

Wyjaśnienia dotyczące postępowania z niepewnością towarzyszącą ciągłym pomiarom emisji do powietrza¹.

Obowiązujące rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2014 r., w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody (Dz.U. 2019 poz. 2286) określa zasady postępowania z niepewnościami pomiarowymi w przypadku ciągłego monitorowania emisji do powietrza, w celu oceny dotrzymywania standardów emisyjnych. Uwagi zawarte w załącznikach nr 1 i nr 3 do tego rozporządzenia określają reguły dla obliczania wartości 95% przedziału ufności pojedynczego wyniku pomiaru, dla dużych obiektów spalania paliw (LCP) oraz instalacji współspalania i spalania odpadów (WI)². Ponadto przepisy te wskazują, że (w przypadku LCP) zatwierdzone wartości średnie jednogodzinne i średnie dobowe³ stężeń substancji określa się na podstawie ważnych pomiarowych wartości średnich jednogodzinnych po odjęciu wartości przedziału ufności.

Powyższe zapisy w praktyce oznaczają, że dotrzymywanie standardów emisyjnych oceniane jest w oparciu o uśrednione wyniki pomiarów ciągłych, pomniejszone o niepewność rozszerzoną dla przedziału ufności równego 95%. Jednocześnie, odejmowana niepewność nie może być, dla danego zanieczyszczenia, większa niż określony w rozporządzeniu procent standardu emisyjnego.

Niepewność rozszerzoną (U) można opisać jako wielkość określającą przedział wokół uzyskanego wyniku, w którym należy się spodziewać wystąpienia wartości oczekiwanej („prawdziwej”) z prawdopodobieństwem równym przyjętemu poziomowi ufności (zazwyczaj jest 95% poziom ufności).

$$U = k * u$$

gdzie:

¹ Zaprezentowane wytyczne odnoszą się w sposób ogólny do zasad uwzględniania niepewności pomiarowej towarzyszącej ciągłym pomiarom emisji do powietrza, przy ocenie dotrzymywania granicznych wielkości emisyjnych. Ich stosowanie nie powinno być więc ograniczone np. do dużych obiektów spalania czy instalacji do termicznego przekształcania odpadów.

² Ponadto załącznik nr 5 rozporządzenia w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody, określa sposoby uwzględniania niepewności pomiarowej w odniesieniu do instalacji produkujących dwutlenek tytanu.

³ W przypadku WI wartości średnie dobowe są wyznaczone na podstawie wartości średnich trzydziestominutowych lub dziesięciominutowych stężeń substancji zmierzonych w czasie eksploatacji instalacji i urządzenia spalania lub współspalania odpadów, z wyłączeniem okresów rozruchu i wyłączenia instalacji i urządzenia spalania lub współspalania odpadów o ile w trakcie ich trwania nie są spalane odpady, po odjęciu wartości przedziału ufności.

k – współczynnik rozszerzenia, którego wartość przy założeniu rozkładu normalnego wielkości mierzonej, dla poziomu ufności 95% jest równa 1,96 (często wartość współczynnika zaokrąglana jest do 2)

u – niepewność standardowa, oznaczająca parametr związany z wynikiem pomiaru, charakteryzujący rozrzut wartości, które można w uzasadniony sposób przypisać wielkości mierzonej, wyrażony jako odchylenie standardowe.

Jest to podejście wynikające wprost z transpozycji załączników V i VI dyrektywy 2010/75/UE w sprawie emisji przemysłowych (IED), które tak jak i przywołane przepisy krajowe nie odnoszą się bezpośrednio do Konkluzji BAT.

Opisana pokrótce kwestia wpływu niepewności pomiarowej na ocenę dotrzymania wymagań emisyjnych odzwierciedla niedoskonałość automatycznych systemów pomiarowych (AMS), które w oparciu o dostępny poziom wiedzy, stopień zawansowania technicznego urządzeń i przy zastosowaniu aktualnych norm, nie są w stanie zagwarantować 100% dokładności wyników.

Termin wynik pomiaru odnosi się do pojęcia wielkości mierzonej rozumianej jako określona cecha ilościowa stanowiąca przedmiot pomiaru. W wyniku pomiaru uzyskiwana jest wielkość nazywana wielkością zmierzoną, która różni się od wielkości mierzonej. Wynik pomiaru należy więc traktować jako oszacowanie wielkości mierzonej i jest on kompletny oraz wiarygodny, gdy zawiera zarówno wartość wielkości zmierzonej, jak i niepewność pomiaru, związaną z uzyskanym wynikiem.

Możliwość rozliczania niepewności pomiarowej na korzyść prowadzącego instalację uwzględnia więc niedoskonałość dostępnych metod pomiarowych i oznacza, że ewentualne sankcje związane z niedotrzymaniem emisji dopuszczalnej, mają zastosowanie gdy przekroczenie jest „pewne” - na 95%. Warto tu podkreślić, że pomniejszanie wyników pomiarów o niepewność pomiarową ma zastosowanie wyłącznie w odniesieniu do oceny zgodności z dopuszczalnymi wielkościami emisji. W innych przypadkach np. na potrzeby obliczania wysokości opłat za korzystanie ze środowiska tzw. raport masowy emisji, powinien być generowany bez uwzględniania niepewności pomiaru. Także w przypadkach, gdzie stwierdzone zostanie przekroczenie emisji dopuszczalnej, wielkość przekroczenia powinna być określana na podstawie wielkości zmierzonej, niekorygowanej o niepewność pomiaru.

Powyższe reguły są jednakowo prawdziwe zarówno dla AMS wykorzystywanych do oceny dotrzymania standardów emisyjnych jak i granicznych wielkości emisyjnych (BAT AELs). Dlatego też w odniesieniu do tych drugich wielkości, na potrzeby oceny ich dotrzymania, także zasadne wydaje się odjęcie niepewności pomiarowej od ważnego wyniku pomiaru aby w przypadku stwierdzenia ewentualnego przekroczenia mieć możliwie dużą pewność, że ono faktycznie nastąpiło.. Takie podejście znajduje potwierdzenie w treści Raportu referencyjnego JRC na temat ogólnych zasad monitorowania emisji z instalacji IED⁴ gdzie w punkcie 3.4.4.3 *Niepewność pomiaru* wskazano, że:

„W celu oceny zgodności, niepewność rozszerzona może być brana pod uwagę dla każdego wyniku pomiaru lub dla średniej, przed porównaniem wartości z wartością dopuszczalną podaną w pozwoleniu. Jeśli chodzi o porównanie, w państwach członkowskich istnieją różne podejścia. W przypadku emisji do powietrza najczęstszym podejściem jest odjęcie niepewności pomiaru od wyniku i wykorzystanie

⁴ <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/monitoring-emissions-air-and-water-ied-installations-0>

uzyskanej wartości do dalszej oceny. Ogólnie dobrą praktyką jest opisanie, czy/jak jest brana pod uwagę niepewność pomiaru.”

Ponadto, podobne praktyki obowiązują w większość Krajów Członkowskich UE (jak również w UK). Należy jednak zaznaczyć, że sposoby rozliczania niepewności pomiarowej mogą się różnić między Krajami Członkowskimi.

W odniesieniu do Konkluzji BAT i zasad uwzględniania niepewności towarzyszących ciągłym pomiarem emisji do powietrza, dodatkowego wyjaśnienia wymaga jeszcze kilka kwestii wynikających z odmiennych sposobów wyrażania BAT AELs i standardów emisyjnych oraz różnych substancji objętych zakresem poszczególnych regulacji.

W pierwszej kolejności warto zwrócić uwagę na maksymalną niepewność pomiaru wyrażoną w ww. rozporządzeniu jako procent standardu emisyjnego. W przypadku LCP określono ją dla czterech substancji (SO₂, NO_x, pyłu i CO) a w przypadku WI dodatkowo dla kolejnych trzech (HCl, HF i całkowitego LZO). W sumie obejmuje to niemal wszystkie uwzględnione w Konkluzjach BAT zanieczyszczenia (poza Hg i NH₃), które zgodnie z tymi decyzjami monitorowane mogą być w sposób ciągły. Trzeba zwrócić uwagę, że te same metodyki pomiarowe stosowane są do pomiarów ciągłych prowadzonych na różnych rodzajowo instalacjach niezależnie od przypisanej im branży. , Należy zatem przyjąć, że wartości procentowe, charakteryzujące maksymalną niepewność jaka może zostać odjęta od wielkości zmierzonej, określone w IED jak i przepisach krajowych dla WI, powinny mieć zastosowanie w odniesieniu do innych branż. Dla Hg i NH₃, uwzględniając wymagania obowiązujących norm oraz kryteria dotyczące niepewności przyjmowane podczas certyfikowania analizatorów zgodnie z procedurą QAL 1, można przyjąć, że maksymalna niepewność pomiarowa nie przekracza 40% dopuszczalnej wielkości emisji, która mieści się w przedziale stanowiącym BAT AELs.

Ponadto należy uznać, że wartości procentowe charakteryzujące maksymalną niepewność pomiaru odnoszą się do emisji dopuszczalnych wyrażonych jako średnie dobowe, a jeżeli średnie dobowe nie mają zastosowania lub nie zostały określone, do średnich rocznych lub innych mających zastosowanie w odniesieniu do danego źródła emisji.

Poniżej zestawiono maksymalne wartości niepewności pomiarowej jakie mogą być uwzględniane przy ocenie dotrzymywania granicznych wielkości emisyjnych.

Lp	Zanieczyszczenie	Maksymalna wartość niepewności rozszerzonej wyrażona jako % dopuszczalnej wielkości emisji (zgodnej z BAT AELs)*
1	Pył	30%
2	SO ₂	20%
3	NO _x	20%
4	NH ₃	40%
5	Hg	40%
6	HCl	40%
7	HF	40%
8	TOC	30%
9	CO	10%

*w przypadku odstępstw od granicznych wielkości emisyjnych określone w tabeli wartości procentowe należy odnosić do górnej granicy przedziału BAT - AELs

Kolejną istotną kwestią wymagającą rozstrzygnięcia jest **sposób korygowania wyników pomiaru o towarzyszącą im niepewności**.

Podkreślenia wymaga, że wskazane w powyższej tabeli wartości procentowe odnoszą się do maksymalnej (dopuszczalnej) niepewności z jaką działa AMS. Nie oznacza to jednak, że każdorazowo wynik pomiaru należy korygować o maksymalną wartość niepewności.

Niepewność z jaką mierzy konkretny AMS zainstalowany na konkretnym obiekcie jest cechą indywidualną każdego z tych systemów wyznaczaną przez laboratorium akredytowane podczas procedury QAL 2.

Zjawiska wpływające na niepewność pomiaru można w uproszczeniu pogrupować w następujące kategorie:

- metoda pomiaru,
- stosowane urządzenia pomiarowe i pomocnicze mające wpływ na jakość wyniku pomiaru,
- praktyczne stosowanie w warunkach rzeczywistych urządzeń i systemów pomiarowych,
- nadzór metrologiczny np. stosowane wzorce i materiały odniesienia, kalibracja oraz jej częstotliwość.

Kwestia indywidualnego podejścia przy uwzględnianiu niepewności pomiarowej w związku z oceną dotrzymywania dopuszczalnych wielkości emisji była też wyraźnie podkreślana przez Komisję Europejską przy okazji spotkań i warsztatów poświęconych implementacji IED.

W związku z powyższym wynik pomiaru (np. ważna średnia 30-minutowa albo ważna średnia jednogodzinna) może być pomniejszany o niepewność rozszerzoną (U) dla 95% przedziału ufności, obliczoną (indywidualnie dla każdego źródła emisji) z wykorzystaniem wartości odchylenia standardowego, uzyskaną w procedurze QAL2 zgodnie z normą PN-EN 14181⁵.

Wyznaczona przez laboratorium akredytowane niepewność rozszerzona jest, co do zasady, wielkością stałą w całym zakresie pracy AMS i nie może być większa niż określony procent emisji dopuszczalnej. Tym niemniej zasadne wydaje się przyjęcie dodatkowych reguł niwelujących problem generowania przez AMS wartości ujemnych oraz, w pewnym zakresie, także właściwego doboru zakresu systemów pomiarowych. Mając na uwadze, że chodzi tu o instalacje dostosowane do BAT, a co za tym idzie wyposażone w wysokosprawne urządzenia ograniczające emisje, należy spodziewać się okresów ze zmierzonymi stężeniami znacznie poniżej wielkości dopuszczalnych określonych w pozwoleniu, uzyskiwanych np. podczas stabilnej pracy blisko nominalnego obciążenia. Pomniejszenie wyników pomiarów uzyskanych w tych okresach o niepewność wyznaczoną wg. wyżej opisanych zasad może powodować powstawanie wartości ujemnych wymagających skorygowania. Aby uniknąć takich sytuacji algorytm obliczeniowy powinien uwzględniać zasadę, zgodnie z którą od wyniku pomiaru odejmowana jest wielkość stanowiąca określony procent⁶ wielkości zmierzonej, gdy jest ona mniejsza od niepewności wyznaczonej przez laboratorium.

Powyższe oznacza, że np. w przypadku dużych źródeł spalania, ważne średnie jednogodzinne pomniejszane są o niepewność rozszerzoną (U) pod warunkiem, że jest ona mniejsza od określonego procentu ważnej średniej jednogodzinnej – jeżeli nie, to odejmowany jest właściwy dla danego

⁵ Chodzi o odchylenie standardowe różnic, wyznaczone podczas testu zmienności AMS.

⁶ Chodzi o maksymalną dopuszczalną niepewność rozszerzoną wskazaną w tabeli.

zanieczyszczania procent ważnej średniej jednogodzinnej (U_{max}). W ten sposób powstają zatwierdzone średnie jednogodzinne, z których wyliczane są np. średnie dobowe, roczne lub inne mające zastosowanie do danej instalacji lub procesu.

Przykład 1

Dopuszczalna wielkość emisji pyłu (określona w pozwoleniu zintegrowany) = 15 mg/Nm³

Wielkość zmierzona (ważna średnia jednogodzinna) = 10 mg/Nm³

Wyznaczona przez laboratorium niepewność rozszerzona (U) dla 95% przedziału ufności = 2,5 mg/Nm³

Niepewność wyrażona jako % wielkości zmierzonej (U_{max}) = 10 mg/Nm³ * 30% = 3 mg/Nm³

Spełniony jest warunek $U < U_{max}$

Zatwierdzona średnia jednogodzinna = 10 mg/Nm³ – 2,5 mg/Nm³ = 7,5 mg/Nm³

Przykład 2

Dopuszczalna wielkość emisji pyłu (określona w pozwoleniu zintegrowany) = 20 mg/Nm³

Wielkość zmierzona (ważna średnia jednogodzinna) = 3,8 mg/Nm³

Wyznaczona przez laboratorium niepewność rozszerzona (U) dla 95% przedziału ufności = 4 mg/Nm³

Niepewność wyrażona jako % wielkości zmierzonej (U_{max}) = 3,8 mg/Nm³ * 30% = 1,14 mg/Nm³

Niespełniony jest warunek $U < U_{max}$

Zatwierdzona średnia jednogodzinna = 3,8 mg/Nm³ – 1,14 mg/Nm³ = 2,66 mg/Nm³

Z poważaniem

Katarzyna Szadkowska-Piergies
Zastępca Dyrektora
Departament Instrumentów Środowiskowych
/ – podpisany cyfrowo/