

## Strategiczne kierunki działań BIPM na lata 2016–2019

### BIPM strategic activities for the period of 2016–2019

**Mariusz Pindel** (redaktor Działu Współpraca)

W artykule przedstawiono planowane kluczowe działania Międzynarodowego Biura Miar (BIPM) w latach 2016–2019. BIPM działa w ramach Konwencji Metrycznej (1875), a jego misją jest zapewnianie i upowszechnianie porównywalności pomiarów na świecie, w tym funkcjonowania spójnego międzynarodowego układu jednostek miar.

In the article were presented the key activities of the BIPM for the period of 2016–2019. The BIPM acts in the framework of the Metre Convention (1875) and its mission is to ensure and promote the global comparability of measurements, including providing a traceable international system of units.

Podpisana w Paryżu 20 maja 1875 r. Konwencja Metryczna jest najważniejszym dokumentem regulującym współpracę między państwami w zakresie jednolitości, spójności i wiarygodności pomiarów, badań naukowych w dziedzinie metrologii oraz wzorców jednostek miar. Jako organ wykonawczy Konwencji utworzone zostało stałe, działające na zasadach naukowych, Międzynarodowe Biuro Miar BIPM (*International Bureau of Weights and Measures*). Jest ono bezpośrednim realizatorem wytycznych, decyzji i uchwał Generalnej Konferencji Miar (CGPM – *General Conference on Weights and Measures*) i Międzynarodowego Komitetu Miar (CIPM – *International Committee for Weights and Measures*) oraz strategii działania, powstających w poszczególnych Komitetach Doradczych CIPM (*Consultative Committees*). BIPM, obok sprawowania funkcji wykonawczych, odgrywa także rolę światowego centrum badań metrologicznych oraz jest miejscem utrzymywania wzorców miar Międzynarodowego Układu Jednostek Miar (SI). To właśnie w BIPM prowadzone i koordynowane są prace nad jednym z najbardziej ambitnych projektów, redefinicją wybranych jednostek układu SI: kilograma, ampera, kelwina i mola. Głównym założeniem redefinicji jest realizacja jednostek SI, w oparciu o stałe fizyczne: kilograma, ampera, kelwina i mola.

Główne kierunki działań na najbliższe lata zostały sformułowane w Szczegółowym Planie Strategicznym Międzynarodowego Biura Miar na lata 2016–2019, który zaprezentowano oficjalnie po raz pierwszy podczas 25. posiedzenia Generalnej Konferencji Miar w listopadzie 2014 r. U progu pierwszego roku obowiązywania nowego dokumentu strategicznego BIPM chcielibyśmy przybliżyć Państwu jego główne punkty, w których uwzględniono nowe wyzwania i dokumenty planistyczne BIPM oraz Komitetów Doradczych CIPM. Najważniejszymi kryte-

riami dla opracowania celów strategicznych były: zwiększenie transparentności działań, redukcja kosztów działalności oraz bardziej efektywne wykorzystanie posiadanych zasobów. Podstawowe działania po 25. CGPM ukierunkowano na modernizację posiadanej bazy oraz doskonalenie wdrażania Konwencji Metrycznej. Wiele z tych działań zostało zainicjowanych w wyniku przyjęcia rekomendacji zawartych w dokumencie podsumowującym „Rola, Misja, Cele, Długoterminowa Stabilizacja Finansowa, Kierunki Strategiczne i Zarządzanie BIPM”.

#### Główne kierunki działań

Nowe opracowanie kierunków działań BIPM po raz pierwszy połączyło strategię krótkoterminowe, średnio-terminowe i długofalowe. Dzięki skonsolidowanej procedurze w planowaniu strategicznym położono większy akcent na wyniki prac Komitetów Doradczych. Jednym z podstawowych zadań przewidzianych w ramach planu pracy BIPM na lata 2016–2019 jest tworzenie i utrzymanie wzorców odniesienia, stanowiących podstawę dla optymalizacji międzynarodowych porównań kluczowych na najwyższym poziomie. W ramach tych prac Komitety Doradcze CIPM będą odpowiedzialne za koordynację międzynarodowych porównań krajowych wzorców pomiarowych.

Równie dużą wagę BIPM przykładać będzie do koordynacji działań pomiędzy Krajowymi Instytucjami Metrologicznymi (NMIs) państw członkowskich oraz do współpracy w ramach CIPM MRA, czyli Porozumienia o Wzajemnym Uznawaniu Państwowych Wzorców Jednostek Miar oraz Świadczeń Wzorcowania. W ciągu 15 lat obowiązywania stało się ono fundamentem międzynarodowej uznawalności krajowych wzorców jednostek miar, świadectw pomiarowych oraz świadectw wzorc-

wania. W ramach planowanych na lata 2016–2019 działań w zakresie współpracy BIPM będzie kładło większy nacisk na komunikację z organizacjami międzyrządowymi oraz innymi ciałami międzynarodowymi, np. OIML, ILAC i ISO. Przewiduje się intensyfikację spotkań naukowych oraz działań popularyzujących metrologię. Dużo miejsca poświęcono zapewnieniu sprawnego działania krajowych wzorców pomiarowych poszczególnych NMI.

Propozycja opracowanego przez CIPM programu prac BIPM na lata 2016–2019 zawiera także kilka nowości. Należy do nich m.in. formułowanie projektów dotyczących metrologii promieniowania jonizującego, a także połączenie projektów z obszaru metrologii wielkości fizycznych z projektami dotyczącymi masy i elektryczności. Pomysłodawcy liczą na bardziej efektywne wykorzystanie personelu naukowego i szybszą finalizację projektu wagi watomowej (*Watt balance*). Z kolei tradycyjnie prowadzone w BIPM prace laboratoryjne mają koncentrować się na koordynacji porównań międzynarodowych oraz wybranych rodzajów wzorcowań. Głównymi uczestnikami będą laboratoria BIPM: masy, elektryczności, czasu, promieniowania jonizującego oraz chemii. Biuro opracowało długofalową strategię międzynarodowych powiązań roboczych. Pierwszym przykładem jej realizacji jest już istniejąca współpraca ze Światową Organizacją Meteorologiczną.

Przyszłe prace naukowo-techniczne w BIPM mają się koncentrować na rozwijaniu i ewolucji układu jednostek SI. Istotnym ich elementem będzie utrzymanie międzynarodowych wzorców odniesienia. BIPM ponosi szczególną odpowiedzialność za utrzymanie prototypu kilograma oraz przeprowadzenie porównań niezbędnych do zapewnienia spójności pomiarowej na świecie. Dużą rolę w pracach naukowo-badawczych będzie odgrywało utrzymanie i rozwijanie międzynarodowej skali czasu TAI (*Temps Atomique International*). Szeroko wspierane będą międzynarodowe programy porównań w tym zakresie. Wielką wagę przywiązuje się także do rozwoju i doskonalenia wzorców pomiarowych, w tym wzorców nowej generacji. Zamierzeniem BIPM jest ogólny rozwój światowego potencjału wzorcowań i pomiarów. **Rozwijanie wzorców pomiarowych wyższego rzędu i metod pomiarowych ma przyczynić się do wspierania kluczowych sektorów gospodarki.**

Jak już wspomniano, główny impuls do stworzenia planu BIPM na lata 2016–2019 nadały indywidualne strategie Komitetów Doradczych, nad którymi prace podjęto w latach 2012–2013, w ramach skonsolidowanego procesu planistycznego. Określone w nich priorytety w poszczególnych obszarach stanowią wynik dyskusji na forum spotkania dyrektorów NMIs w 2013 r. Należą do nich m.in.:

1. Opracowanie wspólnego tematu metrologicznego w dziedzinie fizyki, scalającego projekty z obszarów masy i elektryczności. Dzięki zwiększeniu elastyczności rozlokowania personelu, będzie możliwa koncentracja prac wokół wagi watomowej oraz optymalizacja procedur przekazywania wzorca jednostki masy do NMIs państw członkowskich.
2. W zakresie pomiaru czasu – kalkulacja, upowszechnienie i ulepszenie międzynarodowej skali czasu, jako układu odniesienia dla pomiarów czasu realizowanych na całym świecie. Dużo uwagi planuje się poświęcić badaniu korzyści wynikających z wprowadzenia definicji sekundy, opartej na optycznych wzorcach częstotliwości (zegarach optycznych) oraz upowszechnianiu znaczenia i korzyści, wynikających z tych działań dla międzynarodowej telekomunikacji, astronomii i środowisk naukowych.
3. Przewidywane jest nowe podejście w formułowaniu wspólnych projektów z zakresu metrologii chemicznej i promieniowania jonizującego. Ma ono uwzględnić kwestie globalne, o wysokim priorytecie, mające wpływ na społeczeństwo oraz pomóc w zapewnieniu spójnego, przekrojowego i technologicznego podejścia, odpowiadającego w większym stopniu potrzebom wielu międzynarodowych organizacji.
4. Intensyfikacja międzynarodowej koordynacji, realizowana za pomocą projektów międzyresortowych. Aby bardziej efektywnie ustalać priorytety, więcej uwagi zostanie poświęcone zakresowi, wpływowi i kosztom koordynacji prac. Przewidywany jest przegląd świadczonych członkom Konwencji usług wzorcowania, gdyż uznawane generalnie za rentowne, wzorcowania mogą uszczuplać zasoby BIPM kosztem terminowej realizacji projektów strategicznych. Szczegółowy Plan Strategiczny przewiduje dalsze wykonywanie wzorcowań o najwyższej dokładności, na żądanie Państw Członkowskich.
5. W zakresie współpracy międzynarodowej większy nacisk będzie kładziony na wizyty naukowców NMIs państw dopiero rozwijających swoje systemy metrologiczne poprzez świadczenie im merytorycznej pomocy przy budowie własnej bazy metrologicznej.

#### Działania priorytetowe w dziedzinie metrologii masy i wielkości fizycznych

Głównym elementem szczegółowego planu strategicznego na lata 2016–2019 w dziedzinie metrologii wielkości fizycznych będzie zapewnienie, w perspektywie długoterminowej, pierwotnej realizacji kilograma, także z uwzględnieniem redefinicji układu jednostek SI. W tym zakresie BIPM przewiduje rozwijanie projektu wagi watomowej, cechu-

jącej się względną niepewnością pomiaru mniejszą niż  $10^{-7}$ . Równoległe będą prowadzone prace nad innymi jak najdokładniejszymi i efektywnymi środkami realizacji kilograma, między innymi przy wykorzystaniu alternatywnej metody XRCD (*X Ray Crystal Density*).

Istotnym punktem planu działania jest także koordynacja porównań pierwotnych realizacji wzorców masy, utrzymywanych w poszczególnych NMIs, służących praktycznej realizacji wzorców jednostki masy. Działania te będą polegały na organizacji i koordynacji studium pilotowego pierwotnej realizacji kilograma, zgodnie z praktyką stosowaną przed redefinicją jednostki, przy jednoczesnej kontynuacji porównań pierwotnych realizacji kilograma, zgodnie z dotychczas obowiązującą praktyką. Nadal przekazywanie jednostki masy będzie realizowane z wykorzystaniem prototypu kilograma wykonanego ze stopu platyny i irydu oraz wzorcowania krajowych wzorców masy na wniosek poszczególnych NMIs. BIPM stworzy w tym celu zestaw wzorców odniesienia, mających służyć zapewnieniu spójności pomiarowej dla wzorcowań kilograma o najwyższej dokładności wykonywanych przez BIPM, przeznaczonych także dla wzorcowań kilograma realizowanych dla NMIs.

BIPM będzie przeprowadzać porównania z wykorzystaniem mobilnych kwantowych wzorców elektrycznych bezpośrednio w laboratoriach poszczególnych NMIs. W zakresie niepewności pomiaru będą kontynuowane prace zmierzające do określenia względnej niepewności pomiaru rezystancji na poziomie  $10^{-8}$ , z wykorzystaniem nastawnych kondensatorów, działających w oparciu o kwantowy efekt Halla. Prowadzone będą też prace nad zwiększeniem ilości porównań w zakresie pojemności elektrycznej oraz wdrażana nowa generacja bardziej wygodnych w użyciu i uniwersalnych przenośnych wzorców kwantowych, przygotowanych na potrzeby przeprowadzania wzorcowań na miejscu w poszczególnych NMIs. Zgodnie ze swoim statutem BIPM będzie zapewniać Krajowym Instytucjom Metrologicznym dostęp do metod porównań i wzorcowań ich wzorców pierwotnych przy zachowaniu najmniejszej niepewności przy odtwarzaniu jednostek miar elektryczności: napięcia i pojemności elektrycznej. Przewiduje się, że na podstawie jednostek miar tych wielkości będzie można wywodzić pozostałe jednostki w tej dziedzinie.

#### Priorytety działań w dziedzinie metrologii czasu

Priorytetem BIPM w dziedzinie metrologii czasu będzie upowszechnianie Międzynarodowych Skal Czasu TAI i UTC (*Coordinated Universal Time*), z uwzględnieniem danych wpływających z zegarów atomowych poszcze-

gólnych NMIs. Jednocześnie będą prowadzone prace nad udoskonaleniem pomiarów za pomocą nowych, niezależnych technik transferowania czasu i wprowadzaniem udoskonalonych algorytmów. Przewiduje się także integrację wszystkich globalnych systemów nawigacji satelitarnej w połączeniu z zegarami, na których porównywany jest pomiar czasu w UTC. Celem długofalowym jest zapewnienie zblizonego do rzeczywistego pomiaru czasu UTC. Równocześnie BIPM będzie prowadzić badania nad korzyściami wypływającymi z przyszłej redefinicji sekundy oraz wykorzystaniem zegara optycznego do realizacji wzorca jednostki czasu. W ramach budowania skali UTC, umożliwiającej pomiar czasu zblizony do rzeczywistego, prowadzone będą też porównania różnorodnych wzorców czasu oraz prace nad optymalizacją wykorzystania światłowodów oraz połączeń między laboratoriami.

Przewiduje się zastosowanie metod znanych z porównań długości, wykorzystujących w metrologii czasu badania częstotliwości, a polegających na stosowaniu bardzo dokładnych wzorców częstotliwości (wtórnych odwzorowań sekundy) oraz porównań z wykorzystaniem bardzo dokładnych wzorców optycznych. BIPM będzie starał się także o uzyskanie dostępu do wyników pomiarów w eksperymencie z wykorzystaniem zespołu zegarów atomowych w kosmosie: Atomic Clock Ensemble In Space (ACES). W dalszej perspektywie Biuro będzie koncentrować się nad redefinicją sekundy w oparciu o transfer optyczny. Ważną częścią prac będzie adaptacja infrastruktury niezbędnej do utrzymania i rozpowszechniania wzorca jednostki czasu po redefinicji sekundy. Realizacja zamierzeń w tej dziedzinie będzie wiązać się z koniecznością wzmocnienia współpracy z organizacjami międzynarodowymi oraz użytkownikami systemów satelitarnych. Celem BIPM jest zapewnienie „kosmicznego, spójnego z SI, układu odniesienia” dla pomiarów czasu. Efektem tych działań będzie powstanie unikalnej, ciągłej skali czasu, służącej globalnej koordynacji pomiarów tej wielkości.

#### Strategia metrologii w chemii i metrologii promieniowania jonizującego

W zakresie metrologii w chemii i metrologii promieniowania jonizującego BIPM przewiduje optymalizację liczby przeprowadzanych porównań kluczowych. Priorytet będą miały porównania o najwyższej dokładności. Równie istotną częścią działań będzie tworzenie stałych, stabilnych w dłuższych okresach wzorców i wzorcowych materiałów odniesienia, potwierdzających najważniejsze kompetencje pomiarowe w danej dziedzinie. Dlatego działania BIPM będą skupiać się na wybranych zagadnieniach o znaczeniu

globalnym. Do nich będzie należeć tworzenie wzorców odniesienia dla większości najsilniej oddziaływujących na klimat gazów cieplarnianych oraz gazów występujących w powietrzu. Działania te posłużą zwiększeniu spójności pomiarowej w globalnym monitoringu klimatu i ochrony ludności. W perspektywie długoterminowej celem BIPM będzie zapewnienie spójności wzorców krajowych na poziomie wymaganym dla długookresowego globalnego monitoringu jakości powietrza i klimatu poprzez prezentację porównań dotyczących pomiarów CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HCHO, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>. Prowadzone będą prace badawczo-rozwojowe nad materiałami odniesienia dla substancji czysto organicznych. Ich celem jest zaspokojenie światowego zapotrzebowania na spójność pomiarową w takich kluczowych dziedzinach, jak medycyna laboratoryjna, kryminalistyka oraz jakość żywności.

Uwaga BIPM będzie się także koncentrować na pomiarach dawek odniesienia, mających zastosowanie w budowie globalnego systemu odniesienia w radioterapii, ochronie przed promieniowaniem i radiodiagnostyce. Prace BIPM będą także zmierzać do zapewnienia międzynarodowej porównywalności urządzeń wzorcujących, prototypów wzorców organicznych dla potrzeb chemii klinicznej, medycyny laboratoryjnej, analizy żywności, analizy środowiskowej, kryminalistyki i farmakologii. Celem programu BIPM w dziedzinie promieniowania jonizującego jest zapewnienie Państwom Członkowskim wsparcia metrologicznego, służącego budowaniu zaufania do usług świadczonych przez Krajowe Instytucje Metrologiczne z pomocą stale funkcjonującego zespołu międzynarodowych instalacji odniesienia, niezbędnych dla porównań i ustanowienia stopni równoważności. Celem działań BIPM będzie także utrzymanie międzynarodowej spójności pomiarów i zapewnienie spójności krajowych wzorców pomiarowych w zakresie dozymetrii oraz aktywności radionuklidowej, mających zastosowanie w medycynie (radioterapia, medycyna nuklearna, radiodiagnostyka), przemyśle jądrowym, pomiarach środowiska oraz obszarach pokrewnych.

#### Strategia koordynacji współpracy międzynarodowej, komunikacji, promocji, kadr metrologicznych i infrastruktury

Zgodnie z planem działań na lata 2016–2019 BIPM będzie rozwijać współpracę z organizacjami międzynarodowymi oraz promowanie światowej porównywalności pomiarów poprzez bardziej efektywną komunikację z potencjalnie nowymi i aktualnymi członkami oraz innymi kluczowymi interesariuszami. Ważnym zadaniem BIPM pozostanie popularyzacja Międzynarodowego Układu

Jednostek Miar oraz wdrożenie redefinicji wybranych jednostek układu SI, których weryfikacja przewidziana jest na 2018 r. Jako główne zadania w planie wymieniono: zwiększenie kontaktów naukowych z zainteresowanymi ośrodkami naukowo-badawczymi i przemysłowymi, poprawę i promowanie wzajemnej uznawalności krajowych wzorców jednostek miar, świadectw pomiarowych i wzorcowania, wydawanych przez krajowe instytucje metrologiczne (porozumienie CIPM MRA). Jako płaszczyznę do współpracy postrzega się także prowadzenie i doskonalenie Bazy Porównań Kluczowych (KCDB) oraz działania w ramach Komitetu Wspólnego Regionalnych Organizacji Metrologicznych (JCRB). Duże znaczenie przywiązuje się do promowania porównywalności pomiarów w skali światowej i związanej z tym współpracy z organizacjami międzynarodowymi o znaczeniu strategicznym dla celów i misji BIPM, tj. OIML, ILAC, ISO, WTO; IAEA/WHO SSDL. Autorzy planu prac BIPM przewidują rozwijanie najlepszych praktyk we współpracy z Komitetami Doradczymi oraz Komitetami Wspólnymi. Jako ważną płaszczyznę współpracy traktuje się uczestnictwo BIPM w pracach sieci DCMAS, służącej pomocą krajom rozwijającym się, w zakresie metrologii, akredytacji i standaryzacji. Nowym elementem pracy Biura jest opracowany na lata 2016–2019 program wizyt w BIPM. Jest on skierowany na roboczym poziomie do metrologów państw rozwijających swoją infrastrukturę metrologiczną.

Reasumując należy ocenić, że Szczegółowy Plan Strategiczny BIPM na lata 2016–2019 zakłada realizację bardzo ambitnych zadań. Podczas 25. Generalnej Konferencji Miar głosowano nad projektami uchwał odnoszących się do kontynuowania ważnej dla światowego systemu pomiarowego redefinicji wybranych jednostek układu SI, dokonaniem przeglądu funkcjonowania porozumienia CIPM MRA. Biorąc pod uwagę fakt, że podczas 25. CGPM Państwa Członkowskie nie wyraziły zgody na zwiększenie składek, realizacja zamierzeń BIPM może okazać się trudna.

**Bureau  
International des  
Poids et  
Mesures**

na podstawie BIPM Strategic Plan (2014); dokument dostępny pod adresem: [www.bipm.org/utills/en/pdf/BIPM-strategic-plan.pdf](http://www.bipm.org/utills/en/pdf/BIPM-strategic-plan.pdf)