

STATYSTYKA W LABORATORIUM BADAWCZYM I POMIAROWYM

dr inż. Roman Tabisz, Politechnika Rzeszowska; Laboratorium Badań i Kalibracji „LABBiKAL”

Wprowadzenie

Skuteczność metod statystycznego sterowania procesami wytwarzania, oraz wiarygodność wyników zaprojektowanych i wykonanych eksperymentów przemysłowych, zależy nie tylko od właściwego wybrania odpowiednich algorytmów, ale także i to w dużym stopniu od prawdziwości liczbowych danych przetwarzanych w tego rodzaju operacjach.

Te liczbowe dane są wynikami badań i pomiarów wykonanych bezpośrednio w toku produkcji lub poza procesem wytwarzania w różnego rodzaju laboratoriach badających zgodność wyrobów z wymaganiami odpowiednich specyfikacji technicznych.

Prawdziwość wyników pomiarów zależy głównie od dwóch czynników. Od kompetencji technicznych laboratorium które wykonało pomiary, oraz od tego czy pomiary wykonane były w warunkach spójności pomiarowej.

Każda nowoczesna wytwórnia w trosce o prawdziwość przetwarzanych danych liczbowych rozwija więc **laboratoria badawcze** sprawdzające zgodność wyrobów z wymaganiami, oraz **laboratoria pomiarowe** zapewniające warunki spójności pomiarowej dla wszystkich przyrządów i systemów pomiarowych stosowanych w laboratoriach badawczych, w procesach wytwarzania, oraz w kontroli jakości. Wiele przemysłowych laboratoriów ma uniwersalny charakter i wykonuje zarówno badania zgodności jak i kalibracje aparatury pomiarowej. Można je więc traktować jako **laboratoria badawczo-pomiarowe**.

Wyniki badania zgodności lub wyniki kalibracji są liczbami których wartość jest tylko w pewnym stopniu zbliżona do prawdziwej wartości wielkości mierzonej. Każdemu wynikowi pomiaru można więc przypisać pewien przedział wartości (niepewność) w którym z określonym prawdopodobieństwem powinna mieścić się nieznaną wartość prawdziwa.

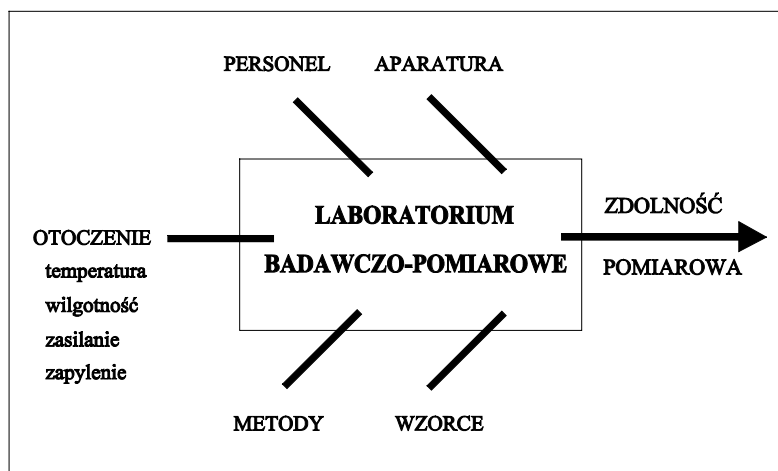
Liczbową wartość tego przedziału jest miarą niepewności wyniku badania lub kalibracji i decyduje o zdolności pomiarowej danego laboratorium. Zdolność ta zależy od wielu czynników a jej określanie i monitorowanie wymaga stosowania procedur statystycznych, które można wybrać z kilkuset dostępnych w pakiecie *STATISTICA*.

W niniejszym opracowaniu przedstawiono przykłady takich procedur przydatnych w laboratoriach badawczo-pomiarowych do monitorowania temperatury i wilgotności w pomieszczeniach laboratorium, oceny dokładności przyrządów pomiarowych, oraz monitorowania zmian zdolności pomiarowej laboratorium.

Czynniki wpływające na zdolność pomiarową laboratorium

Zdolność pomiarowa danego laboratorium (najmniejsza uzyskiwana niepewność wyników badań lub pomiarów), zależy od wielu czynników. Czynniki te ulegają losowym zmianom a to powoduje losowe zmiany zdolności pomiarowej.

Zespół głównych czynników wpływających na wartość niepewności wyników badań lub kalibracji wykonywanych w danym laboratorium przedstawiony jest na rys1. w postaci diagramu podobnego do diagramu Ishikawy.



Rys.1. Diagram przedstawiający główne czynniki wpływające na zdolność pomiarową

Laboratorium

Laboratoria starają się o utrzymanie swojej zdolności pomiarowej w takich granicach, aby uzyskiwane wyniki nie były wynikami odstającymi od wyników uzyskanych dla tego samego obiektu badanego w podobnych warunkach ale w innych laboratoriach.

Starania te mają na celu uniknięcie niepożądanych sytuacji, takich w których przetwarzane nieprawdziwe dane liczbowe powodują w konsekwencji błędne decyzje podejmowane w procesie sterowania jakością wytwarzanych wyrobów.

Laboratoria badawczo- pomiarowe powinny więc opracować, stosować i doskonalić własne systemy zapewniania jakości wyników badań i kalibracji, wykorzystujące odpowiednie metody statystyczne pozwalające na monitorowanie zmienności istotnych czynników wpływających na swoją zdolność pomiarową, badanie stopnia ich wpływu na niepewność uzyskiwanych wyników, oraz na porównywanie własnych wyników z wynikami uzyskiwanymi w innych podobnych laboratoriach.

Stosowanie i doskonalenie systemów zapewniania jakości badań i kalibracji w laboratoriach badawczo-pomiarowych wymaga więc gromadzenia dużej ilości danych pomiarowych, których analizę oraz graficzną prezentację jej wyników najwygodniej



wykonać obecnie za pomocą komputerowego programu przeznaczonego do analiz statystycznych. Programy tego rodzaju do których należy pakiet *STATISTICA PL* zawierające setki różnego rodzaju procedur mają uniwersalny charakter i mogą być stosowane w różnych dziedzinach.

Mogą być też z powodzeniem zastosowane w laboratoriach badawczo-pomiarowych, pod warunkiem właściwego doboru odpowiedniej procedury do charakteru zadania wykonywanego w danym laboratorium. Parametry liczbowe stosowanej procedury statystycznej powinny być tak dobrane aby interpretacja uzyskanych wyników analiz statystycznych zgodna była z wymaganiami najnowszych zaleceń normalizacyjnych i metrologicznych dotyczących terminologii, metodyki badań i pomiarów oraz akredytacji laboratoriów badawczych i pomiarowych.

Niżej opisano wybrane przykłady zastosowania procedur dostępnych w pakiecie *STATISTICA* do rozwiązywania takich zadań w laboratoriach badawczo- pomiarowych jak:

- A - monitorowanie zmian temperatury i wilgotności w laboratorium**
- B - ocena dokładności przyrządu pomiarowego**
- C - monitorowanie zmian zdolności pomiarowej laboratorium**

Przykład - A. Monitorowanie zmian temperatury i wilgotności w laboratorium

Ważnym czynnikiem brany pod uwagę przy ocenie kompetencji technicznych Laboratoriów badawczo-pomiarowych jest ich udokumentowana działalność w środowisku które nie powoduje zniekształcenia wyników prowadzonych badań. Laboratoria powinny więc posiadać opracowaną i wdrożoną procedurę umożliwiającą określenie tego, czy i w jakim stopniu zmiany czynników środowiskowych mają wpływ na wyniki badań i kalibracji.

Procedury tego rodzaju mogą być różne, ale obecny stan techniki pozwala na zastosowanie mikroprocesorowego systemu monitorującego „non-stop” i rejestrującego w odpowiednich odstępach czasu wartości parametrów decydujących o stanie środowiska panującego w pomieszczeniu laboratorium. Parametrami tymi mogą być: temperatura, wilgotność, zapylenie, poziom zakłóceń elektromagnetycznych i energetycznych.

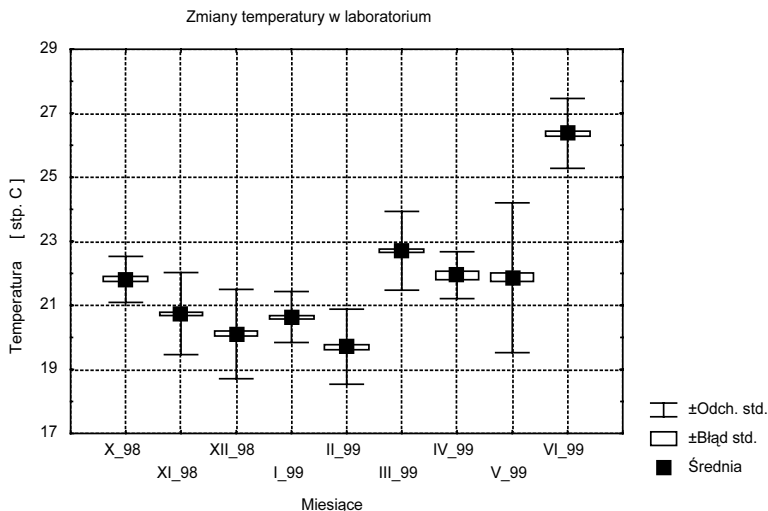
Zarejestrowane w pamięci mikroprocesorowego systemu wyniki monitorowania mogą być okresowo przesyłane do pamięci komputera typu PC i analizowane za pomocą odpowiednich procedur statystycznych.

W opisywanym przykładzie przedstawione są wyniki kilkumiesięcznego monitorowania i rejestracji temperatury i wilgotności w laboratorium badawczo-pomiarowym. Wyniki te zgromadzone zostały najpierw w pamięci systemu mikroprocesorowego a następnie przesłano je interfejsem RS-232 do pamięci komputera typu PC. W komputerze PC pogrupowano je tak, aby możliwa była ich statystyczna analiza odrębna dla każdego miesiąca kalendarzowego.

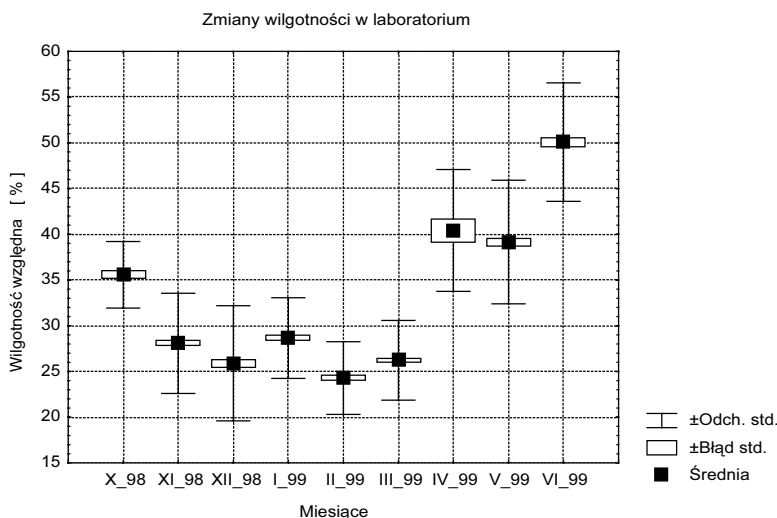


Analiza ta została wykonana przy użyciu procedury *Wykres ramkowy* dostępnej w module *Podstawowe statystyki* programu komputerowego *STATISTICA*.

Na rys.2. przedstawiony jest wykres zmian temperatury, a na rys.3. wykres zmian wilgotności w pomieszczeniu laboratorium w którym wykonywano badania i pomiary opisane w następnych przykładach. Dzięki takiej a nie innej graficznej prezentacji zmian temperatury i wilgotności można wyciągać dodatkowe wnioski dotyczące zmienności uzyskiwanych wyników badań w różnych okresach działalności laboratorium.



Rys.2. Wykres ramkowy zmian temperatury w laboratorium badawczo-pomiarowym



Rys.3. Wykres ramkowy zmian wilgotności w laboratorium badawczo-pomiarowym



Przykład - B. Ocena dokładności wskazań mikroprocesorowego grubościomierza

Dokładność, zgodnie z najnowszą definicją jest właściwością przyrządu pomiarowego zapewniającą bliskość jego wskazań wartości prawdziwej znajdującej się na zaciskach pomiarowych przyrządu podczas wykonywania pomiaru. Wartość prawdziwa najczęściej reprezentowana jest przez wzorzec lub materiał odniesienia. Pojęcie dokładności ma więc charakter jakościowy i dlatego właściwości tej nie można wyrazić żadną miarą mającą postać pojedynczej liczby.

Chcąc więc jednoznacznie ocenić dokładność danego przyrządu pomiarowego należy dysponować odpowiednim wzorcem wielkości mierzonej (lub kompletem takich wzorców) i wykonać serie powtórzeń jego pomiarów za pomocą ocenianego przyrządu pomiarowego. Dysponując uzyskanymi w ten sposób wynikami można stosując odpowiednie procedury statystyczne obliczyć miary dwóch istotnych cech ocenianego przyrządu pomiarowego, decydujących o jego dokładności.

Cechami tymi są **poprawność i precyzja wskazań**. Miarą poprawności wskazań ocenianego przyrządu pomiarowego jest wartość błędu systematycznego wyznaczona jako różnica pomiędzy wartością średnią z serii pomiarów a wartością prawdziwą reprezentowaną przez mierzony wzorzec lub materiał odniesienia. Miarą precyzji jest odchylenie standardowe wyników pomiarów, uzyskanych z serii powtórzeń dla tego samego wzorca lub materiału odniesienia. Jeżeli powtórzenia uzyskano w warunkach powtarzalności to precyzję tego rodzaju można nazwać – **powtarzalnością**.

Obliczenie miar poprawności i precyzji (powtarzalności) nie jest trudne i można do tego celu wykorzystać kalkulator posiadający możliwość obliczania podstawowych statystyk. Można jednak zastosować, znaną z dziedziny statystycznego sterowania jakością, komputerową procedurę przeznaczoną do analizy wydolności procesu wytwarzania. Zastosowanie takiej procedury umożliwi uzyskanie przejrzystej graficznej prezentacji wyników oceny dokładności przyrządu pomiarowego, obrazującej na jednym rysunku obydwie składowe – ocenianej dokładności: poprawność i precyzję.

W opisywanym przykładzie przedstawiono wyniki oceny dokładności mikroprocesorowego grubościomierza przeznaczonego do pomiaru grubości powłok niemagnetycznych naniesionych na podłoża magnetyczne. Grubościomierz mierzy grubość takich powłok **w zakresie od 0-1000 μm , z dokładnością deklarowaną przez producenta: (+/- 3% wartości mierzonej +/- 1 μm).**

Istota metody pomiarowej realizowanej za pomocą badanego grubościomierza, polega na tym, że czujnik elektromagnetyczny przykładany jest do mierzonej powłoki, która tworzy szczelinę magnetyczną, pomiędzy czujnikiem a podłożem magnetycznym o grubości równej grubości mierzonej powłoki. Zmiana grubości powłoki powoduje więc zmianę sprzężenia magnetycznego pomiędzy uzwojeniami wtórnym i pierwotnym czujnika. Wartość amplitudy napięcia zmiennego indukowanego w uzwojeniu wtórnym czujnika jest więc funkcją grubości mierzonej powłoki. Funkcja ta jest nieliniowa i wymaga



zastosowania procedury linearyzacji która w przypadku przyrządu mikroprocesorowego realizowana jest programowo.

Ze względu na to, że różne podłoża magnetyczne mają różne wartości współczynnika przenikalności magnetycznej konieczna jest kalibracja takiego przyrządu uwzględniająca rodzaj podłoża na którym naniesiona jest powłoka której grubość jest mierzona. Funkcja kalibracji może być zapisywana każdorazowo w pamięci grubościomierza.

Producent dostarcza grubościomierz wyposażony w funkcję kalibracji uzyskaną w warunkach odniesienia dla wzorców grubości naniesionych na podłoże o określonym współczynniku przenikalności magnetycznej. W konkretnych warunkach może się okazać, że zapisana w pamięci grubościomierza funkcja kalibracji przygotowana przez producenta powoduje błędne wyniki pomiarów, których wartości nie mieszczą się w granicach błędów dopuszczalnych wynikających z deklaracji producenta.

W opisywanym przykładzie oceniano dokładność mikroprocesorowego grubościomierza mierząc nim wzorec o grubości 215 μm naniesiony na podłoże magnetyczne o nieznanym współczynniku przenikalności magnetycznej. Wykonano najpierw serię pomiarów (35 powtórzeń) zachowując w pamięci ocenianego grubościomierza funkcję kalibracji przygotowaną przez producenta. Następnie wykonano kalibrację własną, zapisano jej rezultat w pamięci grubościomierza i wykonano kolejną serię 35 powtórzeń. Na rys. 4 przedstawione są wyniki pierwszej serii pomiarów wzorca 215 μm wykonanych z zastosowaniem funkcji kalibracji przygotowanej przez producenta. Natomiast na rys. 5. wyniki drugiej serii pomiarów tego samego wzorca wykonanych z zastosowaniem kalibracji własnej.

Obydwa rysunki 4 i 5 zostały wykonane przy użyciu procedury *Analiza wydolności procesu (maszyny) i przedziały tolerancji* dostępnej w programie *STATISTICA Process Analysis* (Analiza procesu). Procedura ta przeznaczona jest do oceny wydolności procesu wytwarzania, ale może być śmiało używana do oceny dokładności przyrządu pomiarowego. Pozwala bowiem na graficzną prezentację rozrzutu uzyskanych wyników pomiarów w danej serii powtórzeń w postaci histogramu naniesionego na skali wartości mierzonej, na której dodatkowo prezentowane są graniczne wartości dopuszczalnych błędów wynikające z deklaracji producenta zapisanej w instrukcji obsługi badanego grubościomierza.

Ponieważ mierzony wzorec reprezentował wartość grubości powłoki równą 215 μm , a deklaracja dokładności gwarantowanej przez producenta miała postać:

$$(+/- 3\% \text{ wartości mierzonej } +/- 1 \mu\text{m})$$

można było wyliczyć, że:

$$\text{Dolna Granica Błędu - DGB} = (-0,03 * 215 \mu\text{m} - 1 \mu\text{m}) = -7,45 \mu\text{m}$$

$$\text{Górna Granica Błędu - GGB} = (+0,03 * 215 \mu\text{m} + 1 \mu\text{m}) = +7,45 \mu\text{m}$$

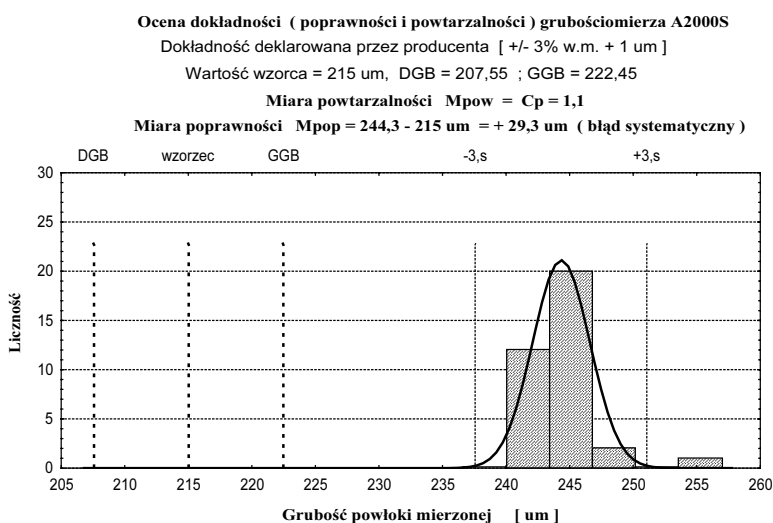
Uwzględniając wartość nominalną grubości reprezentowaną przez wzorzec równą:

$$X_N = 215 \mu\text{m}$$

można powiedzieć, że grubościomierz będzie mierzył z dokładnością nie gorszą od dokładności deklarowanej przez jego producenta, jeżeli każdy pojedynczy wynik z serii wykonanych powtórzeń będzie się mieścił w granicach:

$$\text{od DGB} = 207,55 \mu\text{m} \text{ do GGB} = 222,45 \mu\text{m}$$

Na rysunku 4 przedstawiona jest graficzna ocena dokładności grubościomierza mierzącego wzorzec $215 \mu\text{m}$ przy wykorzystaniu funkcji kalibracji przygotowanej przez producenta, a na rysunku 5 graficzna ocena dokładności tego samego grubościomierza, mierzącego ten sam wzorzec ale przy wykorzystaniu kalibracji własnej.



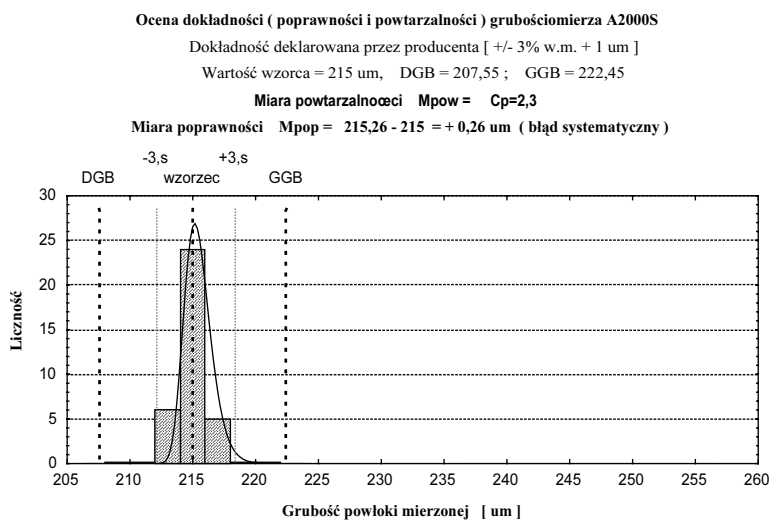
Rys.4. Ocena dokładności grubościomierza mierzącego wzorzec o grubości $215 \mu\text{m}$ przy wykorzystaniu funkcji kalibracji producenta.

Z przedstawionej na rysunku 4 graficznej oceny dokładności mikroprocesorowego grubościomierza mierzącego przy wykorzystaniu funkcji kalibracji przygotowanej przez producenta, jednoznacznie wynika że, przyrząd ten mierzy bardzo niepoprawnie ponieważ wyniki pomiarów wzorca o grubości $215 \mu\text{m}$ obarczone są dużym błędem systematycznym, będącym miarą poprawności i wynoszącym $M_{\text{pop}} = +29,3 \mu\text{m}$. Precyzja(powtarzalność) wskazań tego grubościomierza jest na granicy możliwej do przyjęcia, ponieważ rozrzut wyników daje przedział $\pm 3\delta$ jest nieco mniejszy od przedziału wyznaczonego przez granice błędu dopuszczalnego **GGB – DGB**. Względną miarą precyzji może być, stosunek wartości długości tych przedziałów, który w zastosowanej procedurze oceny wydolności procesu wyliczany jest w tym przypadku jako współczynnik $C_p = 1,1$.



Wniosek wynikający z wyżej przedstawionej oceny dokładności jest więc jednoznaczny. Grubościomierzem wykorzystującym funkcję kalibracji przygotowaną przez producenta nie można mierzyć grubości powłok naniesionych na takie podłoże jakie zostało użyte do oceny jego dokładności w laboratorium. Konieczne jest więc wykonanie kalibracji własnej i ponowna ocena dokładności grubościomierza dokonana na podstawie wyników kolejnej serii powtórzeń pomiarów tego samego wzorca.

Na rys.5 przedstawiono wyniki oceny dokładności grubościomierza mierzącego przy wykorzystaniu własnej funkcji kalibracji wyznaczonej w tym samym laboratorium.



Rys.5. Ocena dokładności grubościomierza mierzącego wzorec o grubości 215 μm przy wykorzystaniu własnej funkcji kalibracji

Z przedstawionej na rysunku 5 graficznej oceny dokładności wynika jednoznacznie że ten sam grubościomierz może mierzyć grubości powłok na podłożu zastosowanym w laboratorium z dokładnością znacznie lepszą od dokładności wynikającej z deklaracji jego producenta. Mierzy bowiem (po wykonaniu kalibracji własnej) bardzo poprawnie i precyzyjnie. Błąd systematyczny będący miarą poprawności jego wskazań wynosi w tym przypadku tylko $M_{pop} = 0,26 \mu\text{m}$, a precyzja wskazań jest znakomita. Jej względna miara $C_p = 2,3$ wskazuje że rozrzut wyników wyrażony przez przedział +/- 3σ , ponad dwukrotnie mieści się w przedziale wyznaczonym przez granice błędu dopuszczalnego wynikającego z deklaracji producenta. Oznacza to, że na milion starannie wykonanych powtórzeń tylko 3-4 wyniki mogą znaleźć się poza dopuszczalnymi granicami błędu wynikającymi z deklaracji producenta.

Przykład ten wyraźnie pokazuje jak ważną sprawą przy **ocenie przydatności** (walidacji) metod i przyrządów pomiarowych stosowanych w laboratoriach badawczych i pomiarowych, jest dobra znajomość istoty danej metody pomiarowej, właściwości stosowanej aparatury, oraz współcześnie obowiązującej terminologii metrologicznej,



pozwalającej na właściwy dobór odpowiednich procedur statystycznych umożliwiających przejrzystą, graficzną prezentację wyników tego rodzaju ocen.

Przykład – C. Monitorowanie zmian zdolności pomiarowej laboratorium

Najlepsza zdolność pomiarowa jest to **najmniejsza niepewność wzorcowania**, jaką w określonych warunkach może uzyskać laboratorium pomiarowe dla danego wzorcowania lub rodzaju wzorcowania.

Można definicję tę zastosować także w laboratoriach badawczych i próbować oceniać ich zdolność do pomiaru danej wielkości poprzez przyjęcie akceptowalnej wartości niepewności wyników pomiarów danej wielkości mierzonej wykonywanych w danym laboratorium według ściśle określonej procedury, a następnie monitorowanie zmienności uzyskiwanych wyników w czasie.

W opisywanym przykładzie dokonano próby oceny zdolności pomiarowej laboratorium do pomiaru grubości powłok grubościomierzem przygotowanym tak jak to opisano w przykładzie B i mierzącym przy wykorzystaniu funkcji kalibracji własnej. Założono wstępnie poziom akceptowalnej niepewności wyników pomiarów, a następnie monitorowano ich stabilność w czasie w celu ustalenia występowania sytuacji w których wyniki znajdują się poza ustalonymi granicami wynikającymi z założonego poziomu niepewności.

Ponieważ miarą niepewności wyniku pomiaru wyliczanego jako średnia wartość z wyników uzyskanych w serii powtórzeń jest odchylenie standardowe wartości średniej (lub jego wielokrotność) do monitorowania zmienności uzyskiwanych wyników wykorzystano procedurę: *Karty \bar{X} -średnie i R przy ocenie liczbowej* dostępną w module *Stewowanie jakością* programu komputerowego *STATISTICA*.

Założono, że w praktyce personel laboratorium będzie w miarę starannie wykonywał 15 powtórzeń pomiaru tej samej wielkości. Przyjęto, że dopuszczalny rozrzut wyników pojedynczych pomiarów wzorca 215 μm powinien być taki aby przedział $\pm 3\delta$, mieścił się 1,6 razy w przedziale wyznaczonym przez granice błędu GGB-DGB wynikające z dokładności deklarowanej przez producenta grubościomierza. W związku z tym wartość miary rozrzutu (odchylenia standardowego) pojedynczych wyników pomiaru, dla tak zdefiniowanego procesu pomiarowego powinna wynosić:

$$\delta_0 = [(222,45 - 207,55) / 6 * 1,6] = 1,55 \mu\text{m}.$$

Przy 15 powtórzeniach pomiaru tego samego wzorca 215 μm i ustalaniu wyniku pomiaru jako średniej wartości z tych powtórzeń, **akceptowalna przez kierownictwo laboratorium standardowa niepewność** tak wykonanego wyniku pomiaru grubości powinna wynosić $U_s = 1,55 / \text{pierwiastek kwadratowy z } 15 = 1,55 \mu\text{m} / 3,87 = 0,40 \mu\text{m}$.

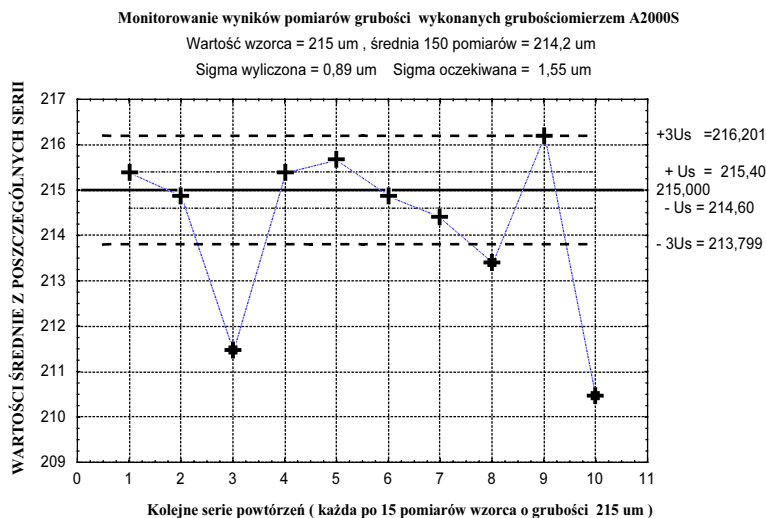


W celu sprawdzenia możliwości wykonywania w laboratorium pomiarów grubości powłok grubościomierzem opisanym w przykładzie B, z akceptowalną niepewnością standardową $U_s = 0,40 \mu\text{m}$, wykonywano w nieregularnych odstępach czasu kalibrację własną grubościomierza a następnie serię 15 powtórzeń pomiaru wzorca o grubości $215 \mu\text{m}$.

Wykonano 10 takich serii powtórzeń na przestrzeni czasu około 2 miesięcy. Powtórzenia te wykonane były przez różne osoby. W celu zobrazowania zmienności uzyskiwanych wyników w czasie, oraz ich ewentualnych odchyień od założonych granic, wykonano kartę kontrolną \bar{X} wykorzystując wyżej wymienioną procedurę programu komputerowego *STATISTICA*. Procedura ta pozwala na wykreślenie linii kontrolnych odpowiadających wartości akceptowalnej niepewności standardowej U_s , oraz linii granicznych odpowiadających akceptowalnej niepewności rozszerzonej $3*U_s$, w których na poziomie ufności **0,997** powinny zmieścić się wszystkie wyniki pomiarów grubości uzyskiwane jako średnia z 15 powtórzeń pomiarów tego samego wzorca o grubości $215 \mu\text{m}$.

Na rysunku 6 przedstawione są wyniki monitorowania zdolności laboratorium do pomiaru grubości powłok wykonywanego według następującej procedury:

kalibracja własna grubościomierza, 15 powtórzeń pomiaru wzorca o grubości $215 \mu\text{m}$, oraz wyliczenie średniej wartości z wykonanej serii jak ostatecznego wyniku pomiaru grubości.



Rys.6. Karta kontrolna \bar{X} monitorująca zmienność wyników pomiarów grubości powłoki wzorcowej $215 \mu\text{m}$ grubościomierzem, na tle z góry założonej zdolności pomiarowej laboratorium

Przedstawione na rysunku 6 wyniki monitorowania pozwalają na potwierdzenie przyjętego założenia o zdolności laboratorium do pomiarów grubości powłok z niepewnością standardową $U_s = 0,40 \mu\text{m}$. Widoczne na karcie kontrolnej trzy przypadki, w których



wyniki pomiaru wypadły poza linie graniczne odpowiadające niepewności rozszerzonej $3*U_s$ były spowodowane prawdopodobnie kprzez niestaranną kalibrację grubościomierza. Inną przyczyną zmienności uzyskiwanych wyników pomiarów mogły być również znaczne zmiany temperatury i wilgotności powietrza w laboratorium zarejestrowane i przedstawione na rysunkach 2 i 3 w przykładzie A. Obydwe wymienione przyczyny możliwe są do usunięcia.

Podsumowanie

Opisane przykłady pokazują dużą przydatność uniwersalnych komputerowych procedur statystycznych dostępnych w pakiecie *STATISTICA* do analizy i graficznej prezentacji wyników badań i kalibracji wykonywanych w Laboratoriach Badawczo – Pomiarowych.

Umiejętne dobranie tych procedur do charakteru wykonywanych zadań, pozwala na interpretację uzyskiwanych wyników zgodną z wymaganiami najnowszych zaleceń normalizacyjnych dotyczących terminologii metrologicznej oraz wymagań akredytacyjnych.

Rośnie ostatnio znaczenie międzylaboratoryjnych badań porównawczych w różnych dziedzinach: medycynie, ochronie środowiska oraz w różnego rodzaju wytwórniach przemysłowych. Zgodnie z zaleceniami międzynarodowych norm, wyniki takich badań powinny być analizowane odpowiednimi metodami statystycznymi. Metody te można realizować stosując odpowiednio dobrane procedury dostępne w uniwersalnym pakiecie *STATISTICA*.