



foto: Shutterstock

Temat analizy niepewności jest bardzo trudny, wymaga dobrego przygotowania matematycznego. Warto jednak już dzisiaj zwrócić szczególną uwagę na to zagadnienie – zastosowanie analizy niepewności w systemie handlu emisjami będzie z biegiem lat rozwijane.

Analiza niepewności w systemie handlu emisjami

Przemysław Chudy
konsultant ATMOTERM SA

Podstawą funkcjonowania systemu handlu emisjami (SHE) gazami cieplarnianymi w Europie (jak również we wszystkich SHE na świecie) jest właściwe monitorowanie emisji substancji objętych tym systemem. Istotne jest tu określenie „właściwe”, gdyż kryje się pod nim wyznaczenie emisji przez wszystkich uczestników w ten sam sposób (a więc zgodnie z przepisami prawnymi), w sposób wiarygodny.

Potrzeba wiarygodności monitoringu wynika z faktu, że uprawnienia do emisji w SHE mają charakter papierów wartościowych podlegających obrotowi, a podstawą rozliczenia się każdego z uczestników systemu z posiadanych uprawnień jest właśnie monitorowana wielkość emisji. Jednym z najlepszych sposobów uwiarygodnienia monitoringu emisji jest tzw. analiza niepewności, której obowiązek wykonywania został wprowadzony w nowych przepisach dotyczących monitorowania i sprawozdawczości emisji dwutlenku węgla do powietrza z instalacji uczestniczących we wspólnotowym systemie handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych EU-ETS. Przepisy te zostały określone w decyzji Komisji Europejskiej (1) oraz transponującym tę decyzję do polskiego prawa rozporządzeniu ministra środowiska (2).

Co to jest analiza niepewności?

Analiza niepewności jest niczym innym jak pewnym określonym sposobem

wyznaczania tzw. niepewności. Czym zatem jest niepewność? Aby odpowiedzieć na to pytanie, musimy się odnieść do pewnego podstawowego zjawiska obserwowanego podczas wykonywania każdego pomiaru wielkości fizycznej. Zjawisko to polega na tym, że wynik każdego pomiaru nie będzie dokładny, tzn. będzie się charakteryzował pewnym odchyleniem od rzeczywistej wartości, która powinna być zmierzona. Pełny zbiór czynników (błędów) powodujących występowanie tego zjawiska nigdy nie jest znany. Ze stwierdzenia tego wynika, że gdyby wyeliminować wpływ wszystkich rodzajów błędów, które osoba prowadząca pomiar jest w stanie wyeliminować, to wynik pomiaru i tak będzie obarczony pewną niedokładnością.

Ilościową miarą omawianego odchylenia wartości mierzonej od wartości rzeczywistej jest właśnie niepewność pomiaru. Jest to parametr charakteryzujący rozrzut wartości, które można w uzasadniony sposób przypisać wartości mierzonej. W praktyce określenie niepewności pomiaru sprowadza się do wyznaczenia przedziału liczbowego wokół wartości zmierzonej, w którym to przedziale możemy stwierdzić, że z pewnym założonym bardzo dużym prawdopodobieństwem (zazwyczaj 95%) znajduje się wartość prawdziwa.

Niepewność pomiaru jest wynikiem istnienia szeregu błędów, które możemy zaklasyfikować do trzech rodzajów:

- Błędy grube – łatwe do wyeliminowania przez prowadzącego pomiar. Efektem wystąpienia tego typu błędów jest uzyskanie niemożliwego lub absurdalnego wyniku pomiaru. Z tego też względu błędy grube można stosunkowo łatwo wyeliminować. Wynikają one zazwyczaj z niewłaściwego wykonywania pomiaru, niewłaściwej obsługi urządzenia pomiarowego itp.
- Błędy systematyczne – wynikające przede wszystkim z dokładności układu pomiarowego, dokładności wzorcowania, charakterystyki pracy układu w określonych warunkach. Składają się one na występowanie tzw. niepewności systematycznych. Wyniki serii pomiarowej składającej się z „n” liczby pomiarów obarczone wyłącznie niepewnością systematyczną będą sobie równe.
- Błędy przypadkowe – ich wystąpienia nie można przewidzieć. Charakter ich występowania podlega prawom rachunku prawdopodobieństwa. Składają się na występowanie tzw. niepewności przypadkowej. Wyniki serii pomiarowej składającej się z „n” liczby pomiarów obarczonych wyłącznie niepewnościami przypadkowymi (lub przypadkowymi i systematycznymi) będą się różnić co do wartości.

Matematycznie rzecz ujmując, niepewności są zwykle pierwiastkami kwadratowymi z sumy kwadratów wyrażeń ►

► określających wpływ różnych czynników na dokładność danego pomiaru. Im więcej czynników zostanie uwzględnionych w obliczeniach, tym wyrażenia na niepewność będą przyjmować coraz bardziej skomplikowaną formę.

Niepewnościami i sposobami ich wyznaczania zajmuje się dziedzina nazywana teorią niepewności. Podwalinami dla powstania tej dziedziny są rachunek prawdopodobieństwa oraz statystyka, natomiast aparat matematyczny stosowany w analizie niepewności opiera się w głównej mierze na statystyce i regułach rachunku różniczkowego.

Niepewność złożona określana jest ogólnie na podstawie poniższej zależności:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} \right)^2 \cdot u^2(x_i)}$$

gdzie:

y – wielkość wyznaczana (np. wskaźnik emisji, wartość opałowa paliwa),

$u_c(y)$ – niepewność wyznaczenia wielkości „y” (każda niepewność w zapisie matematycznym oznaczana jest zwyczajowo literą „u”, z ang. *uncertainty*),

$u(x_i)$ – stanowią niepewności wielkości mierzonych x_i lub stanowią niepewności innych parametrów złożonych.

Analiza niepewności w przepisach o systemie handlu emisjami EU-ETS

Kwestia wyznaczania niepewności jako sposobu uwiarygodnienia monitorowanych wielkości emisji dwutlenku węgla do powietrza we wspólnotowym SHE do emisji CO₂ (EU-ETS) była przez pierwsze lata funkcjonowania systemu bardzo uproszczona. W tzw. pierwszym okresie rozliczeniowym (lata 2005-2007) obowiązek podawania niepewności wyznaczenia wielkości emisji CO₂ dotyczył wyłącznie tzw. metody pomiarowej, czyli wyznaczania wielkości emisji „na kominie” za pomocą systemu ciągłego monitoringu emisji. Niepewność przy najpowszechniej stosowanych metodach obliczeniowych została pominięta. Należy jednak zauważyć, że w pracach UE w latach 2001-2003 nad przepisami o handlu emisjami kwestia wyznaczania niepewności była traktowana priorytetowo. Wskazywano tam na konieczność wyznaczania niepewności rocznej wielkości emisji dwutlenku węgla z każdej instalacji objętej systemem. Ostatecznie, gdy Unia przyjęła dyrektywę o handlu emisjami (3), stwierdzono, że lata

2005-2007 będą okresem przejściowym i na ten czas nie będzie obowiązku wykonywania dodatkowych obliczeń związanych z niepewnością. Sytuacja ta zmieniła się diametralnie wraz z nowelizacją przepisów unijnych dotyczących monitorowania i raportowania emisji CO₂ na nowy okres rozliczeniowy 2008-2012 (1), które zostały transponowane do prawa polskiego w postaci rozporządzenia (2). Nowe przepisy wprowadzają obowiązek liczenia niepewności nie tylko dla instalacji, w których monitoring prowadzony jest metodą pomiarową, ale również dla tych, w których emisje określone są metodami obliczeniowymi. Koncepcja liczenia niepewności została jednak nieco zmieniona w porównaniu z pierwowzorem. Według nowych przepisów nie jest już konieczne obliczanie niepewności rocznych wielkości emisji CO₂, a jedynie niepewności danych niezbędnych do wyznaczenia tej wielkości (dane wejściowe). Chodzi tu przede wszystkim o takie dane, jak np. roczne zużycie paliw czy materiałów.

Szczegółowe zasady liczenia niepewności według ww. rozporządzenia (2) są następujące:

- Nie ma obowiązku liczenia niepewności na potrzeby sporządzania sprawozdań rocznych o wielkości emisji CO₂. Podawanie niepewności w sprawozdaniu rocznym w przypadku metod obliczeniowych nie jest wymagane.
- We wniosku o wydanie zezwolenia na uczestnictwo w systemie handlu emisjami powinna być przedstawiona analiza niepewności rocznych zużyć paliw (materiałów). Zapis ten dotyczy przedstawienia we wniosku wiarygodnych dowodów na dotrzymanie maksymalnych dopuszczalnych niepewności, określonych na poziomach dokładności wyznaczania rocznych zużyć. Nie ma takiego obowiązku dla tzw. paliw w obrocie handlowym, dla których zużycie określa się wyłącznie na podstawie ilości fakturowanych (nabywanych od dostawcy). Paliwa w obrocie handlowym to takie, które podlegają częstemu i swobodnemu obrotowi, jeśli dana partia paliwa jest przedmiotem handlu pomiędzy stronami ekonomicznie niezależnymi. Zalicza się do nich wszystkie komercyjne paliwa, tj. gaz ziemny, węgiel kamienny, oleje opałowe, koks naftowy.
- We wniosku o wydanie zezwolenia przedstawia się również analizę niepewności wyznaczania wszystkich

parametrów, niezbędnych do obliczenia rocznej wielkości emisji CO₂, określanych na drodze pomiarów laboratoryjnych (np. wartości opałowe paliw, wskaźniki emisji CO₂, współczynniki utleniania). Celem tej analizy jest wykazanie, że dla przyjętej częstotliwości poboru prób i analiz niepewność wyznaczenia parametrów średniorocznych nie powinna przekraczać 1/3 wartości maksymalnej dopuszczalnej niepewności, określonej dla danej dotyczącej działalności (zużycia) na przyjętym poziomie dokładności. Ten zawity zapis oznacza tyle, że jeżeli wyznaczamy np. wartość opałową węgla kamiennego w laboratorium (czyli na poziomie dokładności 3), to niepewność wyznaczenia średniorocznej wartości opałowej nie powinna przekraczać 1/3 wartości maksymalnej dopuszczalnej niepewności wyznaczania rocznego zużycia węgla. Przykładowo, jeżeli zużycie wyznaczone jest na poziomie dokładności 2, to maksymalna niepewność rocznego zużycia wynosi ±5%. Oznacza to, że niepewność średniorocznej wartości opałowej nie może być większa od ±1,7%. Jeżeli niepewność parametrów średniorocznych wyznaczanych laboratoryjnie przekracza 1/3 dopuszczalnej niepewności dla rocznego zużycia, to wówczas prowadzący instalację jako minimum musi przyjąć tzw. wskaźnikowe minimalne częstotliwości analiz określone w tabeli 3 załącznika nr 1 do rozporządzenia (2).

Analiza niepewności w praktyce – problemy

Obowiązek wykonywania analizy niepewności w przepisach o handlu emisjami stwarza przed prowadzącymi instalacje uczestniczące w tym systemie szereg nowych problemów do rozwiązania, których część przedstawiono poniżej. Opisane zostały tylko typowe kwestie. Lista problemów związanych z analizą niepewności może być w przypadku konkretnej instalacji znacznie szersza.

Jak wykonać analizę niepewności?

Analiza niepewności jest zazwyczaj zagadnieniem trudnym i sprowadza się do przeprowadzenia wielu bardzo żmudnych obliczeń matematycznych. Zakładając jednak, że mamy na to dostatecznie dużo wiedzy i czasu, pojawia się podstawowe pytanie: jak ją wykonać? Odpowiedź nie jest wcale taka prosta.

Obowiązek wykonywania analizy niepewności w przepisach o handlu emisjami stwarza szereg nowych problemów do rozwiązania.

Nowe przepisy o monitorowaniu emisji CO₂ ustalają obowiązek wykonania obliczeń niepewności, jednakże nie określają metodyki jej liczenia.

W przypadku stosowania metody pomiarowej sprawa wydaje się prosta, ponieważ decyzja (1) i rozporządzenie (2) zalecają, aby niepewność określać zgodnie z zasadami zawartymi w publikacji Międzynarodowej Organizacji Normalizacyjnej (ISO) z 1995 roku „Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement” (4). Polskim tłumaczeniem tego dokumentu jest publikacja Głównego Urzędu Miar „Wyrażanie niepewności pomiaru – przewodnik” (5). W przypadku metody obliczeniowej nie jest już tak jednoznacznie w przepisach określone. Wydaje się jednak zasadne, aby analizę niepewności wykonywać według przewodnika (5), ponieważ dokument ten zawiera uznanie na całym świecie „wytyczne” liczenia niepewności. Zasady tam zawarte wykorzystywane są np. przez laboratoria posiadające akredytację zgodnie z normą PN-EN ISO/IEC 17025:2005. Na ich podstawie określone są też wskaźniki emisji zanieczyszczeń publikowane w tzw. dokumentach AP-42 Amerykańskiej Agencji Środowiska US-EPA. Publikacja ta (5) w wielu kwestiach jest jednak bardzo ogólna, co rodzi kolejny problem.

Zakres analizy niepewności

Pod określeniem „zakres analizy niepewności” powinniśmy rozumieć zakres

czynników wpływających na niepewność i uwzględnianych przy wykonywaniu analizy niepewności, np. rocznego zużycia paliwa w instalacji. Wspomniany wyżej dokument (5) stwierdza jedynie, że powinno się w obliczeniach uwzględniać wpływ wszystkich czynników, które są znane; wpływ tych, które nie są znane, może być z góry założony na zasadzie „osądu eksperymentatora” lub nawet zostać pominięty w obliczeniach. Pozostaje tu duża dowolność, lecz w zależności od liczby przyjętych do obliczeń czynników wpływających na wielkość niepewności, końcowy wynik może być bardzo różny. Przykładem może być określanie niepewności wyznaczania rocznego zużycia paliwa za pomocą wagi taśmowej. Jeżeli weźmiemy pod uwagę wyłącznie niepewności wynikające z przepisów metrologicznych dotyczących tzw. błędów granicznego i błędów wzorcowania oraz określonych w tych przepisach dopuszczalnych niedokładności wynikających z wpływu czynników zewnętrznych (np. wpływ temperatury otoczenia, wilgotności powietrza, zakłóceń zewnętrznego pola elektromagnetycznego), to okaże się, że wyznaczona całkowita niepewność będzie bardzo mała (rzędu średnio $\pm 0,2\%$). Oznaczać to będzie, że waga taśmowa pozwala na bardzo dokładny pomiar. W praktyce przemysłowej wiadomo jednak, że wagi taśmowe wykazują znacznie większą niepewność (rzędu $\pm 2\%$ i więcej),

co wiąże się ze szczególnymi czynnikami wpływającymi na niepewność, a które są charakterystyczne dla warunków pracy konkretnego urządzenia. Podstawowym czynnikiem wpływającym na dokładność ważenia, a tym samym na wartość niepewności, jest przede wszystkim czas eksploatacji wagi. Duży wpływ może mieć również np. kąt pochylecia wagi do poziomu terenu. Tych czynników można by wyliczyć więcej, w zależności od rodzaju urządzenia pomiarowego i warunków jego pracy. Bardzo często jednak dokładne ilościowe określenie ich wpływu na całkowitą niepewność wyznaczania zużycia paliwa jest niemożliwe i sprowadza się do przyjęcia z góry założonej wartości.

Wydaje się logiczne założenie, że analiza niepewności powinna być wykonana możliwie jak najrzetelniej, co jest zgodne z zasadą wiarygodności monitorowanych i raportowanych wielkości emisji CO₂. W tym celu należy wykonywać analizę niepewności bardzo dokładnie, w możliwie w jak najszerszym zakresie. Z drugiej strony, jak już wspomniano wcześniej, obliczenia niepewności są bardzo żmudne. Może pojawić się więc pytanie, czy są konieczne na tak szeroką skalę w kontekście handlu emisjami. Należy zauważyć, że dotychczas analiza niepewności była rozpatrywana głównie w środowiskach akademickich; w zastosowaniu do przemysłu powinny zostać wypracowane pewne uproszczenia, ►

► aby jej stosowanie mogło zostać upowszechnione. Podejście opierające się na uproszczeniu analizy niepewności na potrzeby handlu emisjami jest zalecane w objaśnieniu do decyzji (1) dotyczącej monitorowania i raportowania emisji CO₂, wydanym przez brytyjską Agencję Środowiska – EA (6). Zaleca się tam wręcz, by w kwestii określania niepewności urządzeń pomiarowych, a tym samym wyznaczania niepewności rocznego zużycia paliw (materiałów), brać pod uwagę wyłącznie deklarację producenta urządzenia dotyczącą niepewności. Rozwiązanie problemu zakresu niepewności leży zapewne gdzieś pośrodku. Analiza niepewności powinna być uproszczona w swym zakresie, ale tylko do takiego stopnia, aby była dostatecznie dokładna i dawała wiarygodne wyniki.

Brak danych źródłowych do analizy niepewności

Doświadczenia firmy ATMOTERM wskazują, że w bardzo wielu przypadkach prowadzący instalacje nie posiadają dostatecznej liczby danych źródłowych, niezbędnych do przeprowadzenia obliczeń niepewności. Powody tego są bardzo różne i w zasadzie nie wynikają z winy prowadzących. Dotyczy to zwłaszcza tych przypadków, gdy monitoring emisji CO₂ jest oparty na parametrach ustalanych przez dostawców paliw albo materiałów. Najczęściej na podstawie tzw. atestów jakościowych dostawców nie jest możliwe ustalenie, z jaką niepewnością została wyznaczona np. wartość opałowa paliwa. Problem może się pogłębić, jeśli okaże się, że dostawca co prawda mierzy parametry jakościowe paliwa lub materiału, ale nie określa niepewności pomiaru, gdyż wcześniej nie było takiego obowiązku. Sposobem rozwiązania tego problemu może być założenie maksymalnej niepewności wynikającej z zapisów normy wykorzystywanej do określania danego parametru. Często jednak normy podają tylko sposób obliczenia niepewności, bez podania jej maksymalnego progu.

Czy wszystkie zasady mają zastosowanie do SHE?

W zasadzie ten problem odnosi się do kwestii zakresu analizy niepewności poruszanej wcześniej. Niektóre zasady określone w publikacji (5) wydają się niemożliwe do zastosowania w kontekście niepewności w handlu emisjami.

Dotyczy to zwłaszcza zalecenia, aby w obliczeniach zakładać, że tzw. wartości literaturowe również są obarczone pewną niepewnością. Oblicza się ją jako iloraz dziesięciu jednostek miejsca rozwinięcia dziesiętnego o najmniejszej wartości i pierwiastka kwadratowego z liczby 3. Zgodnie z tą zasadą w obliczeniach niepewności np. średniorocznego wskaźnika emisji CO₂ z procesu spalania paliw powinniśmy uwzględnić niepewność liczby 3,664, która wyraża stosunek stechiometryczny mas dwutlenku węgla i węgla pierwiastkowego. Liczba ta obliczana jest na podstawie danych literaturowych, w postaci wartości mas atomowych węgla i tlenu. Podejście takie wydaje się bezzasadne, ponieważ wpływ takiej niepewności na całkowitą niepewność wyznaczenia średniorocznej wartości wskaźnika emisji będzie znikomy.

Ryzyko związane z niepewnościami

Analiza niepewności w kontekście systemu handlu emisjami może być źródłem nowych ryzyk środowiskowych dla uczestników systemu.

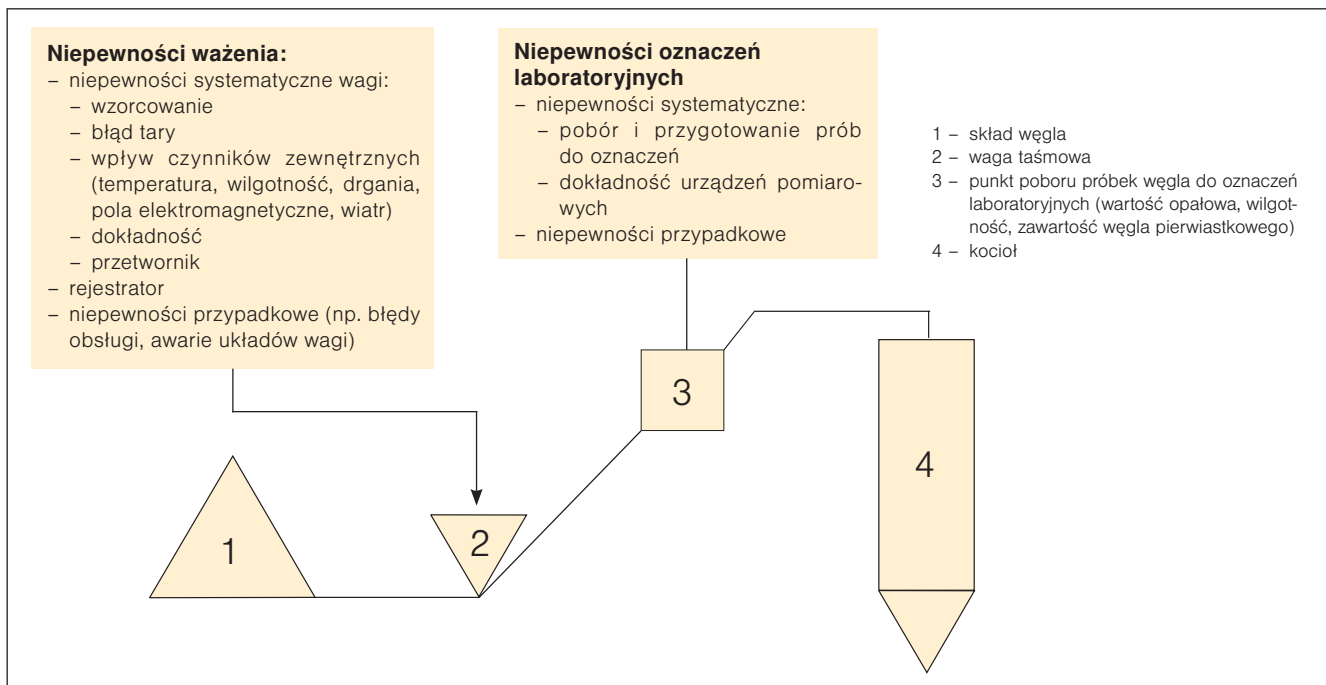
Największe ryzyko polega na tym, że po wykonaniu obliczeń niepewności możemy stwierdzić, iż stosowana metoda monitorowania rocznego zużycia paliw lub materiałów uniemożliwia dotrzymanie wymaganego przepisami (2) poziomu dokładności (maksymalnej dopuszczalnej niepewności). Może to dotyczyć zwłaszcza sytuacji, gdy zakład do wytworzenia energii używa paliwa stałego, utrzymywany jest duży jego zapas, a zużycie wyznaczane jest na podstawie bilansu masowego. Obmiary geodezyjne charakteryzują się zwykle dużą niepewnością pomiaru (sięgającą nawet kilkunastu procent!). W sytuacji gdy w bilansie masowym wielkość zmiany ilości paliwa na składzie jest wartością dominującą, może okazać się, że wyliczona całkowita niepewność rocznego zużycia jest bardzo duża. Sposobem uniknięcia takiego ryzyka jest zmiana metody monitorowania – z bilansu masowego na rozliczanie zużycia na podstawie wskazań wag, bezpośrednio przed spalaniem paliwa.

Innym poważniejszym zagrożeniem związanym z omawianym ryzykiem jest sytuacja, w której okaże się, że wagi stosowane do rozliczania zużycia paliwa są za mało dokładne. Wówczas może zaistnieć konieczność zakupu nowych, dokładniejszych urządzeń – właściwy

organ administracyjny nie wyda zezwolenia na uczestnictwo w systemie handlu emisjami z uwagi na niespełnianie wymaganych prawem poziomów dokładności.

Kolejne ryzyko wiąże się z wpływem analizy niepewności na transakcje uprawnień. Ryzyko to na razie można rozważać czysto teoretycznie. W przyszłości jednak, gdy system handlu emisjami będzie już dobrze ugruntowany w prawie ochrony środowiska Unii Europejskiej, może okazać się bardzo realnym zagrożeniem. Ryzyko to wiąże się z omawianą wcześniej wiarygodnością sprawozdawczości wielkości emisji CO₂. W przypadku gdy przedsiębiorstwo posiada nadmiar uprawnień, może je zbyć na rynku za określoną cenę. Coraz częściej jednak, zwłaszcza w Europie Zachodniej, potencjalni nabywcy uprawnień przeprowadzają pewnego rodzaju audyt zbywcy pod kątem jego wiarygodności. Dotyczy to zwłaszcza transakcji dwustronnych, przeprowadzanych poza giełdami. Sprawdzany jest m.in. przebieg weryfikacji sprawozdania rocznego, ale również zgodność stosowanej metodyki monitorowania emisji CO₂ z wymaganiami prawa. Analiza niepewności przedstawiona we wniosku o wydanie zezwolenia, jako narzędzie do udowodnienia zgodności z przepisami o monitorowaniu, może być więc jednym z głównych elementów sprawdzanych przez potencjalnego nabywcę. W sytuacji gdyby wynik takiego audytu był negatywny, mogłoby nie dojść w ogóle do transakcji, a zbywca mógłby zyskać na rynku opinię niewiarygodnego kontrahenta. Ryzyko to ma charakter „ryzyka utraconych szans” (ponieważ ostatecznie przedsiębiorstwu groziłaby utrata potencjalnego zysku ze sprzedaży uprawnień).

Następne ryzyko związane jest z analizą niepewności, jako sposobem na obniżenie kosztów wykonywania analiz laboratoryjnych. Ryzyko to ma charakter korzyści, ponieważ analiza niepewności umożliwia wykonanie obliczeń mających na celu udowodnienie, że dotrzymanie niepewności średniorocznych parametrów jakościowych paliw (lub materiałów) wyznaczanych laboratoryjnie na poziomie 1/3 maksymalnej dopuszczalnej niepewności dla zużycia tych paliw (lub materiałów) wiąże się z wykonywaniem mniejszej liczby analiz niż jest to obecnie przyjęte w przedsiębiorstwie. Zmniejszenie liczby ozna-



Przykładowe źródła niepewności w procesie monitorowania emisji CO₂ powstających w procesie spalania węgla kamiennego

czeń laboratoryjnych może być dużym obniżeniem wydatków przedsiębiorstwa na ten cel; zwłaszcza w sytuacji, gdy odpowiednie oznaczenia wykonywane są przez zewnętrzne laboratoria akredytowane. Ryzyko to może mieć szczególne znaczenie dla tych przedsiębiorstw, w których analizy laboratoryjne parametrów jakościowych niezbędnych w obliczeniach rocznej wielkości emisji CO₂ wykonywane są bardzo często (raz na dzień lub nawet kilka razy dziennie).

Podsumowanie

W artykule przedstawiono tylko ogólny zarys analizy niepewności. Skupiono się głównie na kwestiach nowych przepisów prawnych dotyczących wykonywania analizy niepewności na potrzeby uczestnictwa we wspólnotowym systemie handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych. Przedstawiono również typowe problemy, które można napotkać przy wykonywaniu analizy niepewności oraz ryzyka środowiskowe dla przedsiębiorstw z nią związanych. Problemy te zebrano w oparciu o doświadczenia autora, a także innych konsultantów ATMOTERM-u, wykonujących analizy niepewności w ramach opracowywanych dokumentacji do uzyskania zezwoleń na udział w systemie handlu emisjami.

Temat analizy niepewności jest bardzo trudny, wymaga od osoby wykonu-

jącej dobrego przygotowania matematycznego. Wynika to z zaawansowanego aparatu matematycznego stosowanego w analizie niepewności oraz interdyscyplinarnego charakteru teorii niepewności, bazującej na metrologii, statystyce oraz działach matematyki, takich jak rachunek prawdopodobieństwa i rachunek różniczkowy. Obliczenia charakteryzują się zazwyczaj dużą złożonością i bywają niezwykle żmudne. Warto jednak już dzisiaj zwrócić szczególną uwagę na to zagadnienie – zastosowanie analizy niepewności w systemie handlu emisjami będzie z biegiem lat rozwijane. Komisja Europejska przygotowuje obecnie nowelizację dyrektywy o handlu emisjami, w której system handlu emisjami zostanie rozszerzony na kolejne branże przemysłowe oraz inne niż CO₂ gazy cieplarniane. Nowe przepisy mają wejść w życie, począwszy od trzeciego okresu rozliczeniowego, czyli od 2013 roku. Z uwagi na rozszerzenie systemu konieczne będzie dokonanie kolejnych zmian przepisów dotyczących monitoringu i sprawozdawczości emisji gazów cieplarnianych z instalacji objętych systemem EU-ETS. Niewykluczone, że wówczas analiza niepewności zostanie rozszerzona i wprowadzony zostanie obowiązek podawania niepewności w sprawozdaniach rocznych, w myśl założeń dotyczących funkcjonowania systemu handlu emisjami w Unii Europejskiej. □

Piśmiennictwo

1. Decyzja Komisji Europejskiej z dnia 18 lipca 2007 r. ustanawiająca wytyczne dotyczące monitorowania i sprawozdawczości w zakresie emisji gazów cieplarnianych zgodnie z Dyrektywą 2003/87/WE Parlamentu Europejskiego i Rady (Dz.U. UE L 229 z 31.08.2007), 1-85.
2. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 12 września 2008 r. w sprawie sposobu monitorowania wielkości emisji substancji objętych wspólnotowym systemem handlu uprawnieniami do emisji (w okresie pisania artykułu rozporządzenie nie zostało jeszcze opublikowane w Dzienniku Urzędowym).
3. Dyrektywa 2003/87/WE z dnia 13 października 2003 r. ustanawiająca program handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych na obszarze Wspólnoty i zmieniająca Dyrektywę Rady 96/61/WE (tekst mający znaczenie dla EOG), Dz.U. UE L 275 z 25.10.2003, 32-46.
4. *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*. ISO, 1995.
5. *Wyrażanie niepewności pomiaru. Przewodnik*. Główny Urząd Miar, 1999.
6. *Competent Authority Interpretation the Main Uncertainty Analysis Requirements resulting from the Revised Monitoring & Reporting Guidelines (MRG 2007)*. Environment Agency, 2007.