

Łukasz LITWINIUK

## METROLOGIA PROMIENIOWANIA OPTYCZNEGO W POLSKIEJ SŁUŻBIE MIAR

**STRESZCZENIE**      *W referacie przedstawiono podstawy prawne działalności, zadania i strukturę polskiej administracji miar uwzględniając działalność należących do niej laboratoriów pomiarowych specjalizujących się w metrologii promieniowania optycznego. Omówiono praktyczne aspekty związane z zachowywaniem spójności w pomiarach i rolę porównań międzynarodowych organizowanych przez BIPM, Międzynarodowe Biuro Miar i Wag oraz EUROMET, Europejską Współpracę w Dziedzinie Wzorców Jednostek Miar. Przedstawiono informację nt. uzyskania certyfikatu akredytacji przez laboratoria pomiarowe służby miar oraz omówiono perspektywę rozwoju w dziedzinie metrologii promieniowania optycznego w Głównym Urzędzie Miar na tle zamierzeń laboratoriów należących do przodujących zagranicznych Narodowych Instytucji Metrologicznych.*

**Słowa kluczowe:** *administracja miar, promieniowanie optyczne*

### 1. ORGANIZACJA SŁUŻBY MIAR W POLSCE

---

Zgodnie z aktualnie obowiązującą ustawą Prawo o miarach [1] za zapewnienie jednolitości miar i wymaganej dokładności pomiarów wielkości fizycznych w Rzeczypospolitej Polskiej, w tym również tych stosowanych w metrologii

---

**mgr inż. Łukasz LITWINIUK**  
radiation@gum.gov.pl

Zakład Promieniowania Optycznego  
Główny Urząd Miar

promieniowania optycznego, odpowiada administracja rządowa, którą tworzą w tym zakresie Główny Urząd Miar, Okręgowe i Obwodowe Urzędy Miar. Główny Urząd Miar jako instytucja został powołany do istnienia w pierwszych miesiącach tworzenia się administracji państwa polskiego powracającego na mapę Europy po 123 latach niewoli, po I wojnie światowej, tj. w 1919 roku. Pierwszym jego zadaniem było ujednoczenie systemu miar na terytorium nowego państwa, gdzie spotkały się 3 różne systemy miar obowiązujące wówczas na ziemiach dawnych 3 zaborów.

Do podstawowych zadań dnia dzisiejszego, jakie na Główny Urząd Miar nakłada ustawa, należą między innymi:

- budowa, utrzymywanie i modernizacja państwowych wzorców jednostek miar, czyli wzorców jednostek miar uznanych urzędowo w Polsce za podstawę do przypisywania wartości innym wzorcom jednostki miary danej wielkości;
- wykonywanie zadań z zakresu sprawowania prawnej kontroli metrologicznej, czyli takiej, w której państwo, w trosce o interesy swoich obywateli, poczuwa się do obowiązku sprawdzania poprawności wskazań przyrządów pomiarowych wykorzystywanych w ochronie zdrowia, ochronie środowiska, ochronie bezpieczeństwa i porządku publicznego, rozliczeniach handlowych i czynnościach urzędowych związanych z pobieraniem opłat (aktualnie do tych kategorii nie są zaliczane żadne z przyrządów używanych w pomiarach promieniowania optycznego);
- wzorcowanie i ekspertyzy przyrządów pomiarowych: działalność ta nie ma charakteru wymuszonego przez przepisy tworzone przez państwo, tak jak w obszarach objętych metrologią prawną, ale rozwija się z uwagi na stały wzrost liczby laboratoriów, których macierzyste organizacje decydują się na wdrożenie u siebie systemów jakości, opartych przeważnie na normach ISO, gdzie wymóg okresowej kontroli posiadanego sprzętu pomiarowego jest jednym z podstawowych wymagań;
- prowadzenie prac badawczo-rozwojowych w dziedzinie metrologii, co w sposób naturalny wynika z potrzeb związanych ze stałym doskonaleniem stanowisk pomiarowych i dążenia do uzyskiwania coraz doskonalszych i dokładniejszych metod odtwarzania i przekazywania jednostek miar w odpowiedzi na nowe rosnące wymagania i oczekiwania klientów krajowych i zagranicznych;
- doradztwo i konsultacje w sprawach miar, co również znajduje swój wyraz w rosnącym zaangażowaniu pracowników Głównego Urzędu Miar w prezentowaniu swoich dokonań na konferencjach naukowych poświęconych osiągnięciom współczesnej metrologii, a także na udziale i organizacji takich imprez popularyzatorskich jak Dzień Otwarty, czy Piknik Naukowy Polskiego Radia BIS;

- sprawowanie nadzoru nad przestrzeganiem przepisów ustaw: Prawo o miarach i Prawo probiercze, co polega na przykład na kontrolowaniu, czy wagi w sklepie lub dystrybutory paliwa na stacjach benzynowych są okresowo sprawdzane (legalizowane) zgodnie z obowiązującymi dla nich odpowiednimi przepisami;
- współpraca z międzynarodowymi i krajowymi organizacjami i instytucjami metrologicznymi; w dziedzinie metrologii promieniowania optycznego należy tu wymienić EUROMET (Europejską Współpracę w Dziedzinie Wzorców Miar), CIE (Międzynarodową Komisję Oświetleniową), AIC (Międzynarodowe Stowarzyszenie Barwy).

Obecnie w ramach krajowej struktury służby miar oprócz centrali w Warszawie działa 9 Okręgowych i 62 Obwodowe Urzędy Miar, które swoim zasięgiem obejmują całą Polskę.



Rys. 1. Terenowa administracja miar i jej zasięg terytorialny

W strukturze organizacyjnej Głównego Urzędu Miar wyodrębnione są trzy podstawowe działy: metrologii naukowej i przemysłowej, metrologii prawnej oraz probiernictwa. Laboratoria zajmujące się metrologią promieniowania optycznego skupione są w Zakładzie Promieniowania Optycznego, który wraz z pozostałymi czterema Zakładami – Długości i Kąta, Masy, Metrologii Elektrycznej oraz Fizykochemii – należy do działu metrologii naukowej i przemysłowej.

## 2. ZAKRES ZAINTERESOWAŃ I MOŻLIWOŚCI POMIAROWYCH POLSKIEJ SŁUŻBY MIAR W DZIEDZINIE METROLOGII PROMIENIOWANIA OPTYCZNEGO

---

W skład Zakładu Promieniowania Optycznego Głównego Urzędu Miar w Warszawie wchodzi następujące laboratoria pomiarowe:

- ◆ Wzorców Spektrofotometrycznych,
- ◆ Wzorców Barwy,
- ◆ Fotometrii i Radiometrii.

W tabeli 1 zebrane są informacje dotyczące zakresu działalności pomiarowej prowadzonej w poszczególnych laboratoriach Zakładu.

Poza centralą w Warszawie usługi pomiarowe w dziedzinie metrologii promieniowania optycznego świadczone są również w oddziałach terenowych w Poznaniu, Łodzi i Białymstoku (wzorcowanie luksomierzy) oraz we wszystkich 9 Okręgowych Urzędach Miar w zakresie wzorcowania spektrofotometrów. We wszystkich dziedzinach metrologii reprezentowanych w terenowych oddziałach polskiej służby zachowanie spójności w pomiarach miar realizowane jest poprzez odniesienie wzorców stosowanych w terenie do wzorców wyższego rzędu utrzymywanych w Głównym Urzędzie Miar. W dziedzinie fotometrii są to wzorce robocze oparte na lampach żarowych odniesione do państwowego wzorca światłości, a w dziedzinie spektrofotometrii – szklane filtry wzorcowe, powiązane z wzorcem odniesienia widmowego współczynnika przepuszczania.

## 3. WSPÓŁPRACA MIĘDZYNARODOWA

---

Istotnym elementem utrzymywania stanowisk wzorcowych na odpowiednim poziomie wiarygodności jest sprawdzanie dokładności prowadzonych na nich pomiarów za pomocą porównań otrzymywanych wyników z wynikami uzyskiwanymi

TABELA 1

<b>Podstawowe zadania i usługi Laboratorium Wzorców Spektrofotometrycznych</b>
Utrzymywanie wzorca odniesienia widmowego współczynnika przepuszczania
Wzorcowanie wzorców (achromatycznych i barwnych) gęstości optycznej widmowego współczynnika przepuszczania kierunkowego
Wzorcowanie spektrofotometrów (dla gęstości optycznej widmowego współczynnika przepuszczania kierunkowego)
Wzorcowanie wzorców (achromatycznych i barwnych) widmowego współczynnika przepuszczania kierunkowego
Wzorcowanie spektrofotometrów (dla widmowego współczynnika przepuszczania kierunkowego)
Wzorcowanie wzorców długości fali
Wzorcowanie spektrofotometrów (dla długości fali)
<b>Podstawowe zadania i usługi Laboratorium Wzorców Barwy</b>
Utrzymywanie wzorca odniesienia widmowego współczynnika odbicia
Wzorcowanie wzorców (achromatycznych i barwnych) widmowego współczynnika odbicia rozproszonego (geometria 8/d)
Wzorcowanie wzorców (achromatycznych i barwnych) widmowego współczynnika luminancji (geometria d/0 i d/8)
Wzorcowanie wzorców (achromatycznych i barwnych) widmowego współczynnika odbicia lub luminancji dla wyznaczenia ich parametrów kolorymetrycznych
Wzorcowanie kolorymetrów trójchromatycznych i spektrofotometrów odbiciowych
<b>Podstawowe zadania i usługi Laboratorium Fotometrii i Radiometrii</b>
Utrzymywanie państwowego wzorca jednostki miary światłości i państwowego wzorca jednostki miary strumienia świetlnego
Utrzymywanie wzorca odniesienia widmowej czułości odbiorników promieniowania, wzorca odniesienia temperatury barwowej, wzorca odniesienia połysku
Wzorcowanie wzorców światłości (lampy żarowe)
Wzorcowanie wzorców strumienia świetlnego (lampy żarowe)
Wzorcowanie wzorców temperatury barwowej najbliższej (lampy żarowe)
Wzorcowanie luksomierzy cyfrowych
Wzorcowanie mierników luminancji
Wzorcowanie kolorymetrów trójchromatycznych do pomiaru chromatyczności źródeł światła
Wzorcowanie wzorców czułości widmowej (przy długościach fali promieniowania laserowego 488 nm, 514 nm, 632 nm)
Wzorcowanie materiałów fotoluminescencyjnych (pomiar luminancji i czasu zaniku)
Wzorcowanie połyskomierzy
Wzorcowanie wzorców luminancji
Wzorcowanie wzorców czułości widmowej (promieniowanie monochromatyczne od 380 nm do 1600 nm)
Wzorcowanie mierników mocy promienistej (promieniowanie monochromatyczne od 380 nm do 1600 nm)
Wzorcowanie mierników mocy promienistej przy wybranych długościach fali promieniowania laserowego
Wzorcowanie mierników światła białego i nadfioletu stosowanych w badaniach nieniszczących (NDT)

w analogicznych warunkach przez laboratoria zagranicznych odpowiedników Głównego Urzędu Miar (krajowych instytucji metrologicznych – NMI). Polska jest od 1998 roku członkiem zwyczajnym EUROMET i od tego momentu bierze udział w organizowanych pod jego egidą porównaniach kluczowych i uzupełniających pomiarów różnych wielkości fizycznych. W dziedzinie promieniowania optycznego wytypowanych zostało sześć wielkości fizycznych, dla których organizowane są porównania na wzór podobnych porównań o zasięgu ogólnoświatowym, prowadzonych przez CCPR (Komitet Doradczy Fotometrii i Radiometrii przy Międzynarodowym Komitecie Miar – CIPM).

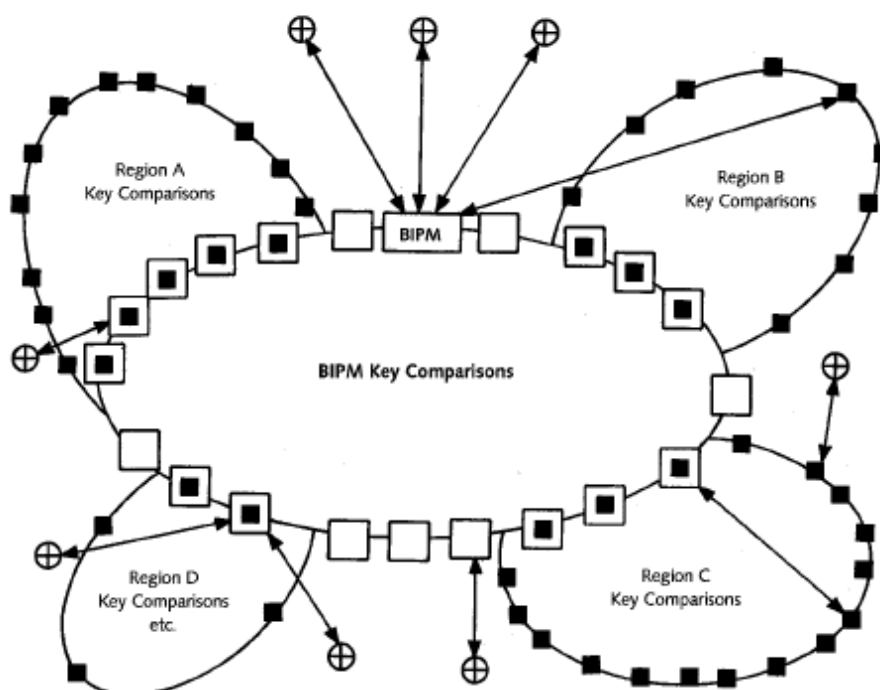
Ostatnie edycje porównań i udział w nich laboratoriów Zakładu Promieniowania Optycznego przedstawia tab. 2 (uwzględniono tu także udział w porównaniach organizowanych przez COOMET, którego członkiem w poprzednich latach był również Główny Urząd Miar, oraz porównania dwustronne).

**TABELA 2**

Lata	Nazwa	Wielkość fizyczna
1998 – 2002	COOMET 152/DE/97	Widmowy współczynnik odbicia
1999 –	EUROMET 538 (EUROMET.PR-K6)	Widmowy współczynnik przepuszczania kierunkowego
1999 – 2000		Współczynnik odbicia wzorców ze szkła rosyjskich na stronach polerowanych i matowych. (GUM Polska – PTB (Niemcy))
2001– 2002		Widmowy współczynnik przepuszczania kierunkowego w zakresie UV-VIS-NIR (GUM Polska – BiałGim Białoruś)
2001 – 2002		Widmowy współczynnik odbicia wzorców ze szkła rosyjskich na stronach polerowanych i matowych. (GUM Polska – BiałGim Białoruś)
2003 – 2003		Światłość i temperatura barwowa (GUM Polska – BiałGim Białoruś)
2003 –	EUROMET 587 (EUROMET.PR-K-2.b)	Czułość widmowa w zakresie widmowym (300-1000) nm

W roku 2006 planowane jest rozpoczęcie kluczowych porównań widmowego współczynnika odbicia rozproszonego (laboratorium prowadzące należy do Węgierskiego Instytutu Metrologicznego – OMH i brało wcześniej udział w analogicznych porównaniach organizowanych przez CCPR). W roku 2007 spodziewane jest rozpoczęcie kluczowych porównań w zakresie pomiarów światłości i strumienia świetlnego; tu pilotem jest PTB (Niemcy), również uczestnik porównań kluczowych CCPR w tych dwóch dziedzinach pomiarowych. We wszystkich wymienionych wyżej porównaniach kluczowych przewidywany jest udział laboratoriów Zakładu Promieniowania Optycznego.

Wzajemną zależność porównań ogólnościowych (organizowanych pod egidą BIPM) i porównań o zasięgu europejskim (pod egidą EUROMET) pokazuje schemat zaczerpnięty z raportu Blevina [2].



Schematic illustration of how BIPM key comparisons of national measurement standards, linked with corresponding regional key comparisons and bilateral comparisons, can efficiently provide a technical basis for assessing the degree of equivalence of the national standards of many countries.

- National Metrology Institute (NMI) participating in the BIPM key comparison.
- NMI participating in regional key comparisons.
- ▣ NMI participating in both BIPM and regional key comparisons.
- ⊕ Other NMI.
- ↔ Bilateral key comparison.

**Rys. 2.** Schemat wzajemnych powiązań między wynikami pomiarów uzyskiwanych w porównaniach o zasięgu ogólnościowym i regionalnym

Z zasady przyjęcia niektórych wielkości jako kluczowe wynika, że nie dla wszystkich wielkości fizycznych i związanych z nimi wzorcowań przyrządów pomiarowych organizuje się porównania międzylaboratoryjne, ale od wszystkich przyrządów zaangażowanych w przekazywanie jednostek miar wymaga się posiadania dokumentów świadczących o ich spójności pomiarowej z wzorcami

wyższego rzędu, czyli na przykład tych utrzymywanych w wiodących światowych instytutach metrologicznych, takich jak NIST, PTB czy NPL. Oznacza to w praktyce, że wszystkie istniejące w Głównym Urzędzie Miar wzorce odniesienia służące do przekazywania jednostek miar na przyrządy i wzorce niższego rzędu posiadają swoje udokumentowane odniesienie do wzorców zagranicznych (o ile same nie są wzorcami absolutnymi lub pierwotnymi, czyli takimi, których się nie wzorcuje, ale ocenia w porównaniach międzynarodowych). Spójność pomiarową wzorców odniesienia stosowanych w działalności Zakładu Promieniowania Optycznego przedstawia tab. 3.

TABELA 3

Nazwa wzorca dla danej wielkości fizycznej	Źródło spójności (odniesienie)
Wzorzec współczynnika przepuszczania oparty na spektrofotometrze CARY 5E	Wzorzec pierwotny
Wzorzec widmowego współczynnika odbicia	NPL, Wielka Brytania
Państwowy wzorzec jednostki miary światłości	PTB, Niemcy
Państwowy wzorzec jednostki miary strumienia świetlnego	PTB, Niemcy
Wzorzec radiometryczny (odbiornik typu pułapki świetlnej)	Wzorzec absolutny
Wzorzec temperatury barwowej najbliższej 2856 K	NPL, Wielka Brytania
Wzorzec połysku	BAM, Niemcy

#### 4. AKREDYTACJA LABORATORIÓW POMIAROWYCH

W związku z wymaganiami zawartymi w postanowieniach międzynarodowego porozumienia o wzajemnym uznawaniu wyników wzorcowań MRA, którego Główny Urząd Miar był jednym z sygnatariuszy, w laboratoriach centrali w Warszawie, a potem również w terenowych oddziałach służby miar w całej Polsce został wprowadzony system jakości w oparciu o normę ISO/IEC 17025:2001. Stosowna deklaracja o wprowadzeniu systemu jakości w Głównym Urzędzie Miar została złożona i zaakceptowana w czasie spotkania Forum Jakości EUROMET w Lizbonie w lutym 2004 roku (wprowadzenie systemu jakości na drodze samodeklaracji). W odpowiedzi na rosnące oczekiwania klientów krajowych, jak i tendencje zauważalne w szeregu zagranicznych ośrodków metrologicznych, została podjęta decyzja o poddaniu się zewnętrznej ocenie kompetencji w dziedzinie świadczenia usług metrologicznych, w celu uzyskania akredytacji przez laboratoria wzorcujące polskiej służby miar na zgodność z wy-



maganiami normy ISO/IEC 17025:2001. Ocena 22 laboratoriów z Głównego Urzędu Miar została przeprowadzona jesienią 2005 roku przez Polskie Centrum Akredytacji z udziałem 14 zagranicznych audytorów technicznych (promieniowanie optyczne zostało ocenione przez audytora z NPL, Wielka Brytania). Certyfikat akredytacji wydany został w grudniu 2005 roku dla zespołu laboratoriów wzorcujących, wśród których znalazły się dwa należące do Zakładu Promieniowania Optycznego: Laboratorium Wzorców Spektrofotometrycznych oraz Laboratorium Fotometrii i Radiometrii.

Oficjalne dane o zakresie akredytacji są dostępne na stronach internetowych jednostki akredytującej – Polskiego Centrum Akredytacji [2].



## 5. PERSPEKTYWY ROZWOJU

Rosnące zapotrzebowanie na usługi metrologiczne na najwyższym poziomie świadczone w powołanej specjalnie do tego celu instytucji, jaką w Polsce reprezentuje Główny Urząd Miar wymaga podejmowania ciągłych starań ukierunkowanych na utrzymywanie i rozwój posiadanych stanowisk pomiarowych. Rozpoczęty w 2005 roku program współpracy naszej instytucji z ośrodkami akademickimi i instytutami naukowymi specjalizującymi się w naukowym podejściu do problemów metrologicznych powinien w sposób zauważalny przyczynić się do tego rozwoju otwierając jednocześnie nowe perspektywy i nowe pola zastosowań dla pomiarów o najwyższej dokładności. Wstępnie sformułowane i wyselekcjonowane zostały 62 tematy prac naukowo-badawczych, których podjęciem i wdrożeniem byłyby zainteresowane poszczególne laboratoria

Głównego Urzędu Miar. Wśród nich znalazło się również 9 tematów z zakresu zainteresowań Zakładu Promieniowania Optycznego, m.in.:

- stałe wzorce widmowego współczynnika przepuszczania na zakres UV i NIR;
- stałe wzorce długości fali na zakres UV;
- wyznaczanie niejednorodności powierzchniowej i objętościowej stałych wzorców spektrofotometrycznych i wzorców barwy (w świetle przepuszczonym);
- pomiary absolutne współczynnika odbicia na przykładzie metody Erba i metody goniospektrofotometrycznej;
- opracowanie metody pomiaru rozkładu powierzchniowego czułości widmowej fotodiod i ogniw krzemowych;
- opracowanie i realizacja układu optycznego mającego na celu wzmocnienie wiązki promieniowania lampy deuterowej wchodzącej i wychodzącej z monochromatora w pomiarach UV;
- wykorzystanie matryc aparatów cyfrowych do szybkich pomiarów rozkładu powierzchniowego natężenia napromienienia różnych przekrojów wiązki promieniowania optycznego.

Rosnące zainteresowanie udziałem NMI (narodowych instytucji metrologicznych, odpowiedników Głównego Urzędu Miar) w prowadzeniu prac badawczych z zakresu pomiarów w dziedzinach o coraz szerszym społecznym zapotrzebowaniu, takich jak metrologia chemiczna, nanometrologia czy metrologia w biotechnologii, doprowadziło do zjednoczenia wysiłków tych instytucji na rzecz sformułowania i opracowania wspólnego programu działań w ramach Unii Europejskiej. W latach 2001...2003 w ramach projektu MERA zbierane były informacje o formach zaangażowania poszczególnych NMI w prace naukowo-badawcze, a od kwietnia 2005 ruszył kolejny projekt i-MERA (implementacja MERA), którego jednym z celów jest uruchomienie pilotażowego projektu badawczego dla rozpoznania możliwości współpracy NMI i instytutów naukowych we wspólnym europejskim metrologicznym programie badawczym [4]. Jednym z widocznych efektów dotychczasowej współpracy NMI w ramach i-MERA są zaproponowane przez poszczególne branże metrologii tzw. mapy drogowe (roadmaps) dające wyobrażenie o potencjalnych polach rozwoju i potrzebach rysujących się w poszczególnych dziedzinach pomiarowych w perspektywie najbliższych 20-25 lat. Dla przykładu, do opisu mapy drogowej z dziedziny promieniowania optycznego nazwanej roboczo "Optical Radiation: better life" zastosowano następujące słowa kluczowe: „medical imaging, optical radiation protection, water disinfection, medical treatment: diagnostics and therapy, artificial tissue, climate changes, ozone problems, air water – light pollution, bio-sensors, homeland security (IR), cultural heritage”.

Prace aktualnie prowadzone w laboratoriach Zakładu Promieniowania Optycznego w Warszawie nie sięgają aż tak daleko w przyszłość, ale odpowiadają na bieżące potrzeby pojawiające się czasem zupełnie niespodziewanie ze strony naszych klientów. Przykładami mogą tu być chociażby pomiary związane z kontrolą produkcji materiałów fluorescencyjnych stosowanych do wytwarzania znaków ostrzegawczych i bezpieczeństwa. Od wielu lat obserwujemy ciągły wzrost zainteresowania wzorcowaniem mierników bliskiego nadfioletu wykorzystywanych pomocniczo w badaniach nieniszczących (NDT) i staramy się nadążać za rosnącymi wymaganiami ze strony klientów mimo przeświadczenia o drugorzędnym znaczeniu tego oprzyrządowania w całym procesie kontroli produkcji.

Najbardziej spektakularnym przyrządem pomiarowym, z którym musieliśmy się zmierzyć w ostatnich latach pozostaje jednak miernik współczynnika przepuszczania szyb samochodowych, oparty wprowadzie na międzynarodowych przepisach (norma ISO, regulamin EKG ONZ), ale bardziej zdający się być wynikiem mody na samodzielne przyciemnianie szyb samochodowych (jedna z form tuningu auta) niż trwałym i potrzebnym elementem wyposażenia pomiarowego powstałym dla zaspokojenia potrzeb współczesnej techniki motoryzacyjnej.

## LITERATURA

1. Ustawa z dnia 11 maja 2001 r. Prawo o miarach, z późniejszymi zmianami (tekst jednolity w Obwieszczeniu Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 4 listopada 2004 r. – Dz. U. 2004 nr 243 poz. 2441)
2. National and international needs relating to metrology. A report prepared by the CIPM for the governments of the Member States of the Convention of the Metre. BIPM 1998 (<http://www1.bipm.org/en/publications/official/>)
3. <http://www.pca.gov.pl/>
4. <http://www.euromet.org/projects/imera/>

---

OPTICAL RADIATION MEASUREMENTS  
IN POLISH METROLOGICAL ADMINISTRATION

L. LITWINIUK

**ABSTRACT** *Legal basis, tasks and structure of Polish metrology administration is presented including activities of laboratories involved in optical radiation measurements. Practical aspects related to traceability of measurement standards and a role of international comparisons organized by BIPM (Bureau International des Poids et Mesures/Bureau of Weights and Measures, and by EUROMET (European Collaboration in Measurement Standards) are described. An information on accreditation of laboratories in Polish metrological administration is given and perspectives of development in optical radiation metrology in the Central Office of Measures in comparison with projects created in laboratories of leading foreign National Metrological Institutes is discussed.*