światłości, składający się z pięciu lamp Toshiba, dwa grupowe wzorce pośredniczące, złożone z pięciu i czterech lamp Osram. Ostatnim



Stanowisko pomiarowe do odtwarzania państwowego wzorca jednostki światłości

ogniwem łańcucha spójności są wzorce robocze, których używamy do przekazywania jednostki miary przyrządom pomiarowym klientów. Korzystamy z całkiem zwyczajnych, popularnych lamp, tzw. projekcyjnych. Przykładem jest grupa lamp o mocy 2 kW. Te lampy są wzorcowane raz do roku, ale jeśli ich czas pracy przekroczy 12 godzin, to muszą być poddane wzorcowaniu wcześniej.

**– I przy pomocy tych lamp wykonuje się pomiary dla klientów?**

– Tak. Lampy wzorca państwowego służą wyłącznie do tego, żeby przekazać jednostkę miary wzorcowi pośredniczącemu oraz wykonuje się dla niego komparację, czyli sprawdzenie, czy wzorzec zachowuje wewnętrzną spójność pomiarową.

**– Czy wzorzec pierwotny światłości też składa się z pięciu lamp?**

– Nie. Nie ma czegoś takiego jak wzorzec pierwotny światłości. Jest natomiast realizacja wzorca jed-

nostki światłości na drodze radiometrycznej. Tak realizują jednostkę światłości kierunkowej produkując w Europie i na świecie państwowe instytuty metrologiczne, posiadające odpowiednie zaplecze techniczne oraz mogące pozwolić sobie na duże nakłady finansowe. Ośrodki te biorą też udział w porównaniach kluczowych prowadzonych w ramach CCPR (Komitetu Doradczego Fotometrii i Radiometrii CIPM).

**– Ile jest takich państw?**

– Kilkanaście. Polska bierze udział w porównaniach kluczowych organizowanych przez EURAMET, które są następstwem tamtych porównań. W porównaniach kluczowych CCPR wyznaczana jest jakaś wartość, np. w 1989 r. w wyniku tych porównań wartość światłości zmieniła się o 0,3 % i my musieliśmy, chcąc zachować spójność pomiarową, w oparciu o wyniki porównań kluczowych, zmienić wartość światłości o 0,3 % w górę. Następnie zbierają się NMI's (Krajowe Instytucje Metrologiczne), które brały udział w porównaniach CCPR i wyłoniwszy pilota porównań EURAMET, przenoszą do nich wartość linkują-

cą od porównań CCPR. W ostatnich porównaniach kluczowych EURAMET, które miały miejsce w ubiegłym roku i w których również braliśmy udział, najlepiej wypadło niemieckie PTB, które z kolei kilkanaście lat temu brało udział w porównaniach najważniejszych „graczy”.

**– Jak często odbywają się takie porównania?**

– Porównania największych odbywają się bardzo rzadko. Z tego co pamiętam, porównania kluczowe CCPR odbywały się rzadko. Ostatnio ustalono, że nie rzadziej niż co 10 lat. Nasze porównania (EURAMET), w których moglibyśmy brać udział, odbywają się również rzadko. Są w GUM laboratoria, które porównują się częściej. W zakresie promieniowania i radiometrii porównania są bardzo rzadkie, z małą ilością chętnych do ich pilotowania, bo to wymaga ogromu pracy. Ja wykonywałem te pomiary w 2008 r., a wyniki były ogłaszane dopiero w 2014 r. i 2015 r.

**– Jak nasz wzorzec wypadł w porównaniach międzynarodowych?**

– Spróbuję wytłumaczyć to w ten sposób: nasz wzorzec nie brał udziału w porównaniach jako wzorzec, fizycznie. Względem naszego wzorca były wzorcowane lampy – odbywało się to u nas i w laboratorium linkującym. Wartości te – z pomiarów tam i w GUM – są uśredniane i odnoszone do wartości, które PTB otrzymało w trakcie swoich pomiarów. Pomiary wykonane przez GUM były przeprowadzone z określoną niepewnością. Jeżeli laboratorium zadeklarowało, że każda lampa, którą wysłaliśmy, miała 100 kandel plus/minus 5 %, a laboratorium PTB otrzymało w wyniku pomiarów wartość 102 kandeles plus/minus 2 %, to oznacza, że zadeklarowane przez nas wyniki pomiarów wraz z niepewnością mieszczą się w zadeklarowanym zakresie wartości..Utrzymaliśmy CMC (zdolności w zakresie wzorcowania i pomiarów – przyp. red.). Nie staraliśmy się go podwyższać, bo to wymagałoby nakładów finansowych, których nie mamy. Deklarowaliśmy, że mamy CMC na poziomie 1,5 % i to utrzymaliśmy, a dokładnie zmieściliśmy się w 1 %. Podsumowując tę ocenę – mając gorsze uwarunkowania techniczne wypadliśmy bardzo dobrze, porównywalnie np. z brytyjskim NPL.

**– Ile jest wart nasz wzorzec światłości?**

– Teoretycznie, jeśli ma się pieniądze, to wzorzec złożony z lamp można kupić. Ale to nie wszystko, co się zawiera we wzorcu. Jego historię tworzy np. ilość pomiarów na nim wykonywanych. Widzimy w ten sposób, jak wzorzec zmienia swoje parametry i możemy określić jego charakterystykę. Kiedy w 1989 r. kupowaliśmy lampy do wzorca, jedna kosztowała 3,5 tys. dolarów. W polskich warunkach to było dużo. A ile kosztowałyby teraz? Podejrzewam, że niedużo więcej. Może 4–5 tys. dolarów. To jest wartość materiałowa jednej lampy wzorca. Do tego dochodzi zagraniczne wzorcowanie w granicach 5–6 tys. euro. Oczywiście potrzebne jest jeszcze odtworzenie tego wzorca, na które składają się: multimetry cyfrowe, zasilacz, ława – stworzenie od nowa podstawowej pracowni fotometrycznej. Wszystko to tworzy koszt ok. 2–2,5 mln zł.

**– Powiedzmy teraz o tym, jakie są obowiązki opiekuna wzorca.**

– Opiekun każdego wzorca ma inne obowiązki, w zależności od właściwości metrologicznych tego wzorca. Chodzi o to, żeby wzorzec dobrze działał, zachowywał spójność pomiarową, i w odpowiednim czasie został zgłoszony do wzorcowania za granicą, oczywiście w przypadku wzorca wtórnego.

**– O wzorzec się dba. W jaki sposób?**

– Wszystkie czynności przy wzorcu wykonujemy w białych bawełnianych rękawiczkach. W opisie jest dokładnie przedstawione, co trzeba robić. Przemywamy wzorzec spirytusem cz.d.a., żeby był czysty. Poza tym ogląda się styki i wykonuje typowe czynności techniczne. A najważniejszą czynnością jest komparacja, którą wykonujemy raz na dwa lata.

**– Jakie są warunki przechowywania wzorca?**

– Można to podzielić na dwie części – pierwsza to przechowywanie, druga to odtworzenie. Co do pierwszej – zalecenia CIE są następujące: wilgotność do 80 %, temperatura pokojowa, ochrona przed kurzem, wstrząsami mechanicznymi, wstrząsem elektrycznym. Jeżeli chodzi o odtworzenie wzorca, są do tego podane warunki: wilgotność poniżej 80 %, temperatura od 18 °C do 24 °C. Do tego dochodzą oczy-



wiecie standardowe zabiegi czyszczące. Ciemnia jest raz na miesiąc porządnie czyszczona, odkurzana.

**– Jakie przyrządy są najczęściej wzorcowane w Laboratorium Fotometrii i Radiometrii?**

– Wyjaśnijmy najpierw, że w Polsce działa Laboratorium Fotometrii i Radiometrii GUM, trzy laboratoria w okręgach łódzkim, poznańskim i warszawskim (w tym ostatnim przypadku jest to de facto ObUM Białystok). Obwód białostocki i OUM Poznań wykonują wzorcowania luksomierzy, a OUM Łódź luksomierzy i kalibratorów fotometrycznych. Jest jeszcze laboratorium w Międzyzlesiu, które „bierze” od nas m.in. wzorcowanie światłości, strumienia świetlnego i luksomierzy. Są to jedyne laboratoria wzorcujące z tej dziedziny pomiarowej w kraju.

Natomiast w GUM wzorcujemy wszystko. Wykonywanych jest ok. 700 wzorcowań rocznie. W tej chwili najmodniejsze, jeśli można tak powiedzieć, jest wzorcowanie mierników do badania ndt – związane to jest z promieniowaniem optycznym widzialnym i nadfioletowym. Tzw. dolina lotnicza (Mielec, Rzeszów) produkuje części do samolotów i śmigłowców. Przy pomocy badań ndt można stwierdzić, czy poszycie kadłuba albo wirnik śmigłowca mają ścisłą strukturę, bez pęknięć itp. To są proste badania, nie wymagające prześwietleń. W laboratorium mamy specjalne stanowisko do wzorcowania przyrządów do badań ndt, które stanowią mniej więcej 1/3 wszystkich wzorcowań. Cały krajowy przemysł lotniczy wzorcuje u nas tego typu przyrządy.

Oprócz tego wzorcujemy wzorce światłości, wzorce temperatury barwowej, wzorce strumienia świetlnego, kolorymetry, luksomierze, wykonujemy wzorcowania połyskomierzy i komór świetlnych. Np. producenci tapicerki samochodowej zamawiają określony materiał i jeśli on się skończy, to zamawiana jest następna partia. Teoretycznie jest to ten sam materiał, jeśli chodzi o barwę i fakturę, ale żeby stwierdzić, czy są identyczne, to trzeba w komorze świetlnej ocenić te parametry przy oświetleniu różnymi rodzajami źródeł światła. To jest bardzo ważna dziedzina w pomiarach promieniowania optycznego. Jesteśmy jedynym laboratorium w Polsce, które wzorcuje materiały fosforescencyjne, a mamy w kraju kilkunastu producentów takich materiałów. Określamy, w oparciu o normy, czas zaniku świecenia tych materiałów. Sposób ich „działania” jest podobny do ła-

dującego się akumulatora. Jeżeli będziemy je oświetlali dłuższy czas, to będą dłużej świecić.

Jeżeli dla przyrządu, z którym klient się zgłasza, jesteśmy w stanie zaproponować metodę pomiarową, to takie wzorcowanie wykonujemy. Opracowanie metody pomiarowej polega na tym, żeby wiedzieć czym zmierzyć, jak zmierzyć i prawidłowo ocenić źródła niepewności pomiaru.

**– Planowane są redefinicje jednostek miar Międzynarodowego Układu Jednostek Miar SI. Proszę powiedzieć, co to oznacza w przypadku światłości?**

– Planowane redefinicje nie dotyczą jednostki miary światłości. Nową definicję kandeli przyjęła 16. Generalna Konferencja Miar. Światłość jest definiowana przy pomocy stałej fizycznej. Kwestia polega więc na realizacji, a konkretnie pomiarzeniu czułości widmowej, w odniesieniu do której można kandelę zrealizować. W przypadku realizacji opartej o radiometr kriogeniczny chodzi o kwotę rzędu 2–3 mln, a do tego dochodzą koszty pełnej obsługi, która kosztuje 100–200 tys. zł rocznie.

**– Czy to będzie kosztowniejszy system?**

– Dla tych, którzy będą chcieli mieć wzorzec pierwotny – tak. Pytanie, czy we wszystkich dziedzinach pomiarowych jest nam potrzebny wzorzec pierwotny. Wzorcowanie wzorca światłości kosztuje 6–7 tys. euro razy pięć lamp, tj. ok. 35 tys. euro – wzorcujemy go raz na cztery lata. Po 40 latach to będzie 350 tys. euro. A gdybyśmy chcieli sami realizować wzorzec, potrzeba byłoby pieniędzy za 240 lat wzorcowań. Czy coś na tym zyskujemy? Niewątpliwie renomę. Ale patrząc realnie, z punktu widzenia użytkowników w Polsce to, czy kandelę będzie odtwarzana z niepewnością 0,4 % czy 0,8 % ma mniejsze znaczenie. Bardzo małe niepewności odtworzenia jednostki miary to jest wyścig tylko najbogatszych krajów, a nas na to nie stać finansowo.

**– Dziękuję za rozmowę.**

## System chińskich miar i wag

### The china measurement system

**Andrzej Janusz Kraszewski** (Naczelnik Obwodowego Urzędu Miar we Wrocławiu)

W artykule przedstawiono powstawanie chińskiego systemu miar w czasach historycznych. Opisany został również proces jego ujednolicenia.

The paper presents variety of Chinese measures in the past. Trials of unification of measurement system in ancient China are described.

Chińskie miary i wagi mają bardzo długą historię. Pierwsze prymitywne społeczności zaczęły stosować narzędzia pomiarowe wraz z pojawieniem się wymiany towarowej. I tak, podczas panowania Dynastii Shang od XVI do XI w. p.n.e. system chińskich miar i wag był wystarczająco kompletny dla ówczesnych potrzeb. Kościany przymiar, pochodzący z okresu tej dynastii miał długość 16 cm i podziałkę sporządzoną w systemie dziesiętnym. To pokazuje nam, że jednostki długości definiowane w systemie dziesiętnym w Chinach zaczęto stosować już przed 3000 lat.

### Okres Walczących Królestw

W Okresie Wiosen i Jesieni oraz w Okresie Walczących Królestw (770–221 p.n.e.), wraz z rozwojem nauki i techniki chiński system miar i wag osiągnął nowy etap i pojawiły się różnorodne narzędzia pomiarowe wytwarzane na potrzeby rzemiosła i handlu. Z przekazów wiemy, że Lu Ban, sławny mistrz ciesielski z Królestwa Wu, miał duże doświadczenie praktyczne. Skonstruował on przyrząd pomiarowy używany odtąd przez wiele pokoleń rzemieślników i ceniony powszechnie jako uniwersalne narzędzie pomiarowe. W Królestwie Shu w obiegu używano złote monety i w związku z tym pojawiła się mała waga, misternie wykonana z jednego drewnianego pręcika z dodanymi kilkoma pierścieniowymi obciążnikami, z których najmniejszy ważył 0,2 **grama**. Wtedy też w wydanym w formie książki poradniku zalecano sposób wytwarzania wagi-wzorca metodą odlewania ze stopów brązu, a także opisywano model wagi wzorcowej, jej wielkość, pojemność i masę okrągłej szalki. Jako że jeszcze nie potrafiono wtedy dokładnie obliczyć stosunku obwodu koła do jego średnicy, powierzchnię okrągłej szalki obliczano tylko za po-



A. J. Kraszewski – autor tekstu na tle stelli przed Pałacem Cesarskim w Pekinie

fot. Henryk Chmielewski

mocą prostej znanej już metody – twierdzenia Pitagorasa – wpisując w okrąg trójkąt prostokątny. Na początku I w. przyjęto jako liczbę  $\pi$  nieracjonalną liczbę 3,1547 przy projektowaniu wagi typu Xinmang wykonywanej brązu.

W V w. p.n.e. wielki chiński matematyk Zu Chongzhi obliczył stosunek obwodu okręgu do jego średnicy, a wynik tego równania był najbardziej dokładny w ówczesnym świecie, ujednolicając model wagi wykonanej z brązu oraz wzorce innych przyrządów pomiarowych stosowanych w Okresie Walczących Królestw (476–221 p.n.e.). Podczas wytwarzania narzędzi pomiarowych w pełni wykorzystywano wtedy najlepsze środki techniczne i wiedzę uczonych.

Dla zapewnienia ciągłej stabilności narzędzi pomiarowych, w późnym Okresie Walczących Królestw jako wzorców miar zaczęto używać materiałów naturalnych o dobrej stabilności. Wcześniej w czasach Dynastii Han (206 r. p.n.e. – 220 r. n.e.) przyjęta została praktyka wzorcowania narzędzi pomiarowych za pomocą tuby wykonanej z jadeitu, brązu lub bam-

busa. Czym dłuższa była tuba, tym niższa była częstotliwość drgań przepływającego powietrza, i w rezultacie tym niższy był ton wydobytego dźwięku. Jeśli długość tuby była znana, wtedy strojono dźwięk (nutę) na określoną wysokość. I odwrotnie, jeśli znana była częstotliwość drgań powietrza w tubie (wysokość tonu), wtedy ściśle określona była długość tuby. Ta praktyka zbieżna jest z obecną metodą wyznaczania jednostki długości za pomocą długości fali świetlnej przyjętej do określenia wzorca miary długości. Już przed 2 000 lat chińscy rzemieślnicy odkryli również, że temperatura powietrza i wilgotność wpływają na dokładność wzorców miar. Dlatego jako wzorce masy stosowali metale oraz wodę o określonym ciężarze właściwym.

### Początki ujednoczenia miar w Chinach

W 221 r. p.n.e. pierwszy cesarz Qin zjednoczył Chiny (Qin rozkazał wybudować dla siebie mauzoleum w pobliżu ówczesnej stolicy Chin Xi'an, i dla ochrony miejsca pochówku wykonać słynną Terakotową Gwardię). Dla wzmocnienia swojej władzy i zagwarantowania przychodów państwa z pobieranych podatków, ogłosił edykt nakazujący ujednoczenie systemu miar i wag w całym kraju przez wdrożenie systemu stosowanego dotąd w jego zwycięskim królestwie.

Jednostką miary długości był jeden **chi** odpowiadający **23 centymetrom** (w 1959 r. dla ujednoczenia

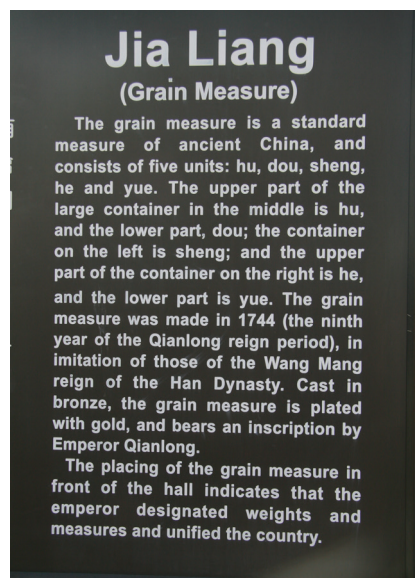
miar z systemem metrycznym był równy **1/3 metra**), jednostką miary masy był: jeden **dżin (cin)** równy **250 gramom** (w 1959 r. równy **0,5 kilograma**), jednostką miary pojemności płynów był jeden **szeng** równy **200 mililitrom** (w 1959 r. równy **1 litrowi**). Cesarz jednocześnie ograniczył dopuszczalny błąd narzędzi pomiarowych. Odnaleziono przeszło 100 dawnych wzorców, z wrytym edyktem Pierwszego Cesarza Dynastii Qin. Obecnie są one ważnymi artefaktami służącymi w badaniach historycznych narzędzi pomiarowych. Ujednoczony system miar ustanowiony przez Pierwszego Cesarza Dynastii Qin został przejęty i uzupełniony w czasach Dynastii Han (206 r. p.n.e – 220 r. n.e.) i przetrwał w niezmięnionej formie na olbrzymim obszarze Chin przez przeszło 400 lat.

System miar i wag oraz zasady zarządzania i nadzoru ustanowione przez pokolenia następujące po okresie Dynastii Han były kontynuacją i dalszym rozwijaniem systemu pochodzącego z okresu Dynastii Qin. Na przykład jednostki miary długości: jeden **fen** (10 fen = 0,31 m ÷ 0,37 m), jeden **cun** (10 cun = 0,31 m ÷ 0,37 m), jeden **chi** (1 chi = 0,2 m ÷ 1,25 m), oraz jeden **dżang** = 10 chi (1 dżang = 3,21 m). Jednostki miary pojemności: jeden **szeng** (0,5 L ÷ 8 L) jeden **dou** i jeden **hu** oraz jednostki miary masy: jeden **dżin (cin)** (0,3 kg ÷ 2,5 kg), jeden **liang** (37,3 gramów) wzięte były z systemu Dynastii Qin.



Okno stelli z wzorcami

fot. Henryk Chmielewski



Zdjęcie tablicy pamiątkowej z opisem wzorców

fot. Henryk Chmielewski

## Ujednolicenie chińskiego systemu miar z systemem metrycznym

Po 1736 r. Chiny nawiązały kontakt z innymi państwami w dziedzinie przyrządów pomiarowych. Rząd Dynastii Qing (1644–1911) upoważnił swą ambasadę we Francji, aby poprosiła Międzynarodową Organizację Miar i Wąg o wykonanie wzorca jednostki długości dla jednostki miary długości **chi** (32 cm) oraz jedną wagę dla jednostki miary masy **liang** (37,3 g). Od tego czasu chińskie i międzynarodowe jednostki miary długości i miary masy były oficjalnie porównywalne. **Jia Liang** – jednostki pojemności ciał sypkich – zboża są cesarskimi wzorcami miar. W ich skład wchodzi komplet pięciu wzorców jednostek miar: **hu**, **dou**, **sheng**, **on** oraz **yue**.

W 1744 r. wykonano za panowania cesarzowej Qianlong wzorce jednostek pojemności ciał sypkich – na wzór wzorców jednostek z czasów panowania cesarza Mang Wang Dynastii Han. Odlany z brązu wzorec pojemności zboża pokryty jest warstwą złota. Usytuowanie wzorców w specjalnie do tego przeznaczonej, bogato zdobionej stelli przed Pawilonem Głównym Pałacu Cesarskiego w Zakazanym Mieście wskazuje jak wielkie znaczenie przywiązywano do jednolitości miar w cesarstwie. Mówi się, że raz w roku, w obecności samego cesarza następowało wzorcowanie użytkowych wzorców miar w celu dalszego ich przekazywania na terytorium całego kraju.

Patrząc w kierunku Pałacu Cesarskiego na stellę z wzorcami widać zewnętrzną część dużego pojemnika stojącego pośrodku i umiejscowionego dnem do góry, który jest wzorcem jednostki **hu**, i spód pojemnika znajdującego się w środku, który jest wzorcem jednostki **dou**. Pojemnik po lewej stronie jest wzor-

cem jednostki **sheng** (1 szheng = 1 L), a pojemnik zewnętrzny po prawej stronie obrócony do góry dnem jest wzorcem jednostki **li**. Znajdujący się w nim mniejszy wzorec jest wzorcem jednostki **yue**.

W 1928 r. rząd chiński zdecydował w całości wprowadzić do użytku Międzynarodowy System Miar a jako formę przejściową przyjąć system chiński, powszechnie jeszcze stosowany w obrocie. Można było łatwo przejść z jednego systemu do drugiego: jeden **metr** odpowiadał trzem jednostkom **chi** (32 cm), jeden **kilogram** dwóm jednostkom **dżin**, a jeden **litr** odpowiadał jednej jednostce **szeng**. Po wieloletnim praktycznym stosowaniu, ten nowy chiński system miar zdobywał stopniowo powszechną popularność.

Kiedy w 1959 r. Rada Państwa Chińskiej Republiki Ludowej wydała dekret, wprowadzający Międzynarodowy System Miar jako ujednolicony system miar w Chinach, w całym kraju rozpoczęło się jego ustawiczne wdrażanie, które przyniosło pozytywne efekty.

W ostatnich latach Chiny szybko rozwinęły badania naukowo-techniczne w dziedzinie produkcji przyrządów pomiarowych i osiągnęły znaczące międzynarodowe sukcesy. Produkuje się tam duże ilości wzorców i przyrządów pomiarowych stosowanych we wszystkich dziedzinach pomiarowych. Chińskie badania dotyczące dokładności pomiarów osiągnęły obecnie najwyższy światowy poziom.

### Literatura

- [1] Qin Guangming, *La sistema de çinaj mezuriloj* [w:] El Popola Ĉinio nr-o 12, 1983, p. 41, 42.
- [2] Ignatowicz I., *Vademecum do badań nad historią XIX i XX wieku*, PWN Warszawa 1967.



Zdobienia na kolumnie stelli

fot. Henryk Chmielewski



Wzorce miary towarów sypkich z 1744 r. umieszczone we wnętrzu stelli

fot. Henryk Chmielewski

## Nowy wizerunek Okręgowego Urzędu Miar w Poznaniu

### New image of the Regional Office of Measures in Poznan

**Bogusław Gil, Joanna Wiśniewska** (OUM Poznań)

Programy współfinansowane ze środków krajowych oraz Unii Europejskiej, wdrażane w związku z realizacją polityki państwa, to jedna z form wsparcia inwestycji dla podmiotów gospodarczych oraz podmiotów realizujących zadania publiczne. Okręgowy Urząd Miar w Poznaniu, poszukując możliwości dofinansowania prac realizowanych w celu poprawy efektywności utrzymania zarządzanych budynków, przystąpił do jednego z programów, skierowanych do państwowych jednostek budżetowych. W niniejszym artykule zaprezentowano działania podjęte w ramach uzyskanej dotacji, umożliwiającej wdrożenie ekologicznych rozwiązań, a także doskonalenie działalności technicznej wielkopolskiej administracji miar.

Programs co-financed by the European Union and national funds, which are created for the implementation of the state policy, are one of the forms of investment support for businesses and entities performing public tasks. Regional Verification Office in Poznan looked for opportunities to fund the work undertaken to improve the efficiency of building management and maintenance, joined such a program, which was directed to state budget units. The article presents the actions undertaken thanks to the received grant, that enabled the implementation of ecological solutions as well as the improvement of the technical activities of the administration of measures in Wielkopolska Region.

80

#### Wstęp

Począwszy od okresu, gdy w miastach powiatowych tworzone były komunalne urzędy miar nadzorowane przez Królewsko-Pruski Inspektorat Wzorcowniczy w Poznaniu do czasów obecnych, lokalizacje i siedziby wielkopolskiej administracji miar ulegały zmianom. Najstarszy tego typu obiekt w Wielkopolsce, stanowiący obecnie siedzibę Okręgowego Urzędu Miar w Poznaniu, wywodzi się z XIX w., kiedy to funkcjonował Królewsko-Pruski Inspektorat Wzorcowniczy. Budynek wpisywał się w ideę budowy gmachów urzędowych przy Ringu Stubben, mimo iż jest najdalej położonym od Dzielnicy Cesarskiej. Natomiast użytkowane obecnie obiekty obwodowych urzędów miar w Wielkopolsce pochodzą z przełomu lat 70. i 80. XX w. i mają charakter powszechnie budowanych w tamtych czasach budynków wielkopłytowych. Ciekawym jest to, że budynki obwodowych urzędów miar w Pile, Lesznie, Kaliszu, Koninie, a także w Zielonej Górze objęte zostały typizacją nie tylko elementów konstrukcji, ale również rozwiązań funkcjonalnych. Zapewnia to do dzisiaj pewną wizerunkową jednorodność tych wielkopolskich urzędów, a budynki ob-

jęte są trwałym zarządem Okręgowego Urzędu Miar w Poznaniu.

#### Obiekty w okresie działalności wielkopolskiej administracji miar

Budynek stanowiący siedzibę Okręgowego Urzędu Miar w Poznaniu datowany jest na koniec XIX w., tak jak większość kamienic budowanych w śródmieściu Poznania w latach 1890–1915. Położony jest w strefie ścisłej ochrony konserwatorskiej, jako element zespołu urbanistyczno-architektonicznego centrum miasta Poznania, co potwierdza wpis do rejestru zabytków. Budynek uniknął zniszczeń, jakie objęły ok. 55 % budynków Poznania w trakcie II wojny światowej. Ominęły go skutki bombardowań przez niemieckie bombowce m.in. centrum miasta 1 września 1939 r., a także zniszczenia z lutego 1945 r. podczas bitwy wojsk radzieckich o Poznań. Ponad stuletni czas eksploatacji budynku spowodował znacznie pogorszenie się jego stanu technicznego. Z kolei fakt wykonania budynków obwodowych urzędów miar w technologii wielkopłytowej oraz ich wieloletnia eksploatacja przyczyniły się do stopniowego pogarszania się sta-



nu technicznego obiektów, zwłaszcza elewacji i pokryć dachowych.

Taki obraz stanu nieruchomości, pozostających w trwałym zarządzie Okręgowego Urzędu Miar w Poznaniu, wymagał dogłębnej analizy, wyciągnięcia wniosków oraz podjęcia niezwłocznych działań. Wnioskiem z dokonanej analizy niezbędnych potrzeb remontowych oraz faktycznych możliwości ich finansowania, była perspektywa częściowo planowych, a w większości awaryjnych przeciwdziałań postępującej degradacji obiektów administracji miar w Wielkopolsce. Ta perspektywa na przyszłość, stała się motorem do poszukiwań innych sposobów i źródeł pozyskania funduszy oraz podjęcia działań, które przywróciłyby choćby w części dawny blask siedzibom administracji miar w Wielkopolsce i poprawiły ich wizerunek, a także podniosły standard użytkowania. Kierunkiem tych działań stały się krajowe i unijne programy, wynikające z konieczności dostosowania Polski do unijnych struktur i przepisów prawnych, w związku z przystąpieniem do Unii Europejskiej.

Prowadzone poszukiwania dotyczyły takich programów – konkursów, które zapewniłyby korelację pożądanych minimalnych zakresów robót z zakresami dofinansowań przewidzianych w poszczególnych programach.

### Wielkopolska administracja miar w programie NFOŚiGW „System zielonych inwestycji”

Program Priorytetowy Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW) pt.: „System zielonych inwestycji (GIS – Green Investment Scheme) Część 5. Zarządzanie energią w budynkach wybranych podmiotów sektora finansów publicznych”, wdrażany przez NFOŚiGW w latach 2010–2015, umożliwił realizację przynajmniej części potrzeb remontowych Okręgowego Urzędu Miar w Poznaniu, poprawiających efektywność wykorzystania energii w budynkach i jednocześnie w przyszłości miał dać szansę uzyskania korzyści wynikających ze zmniejszenia emisji CO<sub>2</sub> do atmosfery.

System zielonych inwestycji (GIS – Green Investment Scheme) jest pochodną mechanizmu handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych (GHG – greenhouse gas). Handel uprawnieniami to jeden z mechanizmów, ułatwiających państwom uprzemysłowionym realizację zobowiązań zawartych w protokole z Kioto do Ramowej Konwencji Narodów

Zjednoczonych ws. zmian klimatu, a rozliczanych w tzw. jednostkach przyznanej emisji AAU (Assigned Amount Units). Celem GIS jest stworzenie i wzmocnienie proekologicznego efektu, który wynika ze zbywania nadwyżek jednostek AAU.

Realna szansa skutecznego pozyskania dofinansowania, pozwalającego poprawić kondycję budynków administracji miar w Wielkopolsce, dała podstawę do podjęcia decyzji o udziale Okręgowego Urzędu Miar w Poznaniu w konkursie, organizowanym przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Była to z jednej strony możliwość szeroko rozumianego zwiększenia energooszczędności w obiektach OUM w Poznaniu, a z drugiej strony szansa na pozyskanie środków pozabudżetowych na ten cel.

Zalety wynikające z pozyskania dofinansowania, dostrzeżone zostały również przez inne jednostki budżetowe spoza administracji miar, w wyniku czego wartość złożonych wniosków pięciokrotnie przekroczyła zakładane przez NFOŚiGW środki konkursowe.

Okręgowy Urząd Miar w Poznaniu przystąpił do konkursu o pozyskanie dofinansowania, składając 25 stycznia 2012 r. wniosek o przekazanie środków w ramach programu priorytetowego „System zielonych inwestycji GIS (Green Investment Scheme) Część 5. Zarządzanie energią w budynkach wybranych podmiotów sektora finansów publicznych”. Po pozytywnej ocenie wniosku, umieszczeniu na liście rankingowej i przeprowadzeniu negocjacji warunków realizacji zadania, Dyrektor OUM w Poznaniu podpisał 7 sierpnia 2013 r. z NFOŚiGW w Warszawie umowę w związku z udzieleniem dofinansowania na realizację zadania państwowej jednostki budżetowej pn.: „Zarządzanie energią w budynkach administrowanych przez Okręgowy Urząd Miar w Poznaniu”.

### Realizacja działań w ramach programu NFOŚiGW „System zielonych inwestycji”

Ze środków pozyskanych z dofinansowania, po wyłonieniu wykonawców w drodze zamówień publicznych, dokonano kompleksowej termomodernizacji 10 budynków zlokalizowanych w Poznaniu, Pile, Lesznie, Kaliszu i Koninie. Termomodernizacji poddano wszystkie budynki z instalacją grzewczą położone w czterech ostatnich z wymienionych miast. Zakres termomodernizacji objął m.in. ocieplenie ścian zewnętrznych budynków i dachów lub stropodachów, wymianę stolarki okiennej i drzwiowej, wymianę in-



Fot. 1 Budynek biurowo-laboratoryjny Obwodowego Urzędu Miar w Lesznie po termomodernizacji



Fot. 2 Stanowisko do badania i wzorcowania liczników kontrolnych instalacji pomiarowych do gazu ciekłego propan-butan (LPG) w Obwodowym Urzędzie Miar w Lesznie

stalacji wewnętrznej centralnego ogrzewania, modernizację istniejącej kotłowni olejowej na gazową w Obwodowym Urzędzie Miar w Koninie. W trakcie wykonywania termomodernizacji dodatkowo konieczne było zawieszenie na budynkach obwodowych urzędów miar w Lesznie i Kaliszu skrzynek lęgowych dla ptaków, na podstawie opinii na temat zasiedlenia przez gatunki chronione. Ponadto w ramach robót towarzyszących, których nie obejmował ww. program, ze środków bieżących wykonano pozostałe prace adaptacyjno-wykończeniowe, konieczne ze względu na przeprowadzoną termomodernizację, takie jak m.in. przemurowanie kominów, wymiana krtek wentylacyjnych i elementów wentylacji, wymiana balustrad, remont zadaszeń, ramp i schodów zewnętrznych.

Dzięki tym pracom oraz jednolitym rozwiązaniom kolorystycznym, jeszcze bardziej podkreślono

i zaznaczono jednorodność wizerunkową, mających podobną kubaturę, architekturę i konstrukcję budynków obwodowych urzędów miar w Wielkopolsce.

Z termomodernizacją obiektów Obwodowego Urzędu Miar w Lesznie zbiegła się budowa stanowiska do badania i wzorcowania liczników kontrolnych instalacji pomiarowych do gazu ciekłego propan-butan (LPG). Dzięki temu, robotami budowlanymi objęty został budynek liczników, stanowiący zaplecze nowego stanowiska, na którym wykonywane są wzorcowania liczników kontrolnych instalacji pomiarowych oraz badania instalacji pomiarowych do gazu ciekłego propan-butan (LPG) na cysternach transportowych.

Duże zmiany wizerunkowe objęły także siedzibę OUM w Poznaniu. Ze względu na walory architektoniczne budynku w postaci licznych zdobień z kamienia, prace termomodernizacyjne powiązane zostały z zabiegami konserwatorskimi poprzedzonymi szczegółową analizą dokumentacji projektowej budynku, poszukiwaniami i analizą dokumentacji z czasów rozpoczęcia funkcjonowania wielkopolskiej administracji miar oraz próbami odkrywczymi. Termomodernizacja dotyczyła części nadbudowanej budynku w 1965 r. (dwóch górnych kondygnacji – bez kamiennego wystroju architektonicznego).

Ponadto, prace termomodernizacyjne zostały poszerzone tak, aby kompleksowo została odnowiona siedziba OUM w Poznaniu, łącznie z przebudową budynku w części pomocniczej po dawnym warsztacie mechanicznym z dostosowaniem do potrzeb Pracowni Pomiarów Masy, Siły i Twardości oraz Stanowiska ds. Towarów Paczkowanych. Prace konserwatorskie i restauratorskie zabytkowej części budynku objęły:

- ♦ remont portalu bramy wjazdowej w formie łuku;
- ♦ odnowę elewacji budynku wraz z wystrojem architektonicznym obejmującym w fasadzie frontowej pilastry kamienne z głowicą nawiązującą do kapitelu jońskiego oraz zachowaną tarczą kamienną, na której oprócz wykutego napisu „Państwowy Urząd Wzorcowniczy” prawdopodobnie umieszczone było godło. Po przeprowadzeniu prób odkrywczych i braku reliktu godła w warstwie kamiennej tarczy, wykonano godło metodą wykuwania z blachy miedzianej 1,5 mm na formie betonowej, powstałej na podstawie wcześniej zaakceptowanego modelu glinianego;
- ♦ renowację zachowanej zewnętrznej stolarki drzwiowej budynku;



Fot. 3 Elewacja frontowa budynku Okręgowego Urzędu Miar w Poznaniu



Fot. 4 Element wystroju architektonicznego budynku Okręgowego Urzędu Miar w Poznaniu – portal kamienny



Fot. 5 Tarcza z godłem na budynku Okręgowego Urzędu Miar w Poznaniu

- ♦ renowację modernistycznej polichromii podbitki dachowej w części niskiej budynku poprzez zawerniksowanie lica desek w celu związania zachowanych fragmentów oryginalnej polichromii z podłożem oraz odtworzenie silnie zanieczyszczonych fragmentów ornamentów.

### Zakończenie

Zakończenie prac budowlanych i remontowych nastąpiło zgodnie z przyjętym terminem, tj. 30 października 2014 r. Od tego czasu klienci urzędów miar

w Wielkopolsce obsługiwani są w budynkach o odnowionym wizerunku zewnętrznym. Posiadają one ekologiczne rozwiązania, które prowadzą do zmniejszenia emisji CO<sub>2</sub> do atmosfery. Ponadto, dzięki wykonanym pracom poprawia się standard budynków i polepszyły się warunki, w jakich wykonywane są czynności metrologiczne w wielkopolskiej administracji miar.

Jan Dębowski (Kraków 2014 r.)

## Poemat metrologiczny

Wiele wiosen w Ziemi Świętej  
Zacny rycerz bawił  
Kiedy wrócił, z trudem zliczył  
Ilu synów nabył.

Siedem łokci aksamitu  
Prosił szlachcic w Sukiennicach  
Moich? Czy też jaśnie pana?  
Kupiec wtedy pyta.

Ile wiorst do pierwszej karczmy?  
Chciał od kmiecia wiedzieć rycerz  
Ten mu odrzekł: bardzo blisko,  
Będzie jeden pacierz!

Była w karczmie awantura  
o udziec barani,  
I o garniec okowity  
Co w dzbanie „do bani”

Spory o pomiary wszelkie  
Bez końca by trwały,  
Ale mądry król ustalił  
Pewne wzorce miary.

Długość- odtąd nam wyznaczy  
Mój łokieć szlachetny,  
Może kiedyś go zastąpi jakiś  
Promień świetlny.

Wzorem masy mój kordelas  
Których na miecz dziesięć trzeba  
A dwa takie kordelasy  
Ważył będzie bochen chleba

Z czasem wzór ten ulepszymy  
Może z brązu albo cyny,  
A jeżeli dobrze pójdzie  
Z irydo-platyny.

Jako żywo trzeba będzie  
Klepsydrę poprawić,  
Może postać metronomu  
W skrzyneczkę oprawić.

A do środka ptaszka wstawić,  
Co nas zbudzi z ranka  
Zaś koguta trzeba włożyć  
Czym prędzej – do garnka

Garnek ten jest też wzorcowy,  
Niech służy za miarę  
Bo do pełna – gdy nalany  
Mierzy cztery czary.

Tak to miary porządkował  
Król w lechickim kraju  
Gdy reforma była pełna  
Lud żył niczym w raj

A czas wciąż nieubłaganie  
Wymagania nowe stawiał.  
A więc władca i następca  
System wciąż poprawiał.

Powstawały nowe wzorce  
Nazwy i układy  
Bieg stuleci, wszelkie wojny  
Nie dały im rady.

Przyszła wolność, z nią nadzieja  
Na porządek nowy.  
Dotknął także metrologii  
Kraju – duch odnowy.

Główny Urząd Miar stworzono  
Mówią siwi historycy,  
Ze ten pomysł zaczerpnięto  
Z Europy skarbnicy.

Kiedy zaczął działać  
Główny Urząd Miar  
Konwencję paryską  
Podpisano w ślad.

Wykonano wzorce miar  
Stworzono układy  
I przepisy do wdrożenia  
A nie od parady.

Funkcjonował dobrze system  
W układzie stopniowym;  
GUM na czele przewodniczył  
Za nim - Okręgowe.

Bliżej ludzi i przemysłu  
Urząd Obwodowy,  
Który czasem – dla wygody  
– Tworzył objazdowe.

Jednak niespokojni twórcy  
Nie tracili weny  
Dokonali wielu fuzji  
Z stanami innymi

A to jakość, a to norma  
I znowu secesja  
Mówią – jedni to reforma,  
Inni – czasu presja

Wreszcie, gdy już siedemdziesiąt  
I pięć lat minęło  
Wrócił GUM do pnia swojego  
Krzewić przodków dzieło

Lat dziesiątki przemijają  
Instrumenty oraz ludzie  
Tylko zegar – czas niezmiennie  
Porządkuje w trudzie

I choć go napędza wreszcie  
Tak – mechanizm atomowy!  
Brak nam czasem tego ptaszka  
I wahadła dla ozdoby...

Dziś, gdy mamy jubileusz  
I kierunek nowy  
Dbajmy wszyscy – bardzo proszę  
Aby był on zdrowy.

Aby służył racjonalnie  
To jego zadanie  
Spójnie z Światem – i dla ludzi  
W Europie bez granic

A gdy doczekamy okrągłej rocznicy  
Z przesłaniem na ustach naszego  
nestora  
Wypiszemy hasło na „Jego ulicy”  
Bo poznać go wszystkim już  
najwyższa pora

Nie będzie sekretem,  
Co nam szepcze z góry:  
„Miary na równi z alfabetem  
Są podstawą każdej kultury”.

## "Metrology" in quotations

by Karol Markiewicz, GUM

Ladies and Gentlemen!

This time, I have decided to present some quotations in the language of Shakespeare. Mainly due to the fact that in June 2015 the Central Office of Measures co-organizes the 9. General Assembly of EURAMET (European Association of National Metrology Institutes) in Krakow and this special edition of our Bulletin (double issue) is directly dedicated also to foreign receivers. Secondly, I'm confident that our Polish readers know English and that they will find this concept as quite interesting. Obviously, when I think about Shakespeare's language I see in my mind's eyes the quotations themselves – not my writing, so that is all from my side and please enjoy reading.

Tym razem przedstawiony został wybór cytatów w języku angielskim. Po pierwsze dlatego, że niniejsze specjalne, podwójne wydanie Biuletynu jest także adresowane do czytelników zagranicznych i będzie dystrybuowane m.in. w czasie 9. posiedzenia Zgromadzenia Ogólnego EURAMET w Krakowie, którego GUM jest współorganizatorem. Po drugie, zdaniem autora, polski czytelnik zna język angielski i cytaty „metrologiczne” w mowie Szekspira mają szansę okazać się dlań interesujące.

'**Measurement** is the first step that leads to control and eventually to improvement. If you can't **measure** something, you can't understand it. If you can't understand it, you can't control it. If you can't control it, you can't improve it.' [1]

'Anything you try to **quantify** can be divided into any number of 'anythings', or become the thing – the unit – itself. And what is any number, itself, but just another **unit of measurement**? What is a 'six' but two 'threes', or three 'twos'...half a 'twelve', or just six 'ones' – which are what? [2]

"Those who think 'Science is **Measurement**' should search Darwin's works for numbers and equations." [3]

'**Time** is a drug. Too much of it kills you.' [4]

'Memories are not always **the best measure** of things.' [5]

'All animals are **equal**, but some animals are **more equal** than others.' [6]

'In the United States, about 3 million **pounds** of antibiotics are given to humans each year, but a whopping 17,8 milion **pounds** are fed to livestock – at least that is what the industry claims.' [7]

'(...) the 1,200 nets, each one thirty **miles** in length, used by only one fleet to catch only one species; the ability of a single vessel to haul in fifty **tons** of sea animals in a few **minutes** – it becomes easier to think of contemporary fishers as factory farmers rather than fishermen.' [8]

'It would not have been pleasant to wrestle alone with (...) the minus forty **degrees Fahrenheit** in the mountains (...). (...) The group had set up camp at an altitude of just under 7,000 **feet** to wait for the 1946–47 winter to end.' [9]

'How far that little candle throws his beams! So shines a good deed in a weary world.' [10]

'Let us continue our reconstruction. He meets his death five **miles** from the school...(…) What do we find? (...) I took a wide sweep round, and there is no path within fifty **yards**.' [11]

Terms' explanations:

**Degrees Fahrenheit** – Fahrenheit (symbol °F) is a temperature scale based on one proposed in 1724 by the German physicist Daniel Gabriel Fahrenheit (1686–1736). The official scale for US, the Bahamas, the Cayman Island and others. By the end of the 20th century, most countries used the Celsius scale. On the Fahrenheit scale, the freezing point of water is 32 degrees °F and the boiling point is 212 °F (at standard atmospheric pressure).

**Foot (in plural feet)** – unit of length in the UK, US (off-system measurement unit). In 1959 defined by international agreement as equivalent to 0.3048 meters exactly. The foot comprises 12 inches and three feet compose a yard.

**Measurement** – process of experimentally obtaining one or more quantity values that can reasonably be attributed to a quantity (pol. pomiar) [2.1. International vocabulary of metrology (VIM 3rd edition).] Metrology (Metrologia) is the science of measurement and its application (2.2. VIM 3rd edition).

**Mile** – an English unit of length standardised (The Statute mile defined in 1592) as exactly 1.609344 kilometres. There are many different miles: the Scottish mile (1814 m), the Irish mile (2048 m), the Sea mile (1855,3-1849,1 m). In the Congress Kingdom of Poland in 1818 the new mile was introduced (8534,31 m).

**Pound** – unit of mass used in the UK, US and other systems of measurement. The most common definition today being the international avoirdupois pound which is legally defined as exactly 0.45359237 kilograms, and which is divided into 16 avoirdupois ounces. In the SI (franc. Système international d'unités / International System of Units), the kilogramme is the base unit of mass. (pol. funt)

**Time** – The SI base unit for time is the second.

**to quantify** – to express or to measure the quantity of ...

**Unit of measurement** – real scalar quantity, defined and adopted by convention, with which any other quantity of the same kind can be compared to express the ratio of the two quantities as a number. (1.9. measurement unit. VIM 3rd edition) (pol. jednostka miary)

**Yard** – English unit of length standardised as exactly 0.9144 meters. In the SI, the metre is the base unit of length.

#### Bibliography

- [1] Harrington H. James (<http://www.goodreads.com/quotes/tag/measurement>).
- [2] (attrib: F.L. Vanderson) – Lumsden Mort W., Citations: A Brief Anthology (<http://www.goodreads.com/quotes/tag/measurement>).
- [3] Hubel David H., The History of Neuroscience in Autobiography DVD Wiesel/Hubel (<http://www.goodreads.com/quotes/tag/measurement>).
- [4] Pratchett Terry, Small Gods (<http://www.goodreads.com/quotes/tag/science>).
- [5] Neftzger Amy, The Orchard of Hope (<http://www.goodreads.com/quotes/tag/measurement>).
- [6] Foer Jonathan Safran (from *Animal Farm* by George Orwell) in "Eating Animals", Back Bay's Books/Little, Brown and Company, NY USA 2009, p. 25.
- [7] Foer Jonathan Safran "Eating Animals" by, Back Bay's Books/Little, Brown and Company, NY USA 2009, p. 140.
- [8] Foer Jonathan Safran "Eating Animals" by, Back Bay's Books/Little, Brown and Company, NY USA 2009, p. 35.
- [9] Jonasson Jonas. "The hundred year-old man who climbed out the window and disappeared." Hyperion NY USA 2014, p. 161.
- [10] Shakespeare William, The Merchant of Venice (<http://www.goodreads.com/quotes/tag/light>).
- [11] (Sir) Doyle Arthur Conan. The Best of Sherlock Holmes. The Priory School. Wordsworth Classics.. 2009 UK, p. 351.

## Z żałobnej karty

### Śp. mgr inż. JERZY MIKOSZEWSKI

metrolog o ponad 50-letnim stażu pracy w Głównym Urzędzie Miar, autor książek technicznych, publicysta, miłośnik dawnych miar i wag



Mgr inż. Jerzy Mikoszewski (2009)

Urodził się 26 stycznia 1928 r. w Brzeżanach, w dawnym woj. tarnopolskim, w rodzinie inteligentnej, jako syn Władysława i Jadwigi z Kozacków. Ojciec był farmaceutą i prowadził aptekę w Stanisławowie. Opis drogi Jerzego do wiedzy mógłby wypełnić kilka życiorysów. Naukę w szkole powszechnej pobierał w Brzeżanach, gdzie do 1939 r. zdążył ukończyć pięć klas. W latach 1939–1941 uczęszczał do kl. V i VI sowieckiej szkoły dziesięcioletniej. W 1942 r. przeniósł się do Stryja, aby opiekować się chorą matką, a w chwilach wolnych przerobił konspiracyjnie program I–IV klasy polskiego gimnazjum. W 1944 r., w warunkach drugiej okupacji sowieckiej, naukę kontynuował w IX kl. dziesięcioletniej szkoły ogólnokształcącej. Jako mieszkaniec Kresów Wschodnich przeżył cztery okupacje: dwie sowieckie, niemiecką i krótko ukraińską. Był świadkiem eksterminacji i bestialstwa okupantów. Sam doświadczył terroru i poniżenia. Jako młodociany robotnik, został przymusowo zatrudniony w niemieckich zakładach zbrojeniowych.

Już pod koniec 1944 r. wiadomo było, że klęska Niemiec jest nieunikniona, a po konferencji jałtańskiej jasne się stało, że Polska utraci Kresy

Wschodnie. Wówczas też zapadły decyzje o wielkich przesiedleniach. Trudno było się zdecydować na opuszczenie ziemi rodzinnej, ale rozsądek zdecydował inaczej: Jedziemy do Polski! I w ten sposób, jednym z transportów repatriacyjnych, rodzina Mikoszewskich wyruszyła ze Stryja na spotkanie nieznanego losu. W połowie 1945 r., po kilku dniach jazdy bydlęcymi wagonami, z wielogodzinnymi postojami w polu, cały transport dotarł do Bytomia. Tu Jerzy Mikoszewski zapisał się do II Państwowego Liceum Ogólnokształcącego, gdzie w 1947 r. otrzymał świadectwo dojrzałości. Tymczasem w Bytomiu działała Ekspozytura Głównego Urzędu Miar. Jerzy, za namową środowiska byłych pracowników Okręgowego Urzędu Miar we Lwowie, 16 października 1947 r. podjął tam pracę w charakterze ucznia-laboranta w wydziale masy i siły, kierowanym przez inż. Antoniego Richtera. Bardzo wiele zawdzięczał swojemu szefowi, co wielokrotnie później podkreślał. Przede wszystkim nauczył się systematyczności i szacunku do pracy. Obudziła się w nim również wola podjęcia studiów. Rozpoczął je jeszcze w tym samym roku na Wydziale Mechanicznym Politechniki Śląskiej w Bytomiu.

Po ukończeniu dwóch semestrów, w 1949 r. Jerzy otrzymał przeniesienie do pracy w Głównym Urzędzie Miar na Elektoralnej. Tu trzeba było zacząć wszystko od początku – być ślusarzem, malarzem, tragarzem, monterem i dobrze operować młotkiem, a na koniec być metrologiem. Do tego jeszcze wieczorami studiował, bowiem został przyjęty na II rok studiów na Politechnice Warszawskiej. Czasem bywało, że na sen zostawały 3–4 godziny. Pracował już wtedy w laboratorium pomiarów masy pod kierunkiem mgr. Tadeusza Zamłyńskiego. Studia na Wydziale Mechanicznym PW ukończył w 1952 r., ale już wtedy miał ukształtowany stosunek do zawodu. Pierwszym poważnym wyjazdem zagranicznym Jerzego był staż w Niemieckim Urzędzie Miar w Berlinie. W 1959 r. uczestniczył w konferencji pomiarów twardości w Darmstadt i wizytował wytwórnię maszyn wytrzymałościowych w Düsseldorfie. W 1969 r. odbył staż naukowy we Francuskim Biurze Miar. Nie był zwolennikiem uprawiania monotematycznej dziedziny przez całe życie – z upływem czasu ewoluował obiekt jego fascynacji. Jedną z pierwszych sfer zainteresowań inż. Mikoszewskiego stała się twardość, sposoby jej mierzenia i wzorce; dalej siła, maszyny i przyrządy wytrzymałościowe, maszyny obciążnikowe; a nawet mikroporowatość i jej wzorce. Od maja 1963 r. pracował jako kierownik laboratorium pomiarów siły i twardości. Ambitny i łaknący wiedzy, w 1965 r. – po trzech latach dodatkowych studiów – uzyskał dyplom mgr. inż. mechanika. W tym samym roku został powołany na stanowisko adiunkta-kierownika laboratorium pomiarów siły i twardości. Organizował laboratoria podobne do swojego w okręgowych urzędach miar, projektując wyposażenie i szkoląc kadry. Był głównym referentem i współautorem co najmniej dziesięciu prac naukowo-badawczych. Prowadził ożywioną współpracę krajową i międzynarodową, uczestnicząc w konferencjach, sympozjach i seminariach – wygłaszał referaty nie tylko w języku polskim, rosyjskim, czy niemieckim, ale i w... czeskim. Mgr Mikoszewski to także płodny publicysta techniczny. Artykuły i opracowania, których był au-

torem albo współautorem, ogłaszał w czasopiśmie polskich i zagranicznych. Wśród krajowych wymienimy: „Przegląd Techniczny”, „Pomiary Automatyka Kontrola”, „Problemy Jakości” i „Normalizacja”. Z zagranicznych, najczęściej gościł na łamach czasopism niemieckich: „Feingerätetechnik” i „VDI – Berichte”. Publikował także w czeskim „Československa standardizace”, węgierskim „Finomechanika” i w rosyjskim „Naučnyje pribory”.

Innego rodzaju osiągnięciem Jerzego Mikoszewskiego było autorstwo książek, wydawanych przez „PWT” (1957), „WNT” (1981) i „Alfa” (1985, 1988) oraz dwie recenzje.

W 1987 r. został dyrektorem Zakładu Metrologii Ogólnej. Odszedł ze stanowiska na emeryturę w 1990 r., ale pozostał jeszcze pracownikiem na pół etatu do 2002 r., jako starszy specjalista-kustosz Muzeum Miar. I tu ujawnił skrywaną miłość do dawnych wzorców i przyrządów mierniczych. Nawiązał kontakty z kolekcjonerami i znawcami tematyki w Polsce i w Niemczech. Jeździł do St. Petersburga w poszukiwaniu śladów carskiej izby miar, funkcjonującej ongiś w Warszawie. W tym czasie opracował kilkanaście esejów na temat powstania i rozwoju miar, od pradziejów do współczesności. Ogłaszał je w kwartalniku „Metrologia i Probiernictwo”, „Muzealnictwo” i „Mass und Gewicht”.

Zmarł 3 marca 2015 r. w Legionowie i został pochowany na Cmentarzu Północnym w Warszawie (kw. S-V-8, rz. 5-11).

Za swe osiągnięcia zawodowe został odznaczony Złotym Krzyżem Zasługi (1959), Krzyżem Kawalerskim OOP (1978), Krzyżem AK (1985), Medalem Wojska Polskiego (1985) i wieloma odznaczeniami resortowymi. Był jednym z ostatnich, który zarówno w życiu codziennym, jak i na salonach, używał języka polskiego z pięknym akcentem kresowym swojego regionu.

Sit tibi terra levis – Drogi Przyjacielu

**Andrzej Barański**



## KALENDARIUM NADCHODZĄCYCH WYDARZEŃ 2015

<b>Maj</b>	
<b>25–29</b>	<b>Warszawa</b> – Zgromadzenie Ogólne Eurachem (Europejskiego Stowarzyszenia Krajowych Organizacji Laboratoriów Chemicznych).
<b>30</b>	<b>Warszawa</b> , ogrody Kancelarii Prezesa Rady Ministrów – pokazy z okazji Dnia Dziecka z udziałem Ministerstwa Gospodarki i Głównego Urzędu Miar.
<b>Czerwiec</b>	
<b>1–5</b>	<b>Kraków</b> – Zgromadzenie Ogólne EURAMET.
<b>9–10</b>	<b>Praga</b> – Sesja Grupy Wyszehradzkiej (GV4) z udziałem dyrektorów Okręgowych Urzędów Probierczych w Warszawie i w Krakowie. Spotkanie będzie poświęcone głównie sprawom dotyczącym badania wyrobów z metali szlachetnych metodą fluorescencji rentgenowskiej i dopuszczalności jej zastosowania zamiast metod analitycznych.
<b>16–18</b>	<b>Warszawa, GUM</b> – Posiedzenie grupy roboczej WG6 (towary paczkowane) w ramach organizacji WELMEC.
<b>Lipiec</b>	
<b>1</b>	W nocy z 30 czerwca na 1 lipca 2015 r. o godz. 2:00 wprowadzamy sekundę przestępną. Oznacza to, że tegoroczne wakacje będą dłuższe o 1 s.
<b>Wrzesień</b>	
<b>9–11</b>	<b>Londyn</b> – Uroczyste obchody 40 rocznicy powstania Konwencji o kontroli i cechowaniu wyrobów z metali szlachetnych, 77. Posiedzenie Stałego Komitetu Konwencji oraz 16. Posiedzenie Międzynarodowego Stowarzyszenia Urzędów Probierczych (IAAO). Szersza relacja z tej uroczystości znajdzie się w kolejnym numerze Biuletynu GUM.

Biuletyn Głównego Urzędu Miar „Metrologia i Probiernictwo” jest wydawany, w obecnej formule, od czerwca 2013 r. Kwartalnik pokazuje w możliwie obszerny sposób działalność polskiej administracji miar, jak również administracji probierczej. Dzięki temu czytelnicy mają okazję poznać dorobek laboratoriów dokonujących pomiarów, a także dowiedzieć się więcej o zadaniach realizowanych przez terenową administrację miar. W Biuletynie prezentowane są zagadnienia związane z techniką i pomiarami, prawną kontrolą metrologiczną czy współpracą w zakresie międzynarodowych programów naukowo-badawczych. Swoje miejsce w publikacji znajduje również przegląd najważniejszych wydarzeń w świecie metrologii.

Staramy się być blisko wszystkiego, co ważne w metrologii. Przekazujemy treści interesujące zarówno dla profesjonalistów, jak też i dla osób nie zajmujących się metrologią. Stąd też w Biuletynie pojawiają się artykuły na temat aktualnych zagadnień technicznych w metrologii, omówienia aktów prawnych, ale także wywiady i artykuły popularyzatorsko-historyczne. Artykuły zostały poprzedzone krótkimi opisami zawartości w języku angielskim.

Łamy pisma są otwarte dla wszystkich, którzy chcieliby poruszyć ciekawy temat metrologiczny czy podzielić się wiedzą z jakiejś konkretnej specjalizacji. Zachęcamy Państwa do współredagowania pisma i przysyłania swoich propozycji. Dla autorów przewidujemy wynagrodzenie. Zapraszamy do kontaktu z redakcją: [biuletyn@gum.gov.pl](mailto:biuletyn@gum.gov.pl).

In the current shape the bulletin of the Central Office of Measures „Metrology and Hallmarking” has been issued since June 2013. The “Metrology and Hallmarking” quarterly presents as broadly as possible the activity of the Polish administration of measures and hallmarking administration as well. Thanks to this fact the readers have the opportunity to familiarize themselves with the output of the laboratories dealing with measurements and learn more about tasks fulfilled by the local administration of measures. In the bulletin there are presented issues connected with technology, measurements, legal metrological control and cooperation in the field of the international research and development programs as well. In the publication there is also place for review of the important events in the world of metrology.

We try to be close to everything what is important for metrology. We transfer contents interesting for both professionals and persons who deal not with metrology. Hence in the bulletin there appear papers on current technology issues in metrology, legislation reviews, interviews and contributions with promoting and historical contents. The contributions are introduced by abstracts in English.

The bulletin is open for everybody who wants to rise an interesting metrology issue or to share with the knowledge in some specific area. We would like to encourage you to participate in the edition of the bulletin and to send us your proposals. As foreseen, the authors of contributions will be paid. We would like to invite you to make contact with the redaction: [biuletyn@gum.gov.pl](mailto:biuletyn@gum.gov.pl).

- 
- 2015** – 9th EURAMET GA in Poland, Kraków
- 2014** – EMPIR – European Metrology Programme for Innovation and Research
- 2008** – EMRP – European Metrology Research Programme
- 2007** – EURAMET – European Association of National Metrology Institutes (earlier Euromet since 1996)
- 2004** – WELMEC – European Cooperation in Legal Metrology
- 1999** – CIPM MRA – Mutual Recognition Arrangement
- 1960** – SI – International System of Units
- 1955** – OIML – International Organisation of Legal Metrology
- 1925** – Poland joins **Metre Convention**
- 1919** – Establishment of **GUM** (Central Office of Measures)
- 1875** – **Metre Convention** (20 May)