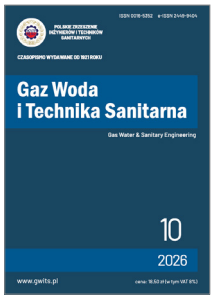
DOI: 10.65545/GWITS.2026.10.06

POLSKIE ZRZESZENIE INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW SANITARNYCH

Gaz Woda i Technika Sanitarna
Gas Water & Sanitary Engineering



Artykuł dostępny / Open Access: www.gwits.pl

Od pomiaru do dowodu, czyli rola świadectwa wzorcowania w obliczu bezkrytycznego zaufania do techniki nie tylko w branży sanitarnej

From measurement to evidence: the role of the calibration certificate in the face of uncritical trust in technology, not only in the sanitary industry

Witold Paleczek[1]*

[1] *Wydział Budownictwa, Politechnika Częstochowska*
* *Kontakt / Correspondence: witold.paleczek@pcz.pl*

Streszczenie:
Przedstawiono znaczenie dokumentacji metrologicznej aparatury pomiarowej stosowanej w technice sanitarnej, instalacyjnej oraz w obszarach bezpieczeństwa powszechnego. Omówiono rolę świadectw wzorcowania, paszportów technicznych i kontroli okresowych. Wykazano, że wynik pomiaru uzyskany przy użyciu urządzenia pozbawionego aktualnej dokumentacji metrologicznej może utracić walor wiarygodnego dowodu technicznego. Przedstawiono konsekwencje stosowania przyrządów niewzorcowanych oraz wskazano, że nawet najbardziej zaawansowana aparatura nie zastępuje wiedzy użytkownika i krytycznej oceny uzyskanego wyniku.
Słowa kluczowe: świadectwo wzorcowania, spójność pomiarowa, tolerancja, wiarygodność wyniku, interpretacja pomiaru

Abstract:
The paper presents the importance of metrological documentation for measuring instruments used in sanitary engineering, installation technology, and public safety applications. The role of calibration certificates, technical passports, and periodic inspections is discussed. It is demonstrated that a measurement result obtained using an instrument lacking valid metrological documentation may lose its value as reliable technical evidence. The consequences of using uncalibrated instruments are presented, and it is emphasized that even the most advanced measuring equipment cannot replace the user's expertise and critical evaluation of the obtained results.
Keywords: calibration certificate, metrological traceability, tolerance, reliability of result, measurement interpretation

1. Wstęp

Współczesna technika dysponuje aparaturą pomiarową o dokładności i powtarzalności, które jeszcze kilkadziesiąt lat temu były trudne do osiągnięcia w praktyce eksploatacyjnej. Postęp ten objął niemal wszystkie dziedziny życia gospodarczego, od techniki sanitarnej i gazowniczej, poprzez elektroenergetykę i geodezję, aż po diagnostykę medyczną. Wraz ze wzrostem możliwości technicznych urządzeń wzrosła również odpowiedzialność użytkownika za właściwą interpretację uzyskiwanych wyników.

Doświadczenie praktyczne pokazuje, że źródłem błędnych decyzji nie zawsze jest uszkodzenie przyrządu lub wada metody pomiarowej. W wielu przypadkach przyczyną nieprawidłowych wniosków okazuje się nadmierne zaufanie do wskazań urządzenia przy jednoczesnym pomijaniu ograniczeń metody pomiarowej, warunków wykonania pomiaru oraz wiedzy niezbędnej do prawidłowej interpretacji wyniku. Nawet wynik uzyskany przez sprawny przyrząd może zostać niewłaściwie wykorzystany, jeżeli nie zostanie poddany krytycznej analizie.

Szczególnego znaczenia nabiera zatem pytanie nie tylko o poprawność samego pomiaru, lecz również o możliwość uznania jego wyniku za wiarygodny dowód techniczny. Warunkiem takiej wiarygodności jest udokumentowane potwierdzenie właściwości metrologicznych stosowanego wyposażenia pomiarowego, realizowane między innymi poprzez wzorcowanie oraz zachowanie spójności metrologicznej.

Artykuł przedstawia znaczenie świadectwa wzorcowania i dokumentacji techniczno-metrologicznej w procesie budowania wartości dowodowej wyniku pomiaru. Wskazano również, że nawet najbardziej rygorystyczne procedury metrologiczne nie eliminują konieczności posiadania przez użytkownika odpowiedniej wiedzy technicznej oraz zdolności krytycznej oceny

Artykuł / Article: Nadesłany / Received: 7.10.2026; Zrecenzowany / Revised: 10.10.2026; Zaakceptowany / Accepted: 18.10.2026; Opublikowany / Published: 26.10.2026

Prawa autorskie: © 2026 autorów. Licencjobiorca: PZITS. Artykuł w otwartym dostępie na licencji Creative Commons CC BY 4.0. / Copyright: © 2026 by the authors. Licensee PZITS. This article is an open access under the Creative Commons CC BY 4.0 license.

uzyskanego wyniku. Można sformułować następującą triadę: przyrząd może być sprawny, dokumentacja może być prawidłowa, a decyzja może być błędna.

2. Wprowadzenie

Celem artykułu jest przedstawienie znaczenia świadectwa wzorcowania oraz dokumentacji techniczno-metrologicznej urządzeń pomiarowych stosowanych przede wszystkim w branży gazowniczej, wodociągowej i sanitarnej, a także wykazanie, że wiarygodność wyniku pomiaru jest nierozerwalnie związana z udokumentowanym potwierdzeniem właściwości metrologicznych stosowanego wyposażenia.

Współczesna gospodarka techniczna opiera swoje decyzje na wynikach pomiarów. Dotyczy to zarówno branży gazowniczej, wodociągowej i sanitarnej, jak również energetyki, geodezji, przemysłu czy medycyny. W każdej z tych dziedzin poprawność rozpoznania stanu technicznego obiektu, bezpieczeństwa użytkowania instalacji lub oceny zagrożenia zależy od wiarygodności wskazań przyrządów pomiarowych. Nawet niewielki błąd pomiaru może prowadzić do błędnych decyzji technicznych, ekonomicznych lub prawnych.

Szczególnego znaczenia zagadnienie to nabiera w branży gazowej i sanitarnej, gdzie odczyty wykonywane za pomocą analizatorów spalin, detektorów gazów, mierników stężenia tlenku węgla, przetworników ciśnienia czy wodomierzy stanowią podstawę oceny bezpieczeństwa eksploatacji instalacji. Detektory gazów wykorzystujące sensory elektrochemiczne podlegają naturalnym procesom starzenia i zmian parametrów metrologicznych. Bez okresowego wzorcowania oraz potwierdzenia ich właściwości za pomocą odpowiedniej dokumentacji metrologicznej mogą generować wyniki odbiegające od rzeczywistych wartości. W konsekwencji może dojść zarówno do niewykrycia stanu zagrożenia, jak i do nieuzasadnionego wyłączenia urządzeń lub instalacji z eksploatacji.

Podobny problem występuje w innych dziedzinach techniki. W elektroenergetyce od poprawności wskazań mierników zależy ocena skuteczności ochrony przeciwporażeniowej, natomiast w geodezji precyzja pomiarów GNSS ma bezpośredni wpływ na określanie granic nieruchomości, realizację inwestycji budowlanych oraz rozstrzyganie sporów własnościowych. W każdym z tych przypadków sam wynik pomiaru nie stanowi jeszcze dowodu jego poprawności. Konieczne jest wykazanie, że został on uzyskany przy użyciu przyrządu o potwierdzonych właściwościach metrologicznych.

Szczególnie wyraźnie problem ten widoczny jest również w medycynie. Współczesne systemy diagnostyczne, takie jak elektrokardiografy, rejestratory Holterowskie czy kardiomonitory, przetwarzają sygnały o bardzo małych amplitudach, podatne na zakłócenia i artefakty pomiarowe. Błędna interpretacja sygnału może prowadzić do postawienia niewłaściwej diagnozy i wdrożenia nieuzasadnionej terapii. Chociaż medycyna oraz technika sanitarna wydają się odległymi dziedzinami, w obu przypadkach źródłem problemu pozostaje to samo zagadnienie metrologiczne: możliwość zaufania wynikowi pomiaru.

Z tego względu coraz większe znaczenie przypisuje się dokumentom potwierdzającym przydatność metrologiczną przyrządów pomiarowych. Szczególne miejsce zajmuje świadectwo wzorcowania, zawierające informacje o wynikach wzorcowania, niepewności pomiaru oraz zachowaniu spójności metrologicznej. Dokument ten nie jest jedynie załącznikiem do urządzenia pomiarowego, lecz formalnym potwierdzeniem, że uzyskany wynik może stanowić podstawę decyzji technicznych, organizacyjnych, ekonomicznych lub prawnych.

W praktyce technicznej można zaobserwować zjawisko polegające na przypisywaniu wynikom pomiarów i dokumentacji technicznej roli zastępującej samodzielną analizę problemu. Tymczasem ani pomiar nie zastępuje rozumowania, ani dokument wiedzy użytkownika. Paradoks współczesnej techniki polega jednak na tym, że zbyt często pomiar zastępuje rozumowanie, a dokument zastępuje wiedzę.

3. Przegląd literatury przedmiotu i podstawy normatywne

Problematyka wiarygodności pomiarów oraz dokumentowania właściwości metrologicznych przyrządów pomiarowych jest przedmiotem regulacji prawnych, dokumentów metrologicznych oraz norm technicznych obowiązujących w wielu obszarach działalności gospodarczej i technicznej.

Podstawowe znaczenie dla współczesnej metrologii mają dokumenty opracowane przez Joint Committee for Guides in Metrology. Przewodnik GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement) [3] określa zasady oceny niepewności pomiaru i stanowi fundament współczesnej analizy jakości wyników pomiarowych. Z kolei Międzynarodowy Słownik Metrologii VIM [4] definiuje podstawowe pojęcia związane z pomiarem, wzorcowaniem, spójnością pomiarową oraz błędami pomiarowymi, zapewniając jednolitość terminologiczną stosowaną w nauce i praktyce technicznej.

Istotne znaczenie dla zapewnienia wiarygodności wyników pomiarowych ma norma PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 [6], określająca wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących. Norma ta wskazuje między innymi konieczność zachowania spójności pomiarowej, prowadzenia nadzoru nad wyposażeniem pomiarowym oraz dokumentowania procesów wzorcowania.

W obszarze wyrobów medycznych szczególne znaczenie posiada Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2017/745 (MDR) [2] oraz norma PN-EN ISO 13485:2016-04 [5]. Dokumenty te podkreślają konieczność zapewnienia bezpieczeństwa pacjentów poprzez stosowanie odpowiednio nadzorowanej aparatury, której parametry metrologiczne są kontrolowane i udokumentowane.

Przykłady branżowych wymagań dotyczących potwierdzania właściwości aparatury pomiarowej zawierają również normy odnoszące się do konkretnych grup urządzeń. Norma PN-EN 45544 [7] określa wymagania dla elektrycznych przyrządów służących do wykrywania i pomiaru stężeń gazów oraz par toksycznych w środowisku pracy. Z kolei normy PN-EN 60601-2-25 [8] oraz PN-EN 60601-2-47 [9] odnoszą się odpowiednio do elektrokardiografów oraz ambulatoryjnych systemów elektrokardiograficznych, wskazując wymagania dotyczące poprawności działania aparatury wykorzystywanej do celów diagnostycznych.

Znaczenie prawidłowo udokumentowanych pomiarów podkreślają również normy stosowane poza branżą sanitarną. Norma PN-EN 61557 [10] dotyczy urządzeń wykorzystywanych do pomiarów ochronnych w instalacjach elektroenergetycznych niskiego napięcia, natomiast norma PN-ISO 17123-8:2016-04 [11] opisuje procedury terenowej weryfikacji systemów GNSS RTK stosowanych w geodezji. W obu przypadkach wynik pomiaru może stanowić podstawę decyzji technicznych, administracyjnych lub prawnych, co wymaga zapewnienia odpowiedniej jakości metrologicznej stosowanej aparatury.

Znaczenie wiarygodności pomiarów znajduje również odzwierciedlenie w krajowych regulacjach branżowych. Przykładem jest rozporządzenie dotyczące standardów technicznych wykonywania geodezyjnych pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych [1], które określa zasady pozyskiwania oraz dokumentowania danych pomiarowych wykorzystywanych w państwowym zasobie geodezyjnym i kartograficznym. W praktyce oznacza to konieczność stosowania aparatury zapewniającej odpowiednią dokładność i potwierdzone właściwości metrologiczne.

Analiza wskazanych dokumentów prowadzi do wspólnego wniosku, że niezależnie od branży, rodzaju aparatury oraz stopnia jej zaawansowania technicznego, warunkiem uznania wyniku pomiaru za wiarygodny jest możliwość wykazania jego spójności metrologicznej, identyfikowalności zastosowanego wyposażenia oraz właściwego nadzoru nad procesem pomiarowym. To właśnie w tym kontekście świadectwo wzorcowania staje się nie tylko dokumentem technicznym, lecz również jednym z podstawowych elementów budowania wartości dowodowej wyniku pomiaru.

Istotny wkład w rozwój metod oceny jakości wyników pomiarowych wniósł Duvernoy (2015) [14], przedstawiając praktyczne zasady wyznaczania niepewności wzorcowania oraz identyfikacji jej poszczególnych składników. Autor wskazuje, że prawidłowe oszacowanie niepewności stanowi integralną część procesu wzorcowania oraz warunek poprawnej interpretacji danych zawartych w świadectwie wzorcowania.

Podobny kierunek prezentują Csavina, Roberti, Taylor i Loescher (2017) [13], podkreślając ścisły związek pomiędzy wzorcowaniem, spójnością pomiarową oraz oceną niepewności pomiaru. Według autorów jedynie wyniki odniesione do uznanych wzorców pomiarowych mogą być uznane za porównywalne i wiarygodne, a tym samym stanowić podstawę podejmowania decyzji technicznych i organizacyjnych.

Znaczenie spójności metrologicznej oraz nadzoru metrologicznego zostało szeroko omówione przez Meskuotienė i współautorów (2022) [19]. Autorzy wykazali, że zarówno metrologia przemysłowa, jak i metrologia prawna opierają się na wspólnym fundamencie, którym jest możliwość prześledzenia nieprzerwanego łańcucha odniesień pomiarowych prowadzącego do wzorców krajowych i międzynarodowych. W pracy podkreślono, że brak udokumentowanej spójności pomiarowej ogranicza możliwość wykorzystania wyników pomiarów jako obiektywnej podstawy decyzji technicznych, administracyjnych oraz sądowych.

W ostatnich latach obserwowany jest dynamiczny rozwój cyfrowych metod dokumentowania procesów wzorcowania. Hackel, Härtig, Hornig i Wiedenhöfer (2017) [15] przedstawili koncepcję cyfrowego świadectwa wzorcowania (Digital Calibration Certificate, DCC), umożliwiającego automatyczną wymianę danych metrologicznych pomiędzy laboratoriami, użytkownikami przyrządów oraz systemami informatycznymi przedsiębiorstw. Rozwinięciem tej koncepcji są badania Yang i współautorów (2025) [22], którzy wykazali możliwość cyfrowego zapisu błędów wskazań oraz niepewności pomiarowych dla wzorcowych liczników energii elektrycznej. Kierunek ten wskazuje, że tradycyjne świadectwa papierowe mogą w przyszłości zostać zastąpione dokumentacją elektroniczną stanowiącą integralny element infrastruktury cyfrowej metrologii.

W polskiej literaturze metrologicznej szczególne znaczenie mają publikacje Puchały i Czarneckiego (2012a, 2012b) [20, 21]. Autorzy wskazują, że wzorcowanie powinno być traktowane jako jedna z podstawowych form nadzoru metrologicznego nad wyposażeniem pomiarowym przedsiębiorstw. Zwracają jednocześnie uwagę, że prawidłowa interpretacja danych zawartych w świadectwie wzorcowania wymaga znajomości takich pojęć jak błąd wskazania, poprawka, niepewność pomiaru oraz spójność metrologiczna. W praktyce użytkownik przyrządu powinien nie tylko posiadać aktualne świadectwo wzorcowania, ale również rozumieć znaczenie zawartych w nim informacji.

Znaczenie laboratoriów wzorcujących dla funkcjonowania systemów zarządzania jakością zostało przedstawione przez Malesę (2007) [18], który wykazał, że wiarygodność procesów pomiarowych stanowi jeden z warunków skutecznego funkcjonowania nowoczesnych systemów jakości. Z kolei Jenek (2024) [16] przedstawił współczesne ujęcie błędu i niepewności pomiaru, wskazując na probabilistyczny charakter oceny jakości wyników oraz ograniczenia wynikające z rzeczywistych warunków eksploatacji urządzeń pomiarowych.

Z punktu widzenia branży gazowniczej szczególnie interesujące są publikacje dotyczące wzorcowania aparatury procesowej oraz materiałów odniesienia. Cieciora i Hys (2014) [12] opisali zagadnienia związane z wytwarzaniem i certyfikacją gazowych materiałów odniesienia, stanowiących podstawę wzorcowania analizatorów gazowych i innych przyrządów służących do pomiaru składu mieszanin gazowych. Uzupełnieniem tych zagadnień są opracowania dotyczące wzorcowania przetworników ciśnienia przedstawione przez Kuczyńskiego (2020) [17], istotne w kontekście eksploatacji sieci gazowych, wodociągowych oraz instalacji technologicznych.

Analiza przedstawionej literatury prowadzi do jednoznacznego wniosku, że wiarygodność wyniku pomiarowego nie jest wyłącznie cechą samego przyrządu pomiarowego, lecz rezultatem funkcjonowania całego systemu metrologicznego obejmującego wzorcowanie, ocenę niepewności pomiaru, zapewnienie spójności metrologicznej oraz właściwe dokumentowanie tych działań. W konsekwencji świadectwo wzorcowania należy postrzegać nie tylko jako dokument techniczny, lecz również jako podstawowe potwierdzenie zaufania do wyniku pomiaru, od którego zależą decyzje techniczne, ekonomiczne, administracyjne i prawne.

4. Glosariusz podstawowych pojęć metrologicznych

Akredytacja laboratorium – Formalne potwierdzenie przez uprawnioną jednostkę, że laboratorium posiada kompetencje techniczne do wykonywania określonych badań lub wzorcowań zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO/IEC 17025.

Artefakt pomiarowy – fałszywy sygnał, zakłócenie lub błąd w obrazie/odczycie wygenerowany przez aparaturę pomiarową na skutek czynników zewnętrznych (np. ruch pacjenta, drgania

DOI: 10.65545/GWITS.2026.10.06

podłoża, obecność gazów towarzyszących), błędnie interpretowany przez użytkownika jako stan faktyczny badanego obiektu.

Błąd pomiaru – różnica pomiędzy wartością zmierzoną a wartością odniesienia przyjmowaną za prawdziwą lub umownie prawdziwą.

Cyfrowe świadectwo wzorcowania (DCC) – elektroniczna postać świadectwa wzorcowania umożliwiająca automatyczne przetwarzanie danych metrologicznych przez systemy informatyczne i urządzenia pomiarowe.

Deklaracja zgodności – dokument wystawiany przez producenta lub jego przedstawiciela potwierdzający, że wyrób spełnia wymagania odpowiednich norm i przepisów. Dokument ten nie potwierdza aktualnych właściwości metrologicznych urządzenia.

Dokumenty dopuszczeniowe – dokumenty potwierdzające spełnienie przez wyrób określonych wymagań konstrukcyjnych, funkcjonalnych lub bezpieczeństwa. Mogą obejmować m.in. certyfikaty badania typu, świadectwa dopuszczenia lub decyzje administracyjne dopuszczające urządzenie do użytkowania.

Gaz wzorcowy – mieszanina gazowa o dokładnie określonym składzie i znanej niepewności stężenia, stosowana do wzorcowania oraz sprawdzania analizatorów gazów i detektorów.

Interpretacja wyniku pomiaru – krytyczny proces intelektualny realizowany przez kompetentnego użytkownika, polegający na zestawieniu surowego wskazania przyrządu z niepewnością pomiaru, charakterystyką obiektu badanego oraz warunkami środowiskowymi w celu podjęcia decyzji technicznej lub medycznej.

Justowanie – zespół czynności wykonywanych na przyrządzie pomiarowym w celu doprowadzenia jego wskazań do zgodności z określonymi wymaganiami metrologicznymi. Justowanie polega na fizycznej lub programowej zmianie parametrów przyrządu tak, aby zminimalizować błędy wskazań. W odróżnieniu od wzorcowania justowanie modyfikuje właściwości przyrządu.

Kalibracja – patrz: wzorcowanie.

Karta urządzenia – dokument ewidencyjny przyrządu pomiarowego, zawierający historię jego eksploatacji, napraw, adiustacji oraz terminów kolejnych wzorcowań lub przeglądów konserwacyjnych.

Legalizacja – forma prawnej kontroli metrologicznej wykonywana dla określonych grup przyrządów pomiarowych objętych przepisami ustawy Prawo o miarach. Potwierdza spełnienie wymagań określonych dla danego rodzaju przyrządu.

Materiał odniesienia – substancja lub obiekt o znanych właściwościach, wykorzystywany jako punkt odniesienia podczas wzorcowania, sprawdzania lub walidacji metod pomiarowych.

Metrologia – nauka o pomiarach obejmująca zagadnienia jednostek miar, metod pomiarowych, niepewności pomiaru, wzorców oraz spójności metrologicznej.

Niepewność pomiaru – parametr związany z wynikiem pomiaru, charakteryzujący zakres wartości, które z określonym prawdopodobieństwem mogą być przypisane wielkości mierzonej.

Niewzorcowane urządzenie pomiarowe – przyrząd, dla którego nie można wykazać aktualnych właściwości metrologicznych poprzez odpowiednią dokumentację wzorcowania lub inną formę potwierdzenia spójności pomiarowej.

Paszport techniczny – dokumentacja eksploatacyjna urządzenia zawierająca informacje o identyfikacji przyrządu, historii użytkowania, naprawach, przeglądach, wzorcowaniach oraz innych zdarzeniach mających wpływ na jego stan techniczny i metrologiczny.

Poprawka – wartość dodawana algebraicznie do wyniku pomiaru w celu kompensacji znanego błędu systematycznego.

Rektyfikacja – regulacja elementów mechanicznych, optycznych, elektrycznych lub elektronicznych przyrządu mająca na celu przywrócenie jego prawidłowej geometrii, wzajemnego położenia elementów lub poprawnych parametrów pracy. Rektyfikacja jest często wykonywana przed wzorcowaniem lub justowaniem i ma na celu usunięcie przyczyn błędów wynikających z rozregulowania instrumentu.

Spójność metrologiczna (pomiarowa) – właściwość wyniku pomiaru umożliwiająca jego odniesienie do odpowiedniego wzorca poprzez nieprzerwany łańcuch wzorcowań, z których każde wnosi określoną niepewność pomiaru.

Świadectwo wzorcowania – dokument wystawiany przez laboratorium wzorcujące, zawierający wyniki wzorcowania, niepewności pomiaru, identyfikację wzorców odniesienia oraz potwierdzenie zachowania spójności metrologicznej.

Tolerancja (błąd maksymalny dopuszczalny) – w sensie metrologicznym: określony przez normy, przepisy lub producenta przedział wartości, w którym muszą mieścić się błędy przyrządu pomiarowego, aby został on uznany za zdatny do użytku. Tolerancja jest miarą narzuconą odgórnie, a nie cechą fizyczną przyrządu. W sensie psychologiczno-zawodowym: skrajnie niebezpieczne zjawisko społeczne polegające na „tolerowaniu" przez środowisko zawodowe (np. inżynieryjne, medyczne) braku podstawowych kompetencji, ignorancji oraz bezmyślności personelu zasłaniającego się posiadaniem rozmaitych certyfikatów.

Wartość dowodowa pomiaru – stopień, w jakim wynik pomiaru może być wykorzystany jako wiarygodna podstawa decyzji technicznych, administracyjnych, ekonomicznych lub prawnych.

Wzorcowanie – zespół czynności umożliwiających określenie zależności pomiędzy wskazaniami przyrządu pomiarowego a wartościami realizowanymi przez wzorce odniesienia; zbiór operacji ustalających relację między wartościami wskazanymi przez przyrząd pomiarowy a wartościami przypisanymi wzorcom jednostki miary. Wzorcowanie nie jest naprawą ani adiustacją przyrządu – określa jedynie jego aktualny błąd wskazania.

Wzorzec odniesienia – przyrząd lub materiał o znanej wartości wielkości mierzonej, wykorzystywany do wykonywania wzorcowań i zapewnienia spójności pomiarowej.

Wzorzec państwowy – najwyższy krajowy wzorzec danej jednostki miary, stanowiący podstawę krajowego systemu odniesień pomiarowych.

5. Dokumenty związane z urządzeniem pomiarowym

Deklaracja zgodności

Deklaracja zgodności jest dokumentem wystawianym przez producenta lub jego upoważnionego przedstawiciela, potwierdzającym, że urządzenie spełnia wymagania odpowiednich norm oraz przepisów krajowych i europejskich obowiązujących dla danej grupy wyrobów. Dokument ten odnosi się do etapu projektowania, wytwarzania i wprowadzania urządzenia do użytkowania.

Należy jednak podkreślić, że deklaracja zgodności nie stanowi potwierdzenia aktualnych właściwości metrologicznych konkretnego egzemplarza przyrządu znajdującego się w eksploatacji. W praktyce technicznej często błędnie utożsamia się deklarację zgodności z potwierdzeniem poprawności wskazań

urządzenia. Dokument ten nie zastępuje wzorcowania ani nie umożliwia oceny aktualnej wiarygodności wyników pomiarów.

Dokumenty dopuszczeniowe urządzenia do stosowania

W wielu obszarach techniki stosowane są dokumenty potwierdzające pozytywne przejście badań typu, badań kwalifikacyjnych, procedur certyfikacyjnych lub dopuszczeniowych. Dokumenty te potwierdzają spełnienie określonych wymagań konstrukcyjnych, funkcjonalnych lub bezpieczeństwa oraz możliwość stosowania wyrobu w przewidzianych warunkach eksploatacji.

Dokumenty dopuszczeniowe mają istotne znaczenie z punktu widzenia bezpieczeństwa użytkowania urządzeń, nie stanowią jednak potwierdzenia aktualnej poprawności metrologicznej konkretnego egzemplarza przyrządu wykorzystywanego podczas wykonywania pomiarów.

Świadectwo wzorcowania

Spośród wszystkich dokumentów związanych z wyposażeniem pomiarowym szczególną rolę odgrywa świadectwo wzorcowania. Wzorcowanie polega na porównaniu wskazań badanego przyrządu ze wzorcami odniesienia posiadającymi udokumentowaną spójność pomiarową.

Świadectwo wzorcowania zawiera zazwyczaj identyfikację urządzenia, numer seryjny, datę wykonania wzorcowania, dane laboratorium wzorcującego, wyniki pomiarów, błędy wskazań oraz oszacowaną niepewność pomiaru. Dokument ten stanowi podstawę oceny wiarygodności urządzenia oraz pozwala wykazać zachowanie spójności metrologicznej pomiarów.

Okresowe wzorcowanie przyrządów pomiarowych

W wielu branżach praktyką eksploatacyjną jest wykonywanie wzorcowania przyrządów pomiarowych w odstępach rocznych. Ostateczna częstotliwość wzorcowań powinna jednak wynikać z zaleceń producenta, warunków użytkowania urządzenia, jego historii metrologicznej oraz procedur obowiązujących u użytkownika.

Wymóg okresowego potwierdzania właściwości metrologicznych dotyczy między innymi analizatorów spalin, mierników stężenia gazów, detektorów tlenku węgla, mierników ciągu kominowego, mierników parametrów instalacji elektrycznych, luksomierzy, termometrów technicznych, przetworników ciśnienia oraz kamer termowizyjnych wykorzystywanych w diagnostyce technicznej. Regularne wzorcowanie umożliwia wykazanie ciągłości spójności pomiarowej oraz ocenę stabilności parametrów metrologicznych urządzenia w czasie.

6. Wpływ braku wzorcowania na wiarygodność wyniku pomiaru

Jednym z podstawowych wymagań współczesnej metrologii jest przedstawienie wyniku pomiaru wraz z informacją o jego niepewności. W praktyce wynik pomiaru można zapisać w postaci:

$$x = x_0 \pm U \quad (1)$$

gdzie x_0 oznacza wartość zmierzoną, natomiast U jest niepewnością rozszerzoną wyniku pomiaru.

Jeżeli urządzenie pomiarowe nie posiada aktualnego wzorcowania, nie jest możliwe wiarygodne określenie jego błędów wskazań, oszacowanie niepewności pomiaru ani wykazanie zachowania spójności metrologicznej. W takiej sytuacji znacząco maleje możliwość obiektywnej oceny jakości uzyskanego wyniku oraz jego zgodności z wymaganiami normatywnymi. Odczyt uzyskany z urządzenia niewzorcowanego nie musi być błędny, jednak jego wiarygodność staje się trudna do udokumentowania.

Wartość dowodowa wyników pomiarów

W wielu postępowaniach technicznych, administracyjnych oraz sądowych wynik pomiaru może stanowić istotny element materiału dowodowego. Wysoka wartość dowodowa takiego wyniku wymaga możliwości wykazania:

- kwalifikacji osoby wykonującej pomiar,
- identyfikacji zastosowanego urządzenia,
- aktualności dokumentacji metrologicznej,
- zachowania spójności metrologicznej,
- przestrzegania właściwej procedury pomiarowej.

Brak któregokolwiek z wymienionych elementów może prowadzić do obniżenia wiarygodności uzyskanych wyników. Jednym z podstawowych pytań pojawiających się podczas oceny poprawności pomiarów jest ustalenie, czy przyrząd wykorzystywany podczas badań posiadał aktualne świadectwo wzorcowania w czasie wykonywania pomiarów.

7. Szczególny przypadek pomiarów kominiarskich i gazowych

Znaczenie wzorcowania jest szczególnie widoczne w przypadku analizatorów spalin, detektorów tlenku węgla oraz urządzeń służących do oceny parametrów pracy przewodów kominowych. Wyniki uzyskiwane za pomocą tych przyrządów stanowią podstawę oceny bezpieczeństwa eksploatacji urządzeń grzewczych oraz wentylacyjnych.

Błędne wskazania mogą prowadzić do niewykrycia zagrożenia związanego z obecnością tlenku węgla, nieprawidłowej oceny ciągu kominowego, błędnej kwalifikacji stanu technicznego urządzeń grzewczych lub podejmowania niewłaściwych decyzji administracyjnych. W takich przypadkach wiarygodność pomiaru nabiera wymiaru bezpieczeństwa publicznego.

8. Szczególny przypadek pomiarów elektrycznych

Analogiczne znaczenie mają pomiary wykonywane w instalacjach elektrycznych. Ocena skuteczności ochrony przeciwporażeniowej opiera się na wynikach uzyskiwanych za pomocą specjalistycznych mierników parametrów instalacji.

Niewłaściwe działanie przyrządu pomiarowego może skutkować zarówno dopuszczeniem do eksploatacji instalacji niespełniającej wymagań bezpieczeństwa, jak i nieuzasadnionym zakwestionowaniem instalacji wykonanej prawidłowo. Konsekwencje mogą obejmować zagrożenie zdrowia i życia użytkowników oraz odpowiedzialność zawodową osób wykonujących pomiary.

9. Wnioski podsumowujące

Analiza dokumentacji stosowanej w metrologii technicznej wskazuje jednoznacznie, że deklaracja zgodności oraz dokumenty dopuszczające urządzenie do użytkowania pełnią inne funkcje niż świadectwo wzorcowania. Deklaracja zgodności potwierdza spełnienie wymagań konstrukcyjnych i formalnych, natomiast dokumenty dopuszczeniowe odnoszą się do możliwości

DOI: 10.65545/GWITS.2026.10.06

stosowania urządzenia w określonych warunkach technicznych.

Jedynie świadectwo wzorcowania umożliwia ocenę aktualnych właściwości metrologicznych konkretnego egzemplarza przyrządu oraz wykazanie zachowania spójności pomiarowej. Z tego względu stanowi ono podstawowy dokument pozwalający ocenić wiarygodność wyników pomiarowych.

W branży gazowniczej, wodociągowej i sanitarnej, podobnie jak w elektroenergetyce, geodezji czy medycynie, bezpieczeństwo użytkowników oraz poprawność podejmowanych decyzji technicznych zależą nie tylko od kwalifikacji personelu, ale również od jakości i udokumentowanej wiarygodności wykonywanych pomiarów.

10. Literatura

[1] Minister Rozwoju, Pracy i Technologii. (2021). *Rozporządzenie w sprawie standardów technicznych wykonywania geodezyjnych pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych oraz opracowywania i przekazywania wyników tych pomiarów do państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego.* Dz.U.

[2] Parlament Europejski i Rada (UE). (2017). *Rozporządzenie (UE) 2017/745 z dnia 5 kwietnia 2017 r. w sprawie wyrobów medycznych (MDR).* Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej.

[3] Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM). (2008). *Evaluation of measurement data. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* (JCGM 100:2008). Bureau International des Poids et Mesures (BIPM).

[4] Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM). (2012). *International Vocabulary of Metrology. Basic and General Concepts and Associated Terms* (VIM) (JCGM 200:2012). Bureau International des Poids et Mesures (BIPM).

[5] Polski Komitet Normalizacyjny. (2016). PN-EN ISO 13485:2016-04. *Wyroby medyczne. Systemy zarządzania jakością. Wymagania do celów przepisów prawnych.*

[6] Polski Komitet Normalizacyjny. (2018). PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02. *Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących.*

[7] Polski Komitet Normalizacyjny. PN-EN 45544. *Atmosfery miejsc pracy. Elektryczne przyrządy do bezpośredniego wykrywania oraz bezpośredniego pomiaru stężenia gazów i par toksycznych.*

[8] Polski Komitet Normalizacyjny. PN-EN 60601-2-25. *Medyczne urządzenia elektryczne. Wymagania szczegółowe dotyczące elektrokardiografów.*

[9] Polski Komitet Normalizacyjny. PN-EN 60601-2-47. *Medyczne urządzenia elektryczne. Wymagania szczegółowe dotyczące ambulatoryjnych systemów elektrokardiograficznych.*

[10] Polski Komitet Normalizacyjny. PN-EN 61557. *Bezpieczeństwo elektryczne w niskonapięciowych sieciach elektroenergetycznych. Urządzenia do sprawdzania, pomiarów lub monitorowania środków ochronnych.*

[11] Polski Komitet Normalizacyjny. PN-ISO 17123-8:2016-04. *Optyka i instrumenty optyczne. Terenowe procedury badania instrumentów geodezyjnych i badawczych. Część 8: Terenowe systemy pomiarowe GNSS w czasie rzeczywistym (RTK).*

[12] Cieciora, D., & Hys, A. (2014). Gazowe materiały odniesienia: wytwarzanie i certyfikacja. Metrologia i Probiernictwo. *Biuletyn Głównego Urzędu Miar.* 3(6), 21–24

[13] Csavina, J., Roberti, J. A., Taylor, J. R., & Loescher, H. W. (2017). Traceable measurements and calibration: a primer on uncertainty analysis. Ecosphere, 8(2). https://doi.org/10.1002/ecs2.1683

[14] Duvernoy, J. (2015). *Guidance on the Computation of Calibration Uncertainties.* World Meteorological Organization, No. 119.

[15] Hackel, S., Härtig, F., Hornig, J., & Wiedenhöfer, T. (2017). The digital calibration certificate. *PTB-Mitteilungen*, 127(4), 75–81 https://doi.org/10.7795/310.20170403

[16] Jenek, M. (2024). *Błąd i niepewność pomiaru.* Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego.

[17] Kuczyński, A. (2020). Wzorcowanie przetworników ciśnienia w OUM w Szczecinie. *Metrologia i Probiernictwo. Biuletyn Głównego Urzędu Miar.*

[18] Malesa, R. (2007). Rola akredytowanych laboratoriów wzorcujących w systemach zarządzania jakością. *Pomiary Automatyka Kontrola,* 53(1), 16-17.

[19] Meškuotienė, A., Dobilienė, J., Raudienė, E., & Gaidamovičiūtė, L. (2022). A Review of Metrological Supervision: Towards the common understanding of metrological traceability in legal and industrial metrology. *MAPAN*, 37(3), 693–701. https://doi.org/10.1007/s12647-022-00594-x

[20] Puchała, A., & Czarnecki, M. (2012). Interpretacja wyników wzorcowania zawartych w świadectwach wzorcowania wyposażenia pomiarowego. *Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa*, 50.

[21] Puchała, A., & Czarnecki, M. (2012). Wzorcowanie jako forma nadzoru metrologicznego nad wyposażeniem pomiarowym. *Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa*, 50, 38-41.

[22] Yang, Y., Bai, J., Duan, X., Meng, J., Chen, H., & Gao, B. (2024). Digitalization of basic error and measurement uncertainty of reference meters for electrical energy by utilizing Digital Calibration Certificate (DCC). *Measurement Sensors*, 38, 101501. https://doi.org/10.1016/j.measen.2024.101501

Posłowie

Współczesna technika osiągnęła poziom rozwoju, który jeszcze kilkadziesiąt lat temu wydawał się niemożliwy. Przyrządy pomiarowe stały się dokładniejsze, szybsze i bardziej zautomatyzowane niż kiedykolwiek wcześniej. Wraz z tym postępem pojawiło się jednak niebezpieczne zjawisko społeczne i zawodowe: przekonanie, że złożoność technologii może zastąpić wiedzę człowieka.

Coraz częściej spotyka się użytkowników urządzeń, którzy potrafią obsłużyć aparat, lecz nie rozumieją zjawisk fizycznych, chemicznych lub biologicznych, które ten aparat mierzy bądź wykorzystuje. Znajomość instrukcji obsługi bywa błędnie utożsamiana z kompetencją. Tymczasem pomiędzy umiejętnością uruchomienia urządzenia a zdolnością prawidłowej interpretacji jego wskazań istnieje różnica fundamentalna.

Historia techniki pokazuje, że źródłem największych błędów nie są zwykle uszkodzone przyrządy, lecz błędne decyzje podejmowane przez ludzi przekonanych o własnej nieomylności. Zarozumiałość, intelektualne lenistwo, powierzchowna wiedza oraz lekceważenie ograniczeń własnych kompetencji wielokrotnie okazywały się groźniejsze od wad sprzętu. Człowiek przekonany, że wie wszystko, przestaje zadawać pytania. Człowiek przekonany, że urządzenie nie może się mylić, przestaje analizować rzeczywistość.

W praktyce zawodowej można zaobserwować zjawisko szczególnie niebezpieczne: autorytet kosztownej aparatury bywa wykorzystywany do ukrywania braków wiedzy. Im bardziej skomplikowane staje się urządzenie, tym mniej osób odważa się kwestionować uzyskany wynik. W efekcie użytkownik zaczyna wierzyć nie faktom, lecz wyświetlaczowi. Nie analizuje już zjawiska, lecz odczytuje komunikat. Nie poszukuje przyczyn, lecz ufa procedurze. Nie myśli, ponieważ zrobiła to za niego maszyna. A przynajmniej tak mu się wydaje.

Taka postawa pozostaje równie błędna w medycynie, stomatologii, gazownictwie, elektroenergetyce, geodezji, technice sanitarnej i każdej innej dziedzinie wykorzystującej wyniki pomiarów. Żaden analizator, detektor, elektrokardiograf, system GNSS ani najbardziej zaawansowane oprogramowanie nie posiadają zdolności rozumienia rzeczywistości. Rozumienie pozostaje wyłączną domeną człowieka. Aparatura dostarcza danych. Wnioski formułuje człowiek. Odpowiedzialność ponosi również człowiek.

Dlatego świadectwo wzorcowania ma znaczenie większe, niż mogłoby się wydawać. Jest ono nie tylko dokumentem technicznym. Jest również przypomnieniem, że każdy wynik pomiaru posiada określone ograniczenia, warunki ważności oraz niepewność. Świadectwo wzorcowania nie gwarantuje prawdy. Potwierdza jedynie, że użytkownik zna granice zaufania, jakie wolno przypisać wynikowi pomiarowemu.

Największym zagrożeniem dla bezpieczeństwa nie jest więc brak technologii. Znacznie groźniejsze bywa bezkrytyczne uwielbienie technologii. Niebezpieczny nie jest człowiek, który wie, że czegoś nie rozumie. Niebezpieczny staje się ten, który nie rozumie, a mimo to jest przekonany o własnej kompetencji wyłącznie dlatego, że dysponuje kosztownym urządzeniem lub nowoczesnym certyfikatem.

Postęp techniczny nie zwalnia z myślenia. Przeciwnie. Im doskonalsze stają się narzędzia, tym większej wiedzy, odpowiedzialności i pokory wymagają od swoich użytkowników. W świecie nowoczesnej techniki pokora nie jest oznaką słabości. Jest warunkiem bezpieczeństwa. Między urządzeniem a decyzją zawsze znajduje się człowiek. To nie aparat, lecz jego użytkownik odpowiada za skutki błędu. Dlatego ostatnim ogniwem każdego systemu jakości, każdego systemu metrologicznego i każdego systemu bezpieczeństwa pozostaje nie przyrząd, nie procedura i nie certyfikat, lecz kompetentny człowiek zdolny powiedzieć: „sprawdzam, ponieważ nawet najlepsza technologia nie zwalnia mnie z obowiązku myślenia".