

dr inż. Damian Panasiuk*

**ZASTOSOWANIE ANALIZY PRZEPLYWU SUBSTANCJI
DO OCENY ZANIECZYSZCZENIA WÓD
METALAMI CIĘŻKIMI W POLSCE**

**APPLICATION OF THE SUBSTANCE FLOW ANALYSIS
FOR THE ASSESSMENT OF HEAVY METAL POLLUTION OF WATER
IN POLAND**

Abstract

The substance flow analysis is a useful tool of the environmental policy. The application of this method allows identifying the main sources of mercury and lead emissions to the environment. It makes it possible to show the most effective and the most cost-effective emission reduction methods. Heavy metals are one of the most hazardous contaminants for humans and the natural environment. The largest emission of mercury to the environment comes from the production of electricity and heat from hard coal and lignite. A significant mercury load is recovered or sent to landfills for hazardous waste as a result of the use of mercury-containing products and from dental practice. It would be advisable to prohibit the use of amalgam fillings to reduce the pressure on the aquatic environment instead of additional burdens for the energy sector. The largest lead emission to the air and water comes from the ferrous and non-ferrous metals industries. The electricity and heat generation is not as important in terms of lead emission as in the case of mercury emission.

Keywords: substance flow analysis, heavy metals, air, water, Poland

JEL classification: Q53, Q57, Q58

* Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie, Wydział Biologii i Nauk o Środowisku; d.panasiuk@uksw.edu.pl

Wstęp

Analiza przepływu substancji (*Substance Flow Analysis* – SFA) jest rodzajem analizy przepływu materiałów (*Material Flow Analysis* – MFA), opiera się na prawie zachowania masy i energii, a określa wielkości przepływów oraz depozytów danej substancji w systemie. Traktując systemy produkcyjne jako podsystemy środowiska, można pokazać zależności między społeczeństwem i gospodarką a środowiskiem naturalnym. Od lat 60. XX wieku metoda ta była stosowana w studiach metabolizmu miast. Później analiza przepływów międzygałęziowych (*input-output analysis*) została powiązana z danymi środowiskowymi¹.

Metoda SFA może być stosowana dla pojedynczej instalacji przemysłowej, przepływów w całym zakładzie lub na większym obszarze. Jest przydatna w prowadzeniu polityki ekologicznej, pozwala bowiem zidentyfikować główne źródła emisji zanieczyszczenia do powietrza, wód i gleby, przepływy tego zanieczyszczenia pomiędzy komponentami środowiska i instalacjami proekologicznymi, a następnie wskazać najskuteczniejsze i najefektywniejsze kosztowo metody redukcji emisji do środowiska². Metoda SFA została zastosowana po raz pierwszy dla rtęci w krajach UE-27 dla roku 2005³ oraz w Polsce dla roku 2010⁴. Rtęć razem z ołowiem i kadmem są uważane za metale ciężkie najgroźniejsze dla człowieka i środowiska naturalnego i dlatego zostały objęte analizą przepływów substancji. Celem opracowania jest identyfikacja głównych źródeł emisji rtęci i ołowiu do środowiska dla określenia sektorów przemysłowych wymagających działań redukcyjnych.

1. Inwentaryzacja emisji rtęci do powietrza

Do przeprowadzenia analizy SFA niezbędna jest najpierw inwentaryzacja emisji danego zanieczyszczenia do powietrza, wód i gleby. Ze względu na zobowiązania międzynarodowe Polska corocznie raportuje do EMEP (*European Monitoring and Evaluation Programme*) emisje do powietrza gazów powodujących kwaśne deszcze (SO_2 , NO_x), pyłów, metali ciężkich, niemetanowych lotnych związków organicznych i trwałych związków organicznych. Inwentaryzacja emisji rtęci jest

¹ K. Sundseth, J.M. Pacyna, E.G. Pacyna, D. Panasiuk, *Substance Flow Analysis of Mercury Affecting Water Quality in the European Union*, „Water Air and Soil Pollution” 2012, Vol. 223, s. 430.

² D. Panasiuk, *Analiza przepływu substancji (SFA) jako narzędzie do identyfikacji głównych problemów zanieczyszczenia rtęcią w Polsce*, [w:] *Rtęć w środowisku – identyfikacja zagrożeń dla zdrowia człowieka*, red. L. Falkowska, Uniwersytet Gdański, Gdańsk 2016, s.129–133.

³ K. Sundseth, J.M. Pacyna, E.G. Pacyna, D. Panasiuk, *Substance Flow Analysis...*, s. 429–442.

⁴ D. Panasiuk, A. Głodek, *Substance Flow Analysis for Mercury Emission in Poland*, „E3S Web of Conferences” 2013, No. 1, s. 38001.

przeprowadzana przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE) dla procesów przemysłowych oraz spalania paliw w sektorze mieszkaniowym. Zgodnie z klasyfikacją SNAP (*Selected Nomenclature for sources of Air Pollution*) głównym źródłem emisji rtęci do powietrza w Polsce jest spalanie węgla kamiennego i brunatnego w energetyce (tab. 1).

Tabela 1. Emisja rtęci do powietrza z przemysłu i sektora mieszkaniowego w Polsce w latach 2012–2016

Sektor	Emisja rtęci (Mg/rok)				
	2012	2013	2014	2015	2016
Produkcja energii elektrycznej i ciepła	5,7	5,7	5,2	5,2	5,2
Procesy spalania w sektorze komunalnym i mieszkaniowym	1,6	1,1	1,0	0,9	0,9
Pozostałe sektory przemysłowe	3,0	3,2	3,3	4,5	4,3
Razem	10,2	10,0	9,6	10,6	10,4

Źródło: opracowanie własne na podstawie KOBiZE, *Krajowy bilans emisji SO₂, NO_x, CO, NH₃, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata... w układzie klasyfikacji SNAP. Raport syntetyczny*, Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami, Warszawa 2015, 2016, 2017, 2018.

Polska jest wciąż krajem z energetyką silnie uzależnioną od stałych paliw kopalnych. W 2016 roku produkcja energii elektrycznej z tych paliw stanowiła 78% całkowitej produkcji⁵, chociaż w 2013 roku jej udział był jeszcze wyższy i stanowił 84%. W całej UE-28 udział energii elektrycznej wyprodukowanej z węgla kamiennego i brunatnego oraz łupków bitumicznych wynosił 22% w 2016 roku.

Średnia zawartość rtęci wynosi 100 mg/Mg dla polskiego węgla kamiennego oraz 250 mg/Mg dla węgla brunatnego. Pomimo tak śladowych ilości rtęci, w porównaniu z kilkuprocentową zawartością siarki, spalanie 40 mln Mg węgla kamiennego oraz 60 mln Mg węgla brunatnego do produkcji energii elektrycznej w Polsce skutkuje wprowadzaniem 19 Mg rtęci rocznie do sektora energetycznego. Na wielkość emisji rtęci do powietrza z elektrowni ma wpływ zarówno zastosowanie metod pierwotnych, np. wzbogacania węgla, jak i skuteczność stosowanych metod wtórnych, np. odpyłania i odsiarczania – w Polsce pozwala to na 70% redukcję emisji rtęci⁶.

Drugim źródłem emisji rtęci do powietrza są pozostałe sektory przemysłowe. Zgodnie z klasyfikacją NFR (*Nomenclature for Reporting*) w 2016 roku były to głównie pierwotna produkcja metali nieżelaznych (2,1 Mg), produkcja cementu

⁵ EC, *EU Energy in Figures. Statistical Pocketbook 2018*, European Commission, Luxembourg 2018, s. 90.

⁶ D. Panasiuk, *Założenia scenariuszy emisji rtęci do powietrza do roku 2020*, [w:] *Rtęć w środowisku...*, s. 12.

(0,5 Mg) i produkcja metali żelaznych (0,5 Mg)⁷. Z kolei spalanie węgla w sektorze komunalnym i mieszkaniowym (małe kotłownie i kotły indywidualne w gospodarstwach domowych) generowało emisję 0,9 Mg rtęci.

Inwentaryzacja KOBiZE nie obejmuje wszystkich źródeł emisji rtęci do powietrza. Jednym z nich jest użytkowanie produktów zawierających rtęć (baterie, sprzęt oświetleniowy, sprzęt elektryczny i elektroniczny). Na podstawie danych dla UE-25⁸ oraz uwzględniając zakaz sprzedaży termometrów rtęciowych wprowadzony w 2009 roku, oszacowano, że w produktach wprowadzonych na polski rynek w ciągu roku jest zawartych 6,6 Mg rtęci. Stale rośnie w Polsce ilość odpadów komunalnych poddawanych spalaniu (przekształcaniu termicznemu), osiągając poziom 23% odpadów w 2016 roku⁹. Rośnie również ilość odpadów zbieranych selektywnie – w 2016 roku było to 39,0% w wypadku baterii przenośnych¹⁰ oraz 78,0% w wypadku gazowych lamp wyładowczych i 39,6% dla pozostałego sprzętu elektrycznego i elektronicznego¹¹. Na podstawie tych danych oszacowano, że w ciągu 10 pierwszych lat użytkowania emisja rtęci do powietrza z tych produktów wyniesie 0,94 Mg. Ładunek 4,69 Mg rtęci będzie odzyskany i bezpiecznie składowany, kolejne 0,68 Mg trafi na składowiska odpadów komunalnych, a 0,28 Mg pozostanie w nadal użytkowanych produktach.

Innym źródłem emisji rtęci do powietrza jest praktyka dentystryczna, która konsumuje około 10 Mg rtęci rocznie. Gabinety i kliniki dentystryczne w Polsce, które podpisały kontrakty z NFZ na bezpłatne usługi dla społeczeństwa, wciąż stosują wypełnienia amalgamatowe, podczas gdy w krajach skandynawskich zostały one zakazane. Do strumienia odpadów zakaźnych wraz z resztkami starego amalgamatu dentystrycznego trafia 2,9 Mg rtęci. Nowoczesne procesy spalania odpadów niebezpiecznych pozwalają na 90% redukcję emisji rtęci. W efekcie emisja do powietrza może być oszacowana na 0,29 Mg, a pozostałe 2,61 Mg jest bezpiecznie składowane. Z gabinetów dentystrycznych są również odbierane i bezpiecznie składowane odpady niebezpieczne (nadmiar nowego amalgamatu i zebrane resztki starego amalgamatu), których ilość szacuje się na 4,9 Mg rtęci rocznie¹².

⁷ KOBiZE, *Poland's Informative Inventory Report 2018*, Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami, Warszawa 2018, s. 19–20.

⁸ P. Maxson, *Mercury Flows and Safe Storage of Surplus Mercury*, Report by Concorde East/West Sprl for DG Environment of the European Commission, Brussels 2006, s. 21.

⁹ GUS, *Ochrona środowiska 2018*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2018, s. 147.

¹⁰ GIOŚ, *Raport o funkcjonowaniu gospodarki bateriami i akumulatorami oraz zużytymi bateriami i zużytymi akumulatorami za rok 2016*, Główny Inspektor Ochrony Środowiska, Warszawa 2017, s. 24.

¹¹ GIOŚ, *Raport o funkcjonowaniu systemu gospodarki zużytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym w 2016 roku*, Główny Inspektor Ochrony Środowiska, Warszawa 2017, s. 26–27.

¹² D. Panasiuk, J.M. Pacyna, A. Głodek, E.G. Pacyna, L. Sebesta, T. Rutkowski, *Szacowanie kosztów zanieczyszczenia rtęcią dla scenariusza status-quo*, Raport dla GIOŚ, etap I, NILU Polska Sp. z o.o., Katowice 2009, s. 28–29.

Marginalnym źródłem emisji rtęci do powietrza jest kremacja zwłok, która dla Polski została oszacowana na poziomie 0,06 Mg/rok¹³.

W sumie emisja rtęci do powietrza w Polsce w 2016 roku z przemysłu, sektora mieszkaniowego, użytkowania produktów zawierających rtęć, praktyki dentystrycznej oraz kremacji zwłok została oszacowana na poziomie 11,7 Mg.

2. Inwentaryzacja emisji rtęci do wody i gleby

Dane o zrzutach rtęci do wód w Polsce zostały pozyskane z bazy danych E-PRTR (*European Pollutant Release and Transfer Register*)¹⁴. Baza ta obejmuje emisje z dużych i średnich zakładów przemysłowych oraz komunalnych oczyszczalni w miastach o wielkości ponad 100 tys. równoważnej liczby mieszkańców (RLM). Zakres źródeł emisji jest zatem węższy niż w bazie KOBiZE, gdzie szacuje się emisje do powietrza dla całej gospodarki, włącznie z gospodarstwami domowymi. Zgodnie z E-PRTR bezpośrednie (*releases*) i pośrednie zrzuty rtęci do wody (*transfers*) w Polsce w 2016 roku wyniosły 0,97 Mg, z czego 0,91 Mg pochodziło z 18 instalacji przemysłowych (bezpośrednie zrzuty z 11 zakładów i pośrednie z 7 zakładów). Głównym źródłem emisji rtęci do wody była gospodarka odpadami i ściekami przemysłowymi (0,40 Mg). Kolejne miejsca zajmowały: produkcja i obróbka metali (0,37 Mg), głównie niezależnych, oraz przemysł mineralny (0,12 Mg). W ciągu 2 lat raportowana emisja spadła dwukrotnie (tab. 2).

Tabela 2. Emisja rtęci do wód z dużych i średnich zakładów przemysłowych oraz dużych komunalnych oczyszczalni ścieków w Polsce w latach 2012–2016

Sektor	Emisja rtęci (Mg/rok)				
	2012	2013	2014	2015	2016
1. Sektor energetyczny	0,017	0,012	0,013	0,006	0,014
2. Produkcja i obróbka metali	0,741	1,824	0,833	0,611	0,368
3. Przemysł mineralny	0,192	0,234	0,162	0,137	0,116
4. Przemysł chemiczny	0,075	0,064	0,031	0,015	0,016
5. Gospodarka odpadami i ściekami	1,259	0,853	0,753	0,532	0,459
<i>w tym komunalne oczyszczalnie ścieków</i>	<i>0,258</i>	<i>0,246</i>	<i>0,357</i>	<i>0,201</i>	<i>0,063</i>
<i>w tym składowiska odpadów przemysłowych i przemysłowe oczyszczalnie ścieków</i>	<i>1,001</i>	<i>0,607</i>	<i>0,396</i>	<i>0,331</i>	<i>0,396</i>

¹³ BIO, *Study on the Potential for Reducing Mercury Pollution from Dental Amalgam and Batteries*, Raport końcowy przygotowany dla Komisji Europejskiej – DG ENV, BIO Intelligence Service, Paris 2012, s. 239.

¹⁴ EEA, *European Pollutant Release and Transfer Register*, European Environmental Agency, <https://prtr.eea.europa.eu/#/home> [dostęp: 31.12.2018].

Tabela 2 (cd.)

Sektor	Emisja rtęci (Mg/rok)				
	2012	2013	2014	2015	2016
6. Przetwarzanie papieru i drewna	0,004	0,005	0,068	0,036	–
7. Produkty zwierzęce i roślinne z sektora spożywczego i napojów	–	0,003	0,072	–	–
Razem	2,289	2,995	1,933	1,392	0,972

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EEA, *European Pollutant Release and Transfer Register*, European Environmental Agency, <https://prtr.eea.europa.eu/#/home> [dostęp: 31.12.2018].

Głównym emitentem rtęci do wód było składowisko odpadów Huty Miedzi Legnica (0,36 Mg). Następne miejsca zajmowały: Huta Miedzi Głogów (0,29 Mg), Zakłady Górniczo-Hutnicze Bolesław w Bukownie (Pion Górniczo-Przeróbczy-Kopalnia i Pion Hutniczy; razem 0,13 Mg), Instytut Metali Nieżelaznych Oddział Legnica (0,06 Mg) i PCC Rokita w Brzegu Dolnym (0,02 Mg).

Do bazy E-PRTR raportowane były także zrzuty rtęci z 14 komunalnych oczyszczalni ścieków w większych miastach (bezpośrednie zrzuty z 13 obiektów i pośrednie z 1 obiektu). Emisja pochodząca z gospodarstw domowych oraz małych zakładów przemysłowych i usługowych wyniosła 0,063 Mg w 2016 roku i pokazuje sytuację przed wprowadzeniem obowiązku montowania separatorów amalgamatu w gabinetach dentystycznych od 2019 roku. Największe zrzuty rtęci do wód były raportowane dla oczyszczalni „Pomorzany” w Szczecinie (0,012 Mg), następnie w Opolu (0,009 Mg) i Łodzi (0,009 Mg).

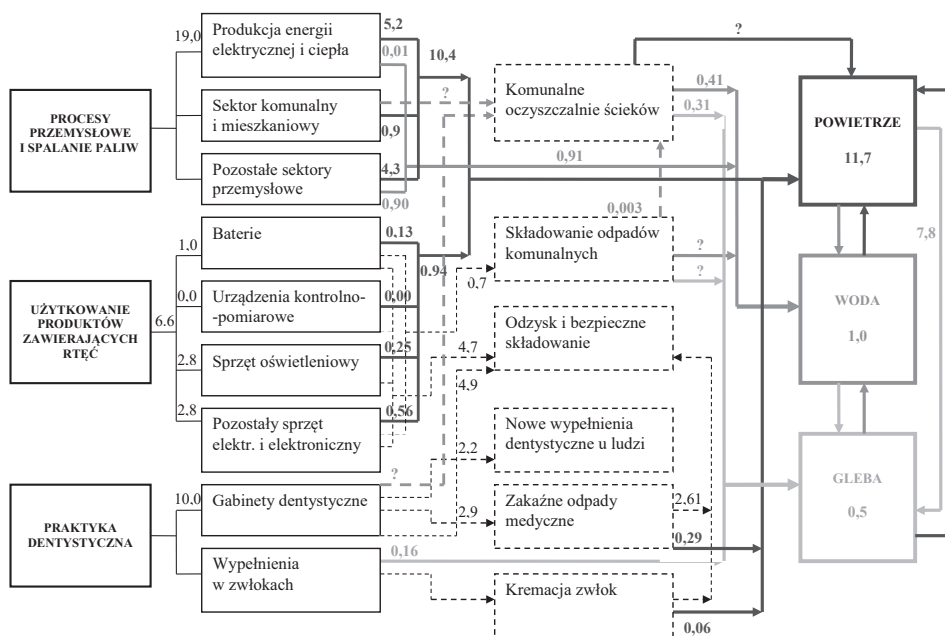
Źródłem emisji rtęci do gleby są także wykorzystywane rolniczo osady ściekowe z komunalnych oczyszczalni ścieków. Emisja ta została oszacowana dla Polski przez zespół IETU¹⁵ na poziomie 0,31 Mg/rok. Od 2016 roku nie można już składować osadów ściekowych, ale nie zmieniły się zasady ich wykorzystywania rolniczo. Innym źródłem emisji rtęci do wód i gleby jest jej uwalnianie się z dentystycznych wypełnień amalgamatowych w pogrzebanych zwłokach. W wypełnieniach tych rtęć jest trwale związana z innymi metalami, ale stanowi aż połowę masy wypełnienia. Na podstawie danych o udziale pogrzebów ziemnych oraz założenia, że 20% rtęci z wypełnień przenika do wód gruntowych, zespół NILU Polska oszacował roczną emisję z tego źródła w Polsce na poziomie 0,16 Mg¹⁶.

¹⁵ IETU, *COHIBA Work Package 4. Summary report Poland*, Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowanych, Katowice 2011, s. 239.

¹⁶ D. Panasiuk, J.M. Pacyna, A. Głodek, E.G. Pacyna, L. Sebesta, T. Rutkowski, *Szacowanie kosztów zanieczyszczenia rtęcią dla scenariusza status-quo*, s. 29–30.

3. Analiza przepływu substancji dla rtęci w 2016 roku

W sumie zidentyfikowana emisja rtęci do powietrza, wód i gleby wyniosła 13,2 Mg. Ponadto pomiędzy instalacjami proekologicznymi i komponentami środowiska zachodzą przepływy ładunków zanieczyszczenia. Szacuje się, że z odciekami ze składowisk odpadów komunalnych do oczyszczalni ścieków trafia rocznie 3 kg rtęci. Z kolei roczna depozycja rtęci z atmosfery do gleby, w oparciu o wskaźnik 25 g/km²/rok, została oszacowana na poziomie 7,8 Mg¹⁷. Przepływy te zostały zobrazowane na rysunku 1.



Rysunek 1. Analiza przepływu substancji dla rtęci w Polsce w 2016 roku (Mg/rok)

Źródło: opracowanie własne.

Największa emisja rtęci do środowiska pochodzi z produkcji energii elektrycznej i ciepła (5,2 Mg). Znaczący ładunek rtęci (12,2 Mg) podlega odzyskowi lub trafia na składowiska odpadów niebezpiecznych w wyniku użytkowania produktów zawierających rtęć i z praktyki dentystycznej. W efekcie zmian w gospodarce odpadami na składowiska odpadów komunalnych trafia już tylko ładunek 0,7 Mg rtęci. Dane o zrzutach rtęci do wód i gleby są ograniczone. Warto jednak przyjrzeć się praktyce dentystycznej. Dane z innych krajów wskazują, że nawet 20% ładunku rtęci trafiającego do kanalizacji może pochodzić z gabinetów i klinik

¹⁷ IETU, COHIBA Work Package 4. Summary report Poland, s. 239.

dentystycznych w wyniku stosowania amalgamatu dentystycznego. W celu zredukowania tej emisji wprowadzono obowiązek używania separatorów amalgamatu dentystycznego od 1 stycznia 2019 roku. Skuteczniejszy byłby jednak zakaz stosowania wypełnień amalgamatowych poza szczególnymi przypadkami. Wykorzystanie rtęci w praktyce dentystycznej wprowadza na rynek strumień rtęci szacowany na 10 Mg/rok. Koszty rezygnacji NFZ z amalgamatu dentystycznego na rzecz wypełnień kompozytowych (40 tys. zł/kg) byłyby niższe niż potencjalny obowiązek stosowania iniekcji węgla aktywnego w sektorze energetycznym (do 1 mln zł/kg)¹⁸.

4. Analiza przepływu substancji dla ołowiu w 2016 roku

Według danych KOBiZE emisja ołowiu do powietrza w 2016 roku wyniosła 418 Mg¹⁹, z czego 310 Mg pochodziło z procesów przemysłowych. Zgodnie z klasyfikacją NFR emisja ołowiu w 2016 roku pochodziła głównie z przemysłu metali nieżelaznych (176 Mg), produkcji żelaza i stali (84 Mg), sektora komunalnego i mieszkaniowego (52 Mg), produkcji energii elektrycznej i ciepła (27 Mg), spalania odpadów komunalnych (17 Mg), rolnictwa (10 Mg) i transportu drogowego (6 Mg)²⁰. W wyniku stosowania elektrofiltrów sektor energetyczny w Polsce emituje mniej ołowiu niż gospodarstwa domowe.

Według danych E-PRTR bezpośrednio i pośrednio zrzuty ołowiu do wody w Polsce w 2016 roku wyniosły 34,1 Mg, z czego 32,4 Mg pochodziło z 28 instalacji przemysłowych (bezpośrednie zrzuty z 21 zakładów i pośrednie z 7 zakładów). Głównym źródłem emisji ołowiu do wody była produkcja i obróbka metali (20,4 Mg). Kolejne miejsca zajmowały: gospodarka odpadami i ściekami przemysłowymi (7,2 Mg) oraz przemysł mineralny (4,4 Mg). W ciągu 2 lat raportowana emisja spadła dwukrotnie (tab. 3).

Głównym emitentem ołowiu (tj. źródłem emisji cząstek lub energii) do wód była Huta Miedzi Głogów wraz z oczyszczalnią ścieków przemysłowych (razem 19,0 Mg). Następne miejsca zajmowały: składowisko odpadów Huty Miedzi Legnica (6,2 Mg), Zakłady Górniczo-Hutnicze Bolesław w Bukownie (Pion Górniczo-Przeróbczy-Kopalnia i Pion Hutniczy; razem 4,2 Mg), Instytut Metali

¹⁸ D. Panasiuk, J.M. Pacyna, A. Głodek, E.G. Pacyna, L. Sebesta, T. Rutkowski, *Określenie poziomu kosztów i korzyści wdrożenia strategii redukcji emisji rtęci*, Raport dla GIOŚ, etap II, NILU Polska Sp. z o.o., Katowice 2010, s. 70–71.

¹⁹ KOBiZE, *Krajowy bilans emisji SO₂, NO_x, CO, NH₃, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 2015–16 w układzie klasyfikacji SNAP. Raport syntetyczny*, Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami, Warszawa 2018, s. 22.

²⁰ KOBiZE, *Poland's Informative Inventory Report 2018*, s. 19–20.

Nieżelaznych Oddział Legnica (1,0 Mg) oraz instalacje spiekania w hucie żelaza Arcelor Mittal Poland w Dąbrowie Górniczej (0,2 Mg).

Tabela 3. Emisja ołowiu do wód z dużych i średnich zakładów przemysłowych oraz dużych komunalnych oczyszczalni ścieków w Polsce w latach 2012–2016

Sektor	Emisja ołowiu (Mg/rok)				
	2012	2013	2014	2015	2016
1. Sektor energetyczny	1,300	0,285	0,020	0,218	0,100
2. Produkcja i obróbka metali	30,882	32,792	37,110	30,256	20,371
3. Przemysł mineralny	31,421	34,600	40,200	28,900	4,427
4. Przemysł chemiczny	0,625	0,569	0,372	0,355	0,339
5. Gospodarka odpadami i ściekami	24,260	13,770	9,780	3,540	8,950
<i>w tym komunalne oczyszczalnie ścieków</i>	<i>2,070</i>	<i>1,568</i>	<i>1,860</i>	<i>1,854</i>	<i>1,739</i>
<i>w tym składowiska odpadów przemysłowych i przemysłowe oczyszczalnie ścieków</i>	<i>22,190</i>	<i>12,202</i>	<i>7,920</i>	<i>1,686</i>	<i>7,211</i>
6. Przetwarzanie papieru i drewna	0,214	0,071	0,036	0,093	–
7. Produkty zwierzęce i roślinne z sektora spożywczego i napojów	0,147	0,157	0,151	–	–
Razem	88,900	82,200	87,700	80,800	34,120

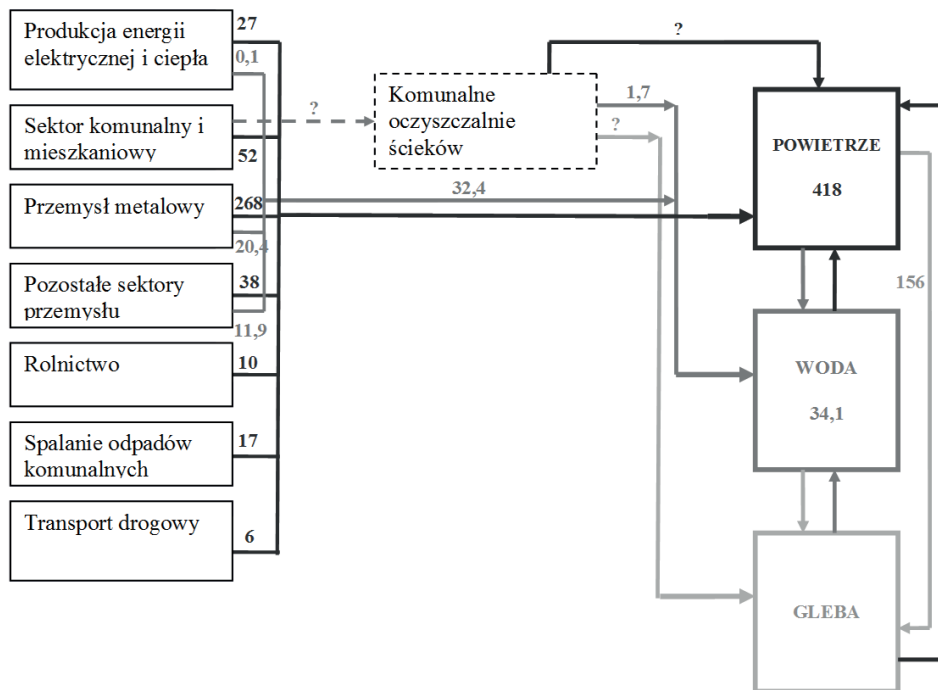
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych EEA, *European Pollutant Release and Transfer Register*, European Environmental Agency, <https://prtr.eea.europa.eu/#/home> [dostęp: 31.12.2018].

Do bazy E-PRTR raportowane były także zrzuty ołowiu z 20 komunalnych oczyszczalni ścieków w większych miastach (bezpośrednie zrzuty z 19 obiektów i pośrednie z 1 obiektu) w łącznej wielkości 1,7 Mg w 2016 roku. Największe zrzuty ołowiu do wód były raportowane dla oczyszczalni „Dąbrowka Mała-Centrum” w Katowicach (0,49 Mg), następnie dla oczyszczalni „Radocha” w Sosnowcu (0,28 Mg), w Łodzi (0,24 Mg) i w Oświęcimiu (0,24 Mg)²¹.

W sumie zidentyfikowana emisja ołowiu do powietrza i wód wyniosła 453 Mg. Brak szacunków emisji do gleby z komunalnych oczyszczalni ścieków. Roczna depozycja ołowiu z atmosfery do gleby, w oparciu o wskaźnik 0,5 kg/km²/rok, została oszacowana na poziomie 156 Mg²². Przepływy te zostały zobrazowane na rysunku 2.

²¹ D. Panasiuk, N. Kędzierska, J.M. Antonowicz, *Substance Flow Analysis for Lead in Poland for Year 2016*, [w:] *V-th International Extramural Scientific-practical Conference „Current Issues of Biological Science”: Book of Articles*, red. M. Davitashvili i in. [w druku].

²² IETU, *COHIBA Work Package 4. Summary Report Poland*, s. 239.



Rysunek 2. Analiza przepływu substancji dla ołowiu w Polsce w 2016 roku (Mg/rok)

Źródło: opracowanie własne na podstawie D. Panasiuk, N. Kędzierska, J.M. Antonowicz, *Substance flow analysis for lead in Poland for year 2016*, [w:] *V-th International Extramural Scientific-practical Conference „Current Issues of Biological Science”: Book of Articles*, red. M. Davitashvili i in. [w druku].

Największa emisja ołowiu do środowiska pochodzi z przemysłu metali żelaznych i nieżelaznych (268 Mg do powietrza i 20,4 Mg do wody). Produkcja energii elektrycznej i ciepła nie jest tak ważnym źródłem emisji ołowiu (27 Mg do powietrza i 0,1 Mg do wody) jak w wypadku emisji rtęci. Do przeprowadzenia pełnej analizy przepływów substancji potrzebne jest oszacowanie emisji z produktów zawierających ołów.

Podsumowanie

Analiza przepływu substancji dla metali ciężkich wskazuje główne źródła emisji tych zanieczyszczeń w Polsce. W wypadku emisji rtęci do powietrza jest nim spalanie węgla kamiennego i brunatnego w energetyce (50% emisji do powietrza i 1% emisji do wody), a w drugiej kolejności przemysł metali nieżelaznych

(odpowiednio 20% i 38% emisji). Selektywna zbiórka odpadów komunalnych pozwala na większy poziom odzysku i bezpiecznego składowania rtęci z baterii, lamp oraz innego sprzętu elektrycznego i elektronicznego. Problemem pozostaje stosowanie wypełnień amalgamatowych w praktyce dentystycznej, co skutkuje emisjami do powietrza i wód oraz koniecznością utylizacji odpadów niebezpiecznych. W wypadku ołowiu głównym źródłem emisji, zarówno do powietrza, jak i do wody, jest przemysł metali nieżelaznych (42% emisji do powietrza i 1% emisji do wody), podczas gdy sektor energetyczny nie generuje takiego udziału (odpowiednio 6% i 60% emisji). Wynika to z właściwości fizycznych analizowanych metali ciężkich, z których ołów można zatrzymać w procesach odpylania. Natomiast bardziej lotna rtęć nie wiąże się tak z pyłem i nawet procesy odsiarczania w elektrowniach nie wystarczają do oczyszczenia gazów odlotowych.

Bibliografia

- BIO, *Study on the Potential for Reducing Mercury Pollution from Dental Amalgam and Batteries*, Raport końcowy przygotowany dla Komisji Europejskiej – DG ENV, BIO Intelligence Service, Paris 2012.
- EC, *EU Energy in Figures. Statistical Pocketbook 2018*, European Commission, Luxembourg 2018.
- EEA, *European Pollutant Release and Transfer Register*, European Environmental Agency, <https://prtr.eea.europa.eu/#/home> [dostęp: 31.12.2018].
- GIOŚ, *Raport o funkcjonowaniu gospodarki bateriami i akumulatorami oraz zużytymi bateriami i zużytymi akumulatorami za rok 2016*, Główny Inspektor Ochrony Środowiska, Warszawa 2017.
- GIOŚ, *Raport o funkcjonowaniu systemu gospodarki zużytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym w 2016 roku*, Główny Inspektor Ochrony Środowiska, Warszawa 2017.
- GUS, *Ochrona środowiska 2018*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2018.
- IETU, *COHIBA Work Package 4. Summary Report Poland*, Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych, Katowice 2011.
- KOBiZE, *Krajowy bilans emisji SO₂, NO_x, CO, NH₃, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata... w układzie klasyfikacji SNAP. Raport syntetyczny*, Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami, Warszawa 2015, 2016, 2017, 2018.
- KOBiZE, *Poland's Informative Inventory Report 2018*, Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami, Warszawa 2018.
- Maxson P., *Mercury Flows and Safe Storage of Surplus Mercury*, Report by Concorde East/West Sprl for DG Environment of the European Commission, Brussels 2006.
- Panasiuk D., *Analiza przepływu substancji (SFA) jako narzędzie do identyfikacji głównych problemów zanieczyszczenia rtęcią w Polsce*, [w:] *Rtęć w środowisku – identyfikacja zagrożeń dla zdrowia człowieka*, red. L. Falkowska, Uniwersytet Gdański, Gdańsk 2016, s. 129–133.
- Panasiuk D., *Założenia scenariuszy emisji rtęci do powietrza do roku 2020*, [w:] *Rtęć w środowisku – identyfikacja zagrożeń dla zdrowia człowieka*, red. L. Falkowska, Uniwersytet Gdański, Gdańsk 2013, s. 11–17.
- Panasiuk D., Głodek A., *Substance Flow Analysis for Mercury Emission in Poland*, „E3S Web of Conferences” 2013, No. 1, s. 38001.

- Panasiuk D., Kędzierska N., Antonowicz J.M., *Substance Flow Analysis for Lead in Poland for Year 2016*, [w:] *V-th International Extramural Scientific-practical Conference "Current Issues of Biological Science"*: *Book of Articles*, red. Davitashvili M. i in. [w druku].
- Panasiuk D., Pacyna J.M., Głodek A., Pacyna E.G., Sebesta L., Rutkowski T., *Określenie poziomu kosztów i korzyści wdrożenia strategii redukcji emisji rtęci*, Raport dla GIOŚ, etap II, NILU Polska Sp. z o.o., Katowice 2010.
- Panasiuk D., Pacyna J.M., Głodek A., Pacyna E.G., Sebesta L., Rutkowski T., *Szacowanie kosztów zanieczyszczenia rtęcią dla scenariusza status-quo*, Raport dla GIOŚ, etap I, NILU Polska Sp. z o.o., Katowice 2009.
- Sundseth K., Pacyna J.M., Pacyna E.G., Panasiuk D., *Substance Flow Analysis of Mercury Affecting Water Quality in the European Union*, „Water Air and Soil Pollution” 2012, Vol. 223, s. 429–442.

Streszczenie

Analiza przepływu substancji jest przydatna w prowadzeniu polityki ekologicznej. Zastosowanie tej metody pozwoliło zidentyfikować główne źródła emisji rtęci i ołowiu do środowiska. Umożliwia to wskazanie najskuteczniejszych i najefektywniejszych kosztowo metod redukcji emisji. Metale ciężkie to jedne z najgroźniejszych dla człowieka i środowiska naturalnego zanieczyszczeń. Największa emisja rtęci do środowiska pochodzi z produkcji energii elektrycznej i ciepła z węgla kamiennego i brunatnego. Znaczący ładunek rtęci podlega odzyskowi lub trafia na składowiska odpadów niebezpiecznych w wyniku użytkowania produktów zawierających rtęć i z praktyki dentystycznej. Wskazany byłby zakaz stosowania wypełnień amalgamatowych w celu zmniejszenia presji na środowisko wodne zamiast dodatkowych obciążeń dla sektora energetycznego. Największa emisja ołowiu do powietrza i wody pochodzi z przemysłu metali żelaznych i nieżelaznych. Produkcja energii elektrycznej i ciepła nie jest tak ważnym źródłem emisji ołowiu, jak w wypadku emisji rtęci.

Słowa kluczowe: analiza przepływu substancji, metale ciężkie, powietrze, woda, Polska

Numer klasyfikacji JEL: Q53, Q57, Q58