

Damian PANASIUK^{1,2}, Anna GŁODEK¹ i Józef M. PACYNA^{1,3}

SCENARIUSZE EMISJI RTĘCI DO POWIETRZA, WÓD I GLEBY W POLSCE DO ROKU 2020

SCENARIOS OF MERCURY EMISSION TO AIR, WATER AND SOIL IN POLAND TO YEAR 2020

Abstrakt: W 2005 r. Polska zajmowała czwarte miejsce wśród państw europejskich w emisji rtęci do powietrza, głównie z powodu spalania węgla kamiennego i brunatnego w energetyce. Zespół NILU Polska oszacował krajową emisję rtęci do powietrza oraz ładunki odprowadzane do wód i gleby dla roku bazowego 2008, a następnie przygotował scenariusze emisji rtęci do 2020 r. Inwentaryzacja emisji do powietrza objęła procesy przemysłowe, użytkowanie produktów zawierających rtęć i praktykę dentystyczną. Ładunki rtęci zrzucane do wód i gleby zostały oszacowane dla dużych i średnich zakładów przemysłowych, oczyszczalni ścieków komunalnych oraz dla potencjalnego uwalniania się rtęci ze składowisk odpadów komunalnych i z wypełnień dentystycznych w grzebanych zwłokach. W porównawczym scenariuszu Status Quo założono, że będą utrzymane bieżące praktyki i metody kontroli emisji rtęci, ale wzrost produkcji i konsumpcji będzie prowadzić do wzrostu emisji rtęci. W scenariuszu EXEC (zwiększonej kontroli emisji) emisja rtęci do powietrza spadnie z 17,7 Mg w roku bazowym do 6,3 Mg w 2020 r., a łączna emisja do powietrza, wód i gleby z 25,7 do 8,9 Mg. W scenariuszu MFTR (maksymalnej możliwej technicznie redukcji) emisja do powietrza osiągnie w 2020 r. poziom 2,8 Mg Hg, a łączna emisja do środowiska - 3,6 Mg Hg rocznie.

Słowa kluczowe: scenariusze emisji, rtęć, powietrze, woda, gleba

Problem emisji rtęci do środowiska

Rtęć jest jednym z toksycznych metali ciężkich wprowadzanych przez człowieka do środowiska. Jednak ze względu na swoją wysoką lotność nie jest ona tylko zanieczyszczeniem o znaczeniu regionalnym, takim jak SO₂, NO_x, Cd lub Pb. Czas przebywania *gazowej rtęci elementarnej* (GEM) w atmosferze do 18 miesięcy [1] stawia rtęć w gronie zanieczyszczeń globalnych.

Głównym problemem zanieczyszczenia rtęcią jest bioakumulacja i negatywne oddziaływanie metylortęci na ludzi spożywających duże ilości ryb i ssaków morskich. Najbardziej znany przypadek zatrucia metylortęcią to katastrofa ekologiczna, która miała miejsce w zatoce Minamata w Japonii w latach 50. XX w. Doszło wówczas do uszkodzeń układu nerwowego ludzi spożywających mięso ryb i krabów. Oficjalnie potwierdzono śmierć 1800 osób i choroby kolejnych tysięcy.

Najbardziej wrażliwe na działanie metylortęci są płody ludzkie. Rtęć przenika z krwi matki do krwi płodu i powoduje uszkodzenia neurologiczne, objawiające się w późniejszym okresie obniżonym współczynnikiem inteligencji, a nawet autyzmem.

¹ NILU Polska Sp. z o.o. (spółka-córka Norweskiego Instytutu Badań Powietrza), ul. Ceglana 4, 40-514 Katowice, tel./fax 32 257 08 58, email: dp@nilu.pl

² Wydział Biologii i Nauk o Środowisku, Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego, ul. K. Wóycickiego 1/3, 01-938 Warszawa, tel. 22 569 68 37

³ Katedra Chemii Analitycznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Gdańska, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-952 Gdańsk, tel. 58 347 10 10

Dlatego planowane jest uchwalenie do 2013 r. światowej konwencji w sprawie ograniczenia handlu rtęcią oraz redukcji jej emisji.

Inwentaryzacja emisji rtęci dla roku bazowego

W 2005 r. Polska zajmowała czwarte miejsce wśród państw europejskich (drugie wśród krajów UE) w emisji rtęci do powietrza [2]. Głównym źródłem tej emisji jest spalanie węgla kamiennego i brunatnego w polskiej energetyce. W spalanych 80 mln Mg węgla kamiennego (40 mln Mg do produkcji energii elektrycznej) oraz 60 mln Mg węgla brunatnego znajduje się ponad 20 Mg rtęci. Przegląd danych o stężeniach rtęci w polskich węglach podają Głodek i Pacyna [3]. Ilość rtęci wyemitowanej do powietrza zależy od zastosowania metod pierwotnych - wzbogacania węgla oraz skuteczności metod odpylania i odsiarczania - w Polsce redukcja emisji rtęci sięga 70%.

Zespół NILU Polska oszacował krajową emisję rtęci do powietrza oraz ładunki odprowadzane do wód i gleby dla roku bazowego 2008 [4]. Inwentaryzacja emisji do powietrza objęła procesy przemysłowe, użytkowanie produktów zawierających rtęć i praktykę dentystyczną. Emisję z procesów przemysłowych i spalania paliw w sektorze mieszkaniowym (15,75 Mg) wyznaczono jako wartość średnioroczną, opierając się na oficjalnych inwentaryzacjach emisji IOS-KOBIZE dla lat 2005-2007.

Emisja rtęci do powietrza z użytkowania produktów zawierających rtęć została oszacowana z wykorzystaniem modelu dystrybucji i emisji [5] w odniesieniu do grup produktów, jakimi są: baterie, urządzenia kontrolno-pomiarowe, sprzęt oświetleniowy oraz sprzęt elektryczny i elektroniczny. W 2008 r. w produktach zawierających rtęć wprowadzono na polski rynek ok. 9 Mg rtęci, z czego większość trafi ostatecznie na komunalne składowiska odpadów. Emisję rtęci do powietrza w ciągu pierwszych 10 lat użytkowania produktów wprowadzonych na rynek w roku bazowym oszacowano na 0,46 Mg.

Uwzględniono także emisję rtęci do powietrza z praktyki dentystycznej. Roczne zużycie ok. 10 Mg rtęci do wypełnień amalgamatowych w Polsce skutkuje emisją do powietrza 1,45 Mg ze spalania usuniętego starego amalgamatu w odpadach zakaźnych. Emisja rtęci z wypełnień dentystycznych w procesach kremacji wynosi 0,04 Mg. Krajowa emisja rtęci do powietrza z ww. źródeł została oszacowana dla roku bazowego 2008 na poziomie 17,7 Mg rocznie.

Ładunki rtęci zrzucane do wód i gleby zostały określone dla dużych i średnich zakładów przemysłowych wraz z ich składowiskami odpadów (1,90 Mg), oczyszczalni ścieków komunalnych w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców (1,07 Mg) oraz zostały oszacowane dodatkowo dla potencjalnego uwalniania się rtęci ze składowisk odpadów komunalnych (4,84 Mg) i z wypełnień dentystycznych w grzebanych zwłokach (0,16 Mg). Łączna emisja rtęci do powietrza, wód i gleby w Polsce została oszacowana na 25,7 Mg/rok. Strumień ten nie obejmuje reemisji rtęci wcześniej zakumulowanej w środowisku.

Scenariusz Status Quo

Zespół NILU Polska przygotował także scenariusze emisji rtęci do powietrza oraz wielkości ładunków odprowadzanych do wód i gleby w perspektywie do roku 2020.

W pierwszym scenariuszu Status Quo [4] założono, że będą utrzymane bieżące praktyki i metody kontroli emisji rtęci z końca 2008 r. Scenariusz ten jest tylko scenariuszem porównawczym. Oczekuje się, że w rzeczywistości presja krajowa i międzynarodowa spowoduje działania skutkujące redukcją emisji rtęci.

Opierając się na założeniach projektu Polityki energetycznej Polski z 2007 r., oszacowano, że wzrośnie emisja z procesów przemysłowych (16,2 Mg) w wyniku zwiększonego zużycia węgla w elektrowniach i braku istotnych zmian w pozostałych sektorach przemysłu. Emisja do powietrza z użytkowania produktów zawierających rtęć (0,47 Mg) będzie zbliżona do emisji w roku bazowym, gdyż zużycie, model konsumpcji oraz gospodarka odpadami nie ulegną zmianie. Wyjątek stanowi prognozowany wzrost ilości rtęci wprowadzonej na rynek w bateriach. Emisja do powietrza wynikająca z praktyki dentystycznej (1,52 Mg) ulegnie nieznacznej zmianie w stosunku do roku bazowego ze względu na dalsze stosowanie amalgamatu w gabinetach dentystycznych oraz wzrost ilości zwłok poddawanych procesom kremacji. Całkowita emisja rtęci do powietrza dla scenariusza Status Quo w 2020 r. wyniesie 18,2 Mg rocznie.

W przypadku emisji rtęci do wód założono, iż emisja z procesów przemysłowych i komunalnych oczyszczalni ścieków (2,97 Mg) nie ulegnie zmianie w stosunku do roku bazowego. Potencjalne uwalnianie się rtęci ze składowisk odpadów komunalnych i wypełnień dentystycznych dla scenariusza Status Quo zwiększy się do 5,48 Mg rocznie. W efekcie całkowita krajowa antropogeniczna emisja rtęci do powietrza, wód i gleby wzrośnie z 25,7 Mg w roku bazowym 2008 do 26,6 Mg w 2020 r.

Scenariusz EXEC

Scenariusz EXEC (zwiększonej kontroli emisji) jest prognozą kontynuacji rozwoju gospodarczego, zakładającą wdrożenie dyrektyw UE i konwencji międzynarodowych [6]. Ze względu na wymagania stawiane przez dyrektywę IPPC nr 96/61/WE (zastąpiona przez dyrektywę IED nr 2010/75/UE) oraz dokumenty referencyjne BREF oczekiwane jest wprowadzenie najlepszych dostępnych technik dla zmniejszenia emisji rtęci z procesów przemysłowych.

Scenariusz ten opiera się na prognozie zużycia paliw zawartej w wersji ostatecznej „*Polityki Energetycznej Polski do 2030 roku*” [7]. W prognozie tej do 2020 r. spodziewany jest 28% spadek zużycia węgla kamiennego i brunatnego do produkcji energii elektrycznej oraz 10% zmniejszenie zużycia węgla w ciepłowniach rejonowych, sektorze mieszkaniowym oraz zakładach przemysłowych. Techniki BAT zostaną wdrożone w sektorze energetycznym, produkcji żelaza i stali, metali nieżelaznych, cementu oraz chloru metodą rtęciową [8].

Przewiduje się stosowanie wstępnych metod redukcji emisji, jak wzbogacanie węgla i zamianę rodzaju stosowanego paliwa. Prognozuje się również wyposażenie elektrowni węglowych w metody wtórne redukcji emisji w postaci filtrów tkaninowych (FF) oraz odpylaczy elektrostatycznych (ESP) współpracujących z systemami odsiarczania spalin (FGD). W niektórych elektrowniach będą stosowane: równoczesna kontrola SO₂, NO_x i rtęci (metody katalityczne), metody niekatalityczne odazotowania oraz sorbenty. W efekcie emisja rtęci z procesów przemysłowych zmniejszy się do 6,1 Mg.

W przypadku produktów zawierających rtęć oczekiwana jest 40% redukcja zużycia rtęci do ich wytworzenia. Nowe przepisy ustalają zakaz wprowadzania do obrotu rtęci w termometrach lekarskich i manometrach oraz poziomy zbierania baterii i akumulatorów oraz zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego. Jednocześnie oczekuje się wzrostu produkcji bezrtęciowych baterii guzikowych i udziału lamp fluorescencyjnych o niskiej zawartości rtęci. Emisja rtęci do powietrza w ciągu pierwszych 10 lat użytkowania produktów zmniejszy się do 0,10 Mg.

Obniży się także znacznie emisja rtęci z praktyki dentystycznej (do 0,03 Mg), co wynikać będzie ze zmniejszenia zużycia amalgamatu dentystycznego oraz właściwego postępowania z odpadami zakaźnymi, spalanyymi w nowych zakładach termicznego przekształcania odpadów. Całkowita emisja rtęci do powietrza wyniesie 6,3 Mg.

Dla zrzutów rtęci do wody założono wdrożenie najlepszych dostępnych technik pozwalających na obniżenie emisji z procesów przemysłowych do 0,87 Mg, a emisji z oczyszczalni ścieków komunalnych do 0,49 Mg. Istotnie zmniejszy się ilość rtęci stopniowo uwalnianej ze składowisk odpadów komunalnych (1,22 Mg). Wynikać to będzie ze zmniejszonego użytkowania rtęci w produktach, jak również ze wzrostu liczby nowoczesnych spalarni odpadów. Wynikiem rocznej działalności gospodarczej i zachowań konsumentów będzie łączna emisja rtęci do środowiska oszacowana na 8,9 Mg, co stanowi prawie trzykrotny spadek emisji w stosunku do roku bazowego.

Scenariusz MFTR

Scenariusz MFTR jest prognozą maksymalnej technicznie możliwej redukcji emisji, w której w porównaniu do scenariusza EXEC zostaną zastosowane dodatkowo techniki nakierowane specjalnie na redukcję emisji rtęci [6]. Wdrożone zostaną także działania zapobiegające powstawaniu emisji rtęci (ograniczanie stosowania rtęci w produktach i jej odzysk oraz zmiany technologiczne w przemyśle).

W scenariuszu tym prognozuje się, że produkcja energii elektrycznej i ciepła nadal pozostanie dominującym źródłem emisji rtęci z procesów przemysłowych w Polsce (2,81 Mg). Prognoza zużycia paliw w tym sektorze została oparta na scenariuszu 450 ppm z raportu IEA [9], w którym spodziewany jest 24% spadek produkcji energii elektrycznej z węgla kamiennego i brunatnego oraz 50% spadek zapotrzebowania na energię z węgla poza produkcją energii elektrycznej.

Do 2020 r. energetyka i inne sektory przemysłu będą stopniowo wyposażane w obecnie nowo wprowadzane techniki (*emerging techniques*), w tym techniki usuwania metali ciężkich (węgiel aktywny, sorbenty impregnowane siarką oraz filtry aktywowane selenem). Zmniejszy się także udział spalania węgla w kotłach pyłowych na rzecz technologii spalania w złożu fluidalnym i czystych technologii węglowych. W przypadku niskiej emisji nastąpi szersza zamiana paliwa węglowego na gazowe i olejowe, wykorzystanie odnawialnych źródeł energii oraz termomodernizacja budynków.

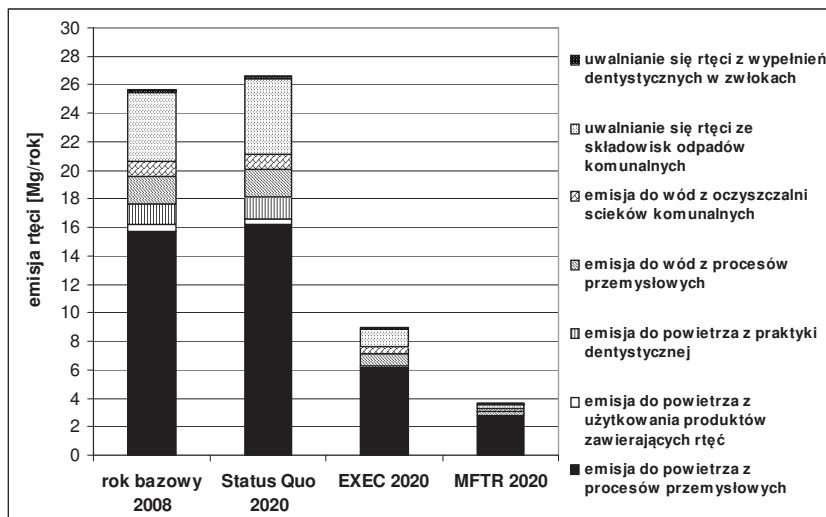
Pozostałe źródła emisji stanowiąc będą niewielki udział w strukturze emisji rtęci. Niewielkie zużycie rtęci do produkcji jedynie lamp wyładowczych spowoduje dalsze obniżenie emisji rtęci z użytkowania produktów zawierających rtęć (0,02 Mg). Zakaz stosowania amalgamatu dentystycznego w wypełnieniach dentystycznych spowoduje

wyeliminowanie problemu emisji rtęci ze spalania resztek amalgamatu z odpadami zakaźnymi. Całkowita emisja rtęci do powietrza wyniesie 2,83 Mg.

Emisja rtęci do wód i gleby ulegnie dalszemu obniżeniu (do 0,45 Mg). Niewielki zakres stosowania rtęci w produktach sprawi, że znacząco zmniejszy się potencjalne stopniowe uwalnianie się rtęci ze składowisk odpadów komunalnych (0,30 Mg). Wynikiem rocznej działalności gospodarczej i zachowań konsumentów będzie antropogeniczna emisja rtęci do środowiska, oszacowana na 3,6 Mg, co stanowi siedmiokrotny spadek emisji w stosunku do roku bazowego.

Podsumowanie

Oszacowano, że w roku bazowym 2008 emisja rtęci do powietrza wyniosła 17,7 Mg, a łączna emisja do powietrza, wód i gleby - 25,7 Mg rocznie. W scenariuszu Status Quo wzrost produkcji i konsumpcji będzie prowadzić do wzrostu emisji rtęci (rys. 1).



Rys. 1. Emisja rtęci do powietrza, wód i gleby dla poszczególnych scenariuszy

Fig. 1. Mercury emission to air, water and soil for particular scenarios

W scenariuszu EXEC emisja rtęci do powietrza zmniejszy się w 2020 r. do 6,3 Mg, a łączna emisja do powietrza, wód i gleby do 8,9 Mg. W scenariuszu MFTR emisja do powietrza osiągnie poziom 2,8 Mg Hg, a łączna emisja do środowiska - 3,6 Mg Hg rocznie.

Podziękowania

Prace prowadzone były w ramach projektu MERCPOL (Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce) w latach 2009-2010 na zamówienie ministra środowiska i sfinansowane ze środków NFOŚiGW. Autorzy dziękują Głównemu Inspektoratowi Ochrony Środowiska za pomoc.

Literatura

- [1] UNEP Chemicals Branch: The Global Atmospheric Mercury Assessment: Sources, Emissions and Transport. Geneva: UNEP-Chemicals; 2008.
- [2] AMAP/UNEP: Technical Background Report to the Global Atmospheric Mercury Assessment, Arctic Monitoring and Assessment Programme/ United Nations Environment Programme; 2008.
- [3] Głodek A, Pacyna JM. Mercury emission from coal-fired power plants in Poland. *Atmos Environ*. 2009;43:5668-5673. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2009.07.041.
- [4] Panasiuk D, Pacyna JM, Głodek A, Pacyna EG, Sebesta L, Rutkowski T. Szacowanie kosztów zanieczyszczenia rtęcią dla scenariusza status-quo, raport MERCPOL etap I. Katowice: NILU Polska; 2009 http://www.gios.gov.pl/zalaczniki/artykuly/etap1_20101022.pdf.
- [5] Kindbom K, Munthe J. Product-related emissions of Mercury to Air in the European Union. IVL Swedish Environmental Research Institute; 2007.
- [6] Panasiuk D, Pacyna JM, Głodek A, Pacyna EG, Sebesta L, Rutkowski T. Analiza kosztów i korzyści scenariusza redukcji emisji metali ciężkich i drobnego pyłu, raport MERCPOL etap III. Katowice: NILU Polska; 2010 http://www.gios.gov.pl/zalaczniki/artykuly/etap3_20101022.pdf.
- [7] Ministerstwo Gospodarki: Polityka energetyczna Polski do 2030 roku. Październik 2009. Warszawa 2009.
- [8] Panasiuk D, Pacyna JM, Głodek A, Pacyna EG, Sebesta L, Rutkowski T. Określenie poziomu kosztów i korzyści wdrożenia strategii redukcji emisji rtęci, raport MERCPOL etap II. Katowice: NILU Polska; 2010. http://www.gios.gov.pl/zalaczniki/artykuly/etap2_20101022.pdf.
- [9] IEA: Energy and CO₂ emissions scenarios of Poland, raport przygotowany pod kierownictwem Głównego Ekonomisty Międzynarodowej Agencji Energetycznej; 2010.

SCENARIOS OF MERCURY EMISSION TO AIR, WATER AND SOIL IN POLAND TO YEAR 2020

¹ NILU Polska Ltd. (daughter company of Norwegian Institute for Air Research), Katowice

² Faculty of Biology and Environmental Sciences, Cardinal Stefan Wyszyński University in Warsaw

³ Department of Analytical Chemistry, Chemical Faculty, Gdansk University of Technology

Abstract: Among European countries Poland has fourth place in mercury emission to atmosphere in 2005, mainly due to hard and brown coal combustion in energy sector. NILU Polska estimated Polish national mercury emission to air and loads discharged to water and soil for the base year 2008, then it prepared mercury emission scenarios to 2020. Inventory of emission to the atmosphere covered industrial processes, mercury use in products and dental practice. Loads of mercury discharged to water and soil were estimated for large and medium industrial facilities, municipal waste water treatment plants and also for potential mercury release from municipal landfills and dental amalgam in buried bodies. In comparative Status Quo scenario it was assumed that current practices and methods of mercury emission control will be maintained, but the growth of production and consumption will lead to the increase of mercury emission. In EXEC (EXTended Emission Control) scenario mercury emission to air will fall from 17.7 Mg in base year to 6.3 Mg in 2020 and total emission to air, water and soil from 25.7 to 8.9 Mg. In MFTR (Maximum Feasible Technical Reduction) scenario emission to air will achieve level 2.8 Mg Hg in 2020 and total emission to the environment - 3.6 Mg Hg annually.

Keywords: emission scenarios, mercury, air, water, soil