



NILU Polska Sp. z o.o., 40-514 Katowice, ul. Ceglana 4
tel. 32 2570858, e-mail: nilu@nilu.pl

*Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia
ludzkiego i środowiska związanych
z redukcją emisji rtęci w Polsce*

Etap I

(Umowa nr 397/09/Wn50/NE-OA-Tx/D)



Sfinansowano ze środków Narodowego Funduszu
Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej
na zamówienie Ministra Środowiska

Katowice, grudzień 2009

Zleceniodawca: Główny Inspektorat Ochrony Środowiska
ul. Wawelska 52/54
00-922 Warszawa

Finansujący: Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej
ul. Konstruktorska 3a
02-673 Warszawa

***Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i
środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce***

Etap I

Szacowanie kosztów zanieczyszczenia rtęcią dla scenariusza status-quo

Dyrektor NILU Polska:
mgr inż. Leszek Sebesta

Kierownik pracy:
dr inż. Damian Panasiuk

Skład zespołu autorskiego raportu z Etapu I:

dr inż. Damian Panasiuk
prof. dr hab. inż. Józef M. Pacyna
mgr inż. Anna Głodek
mgr inż. Elżbieta G. Pacyna
mgr inż. Leszek Sebesta
Tomasz Rutkowski

Synteza

Opracowanie wykonano na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska sfinansowane przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (umowa nr 397/09/Wn50/NE-OA-Tx/D z dnia 28 sierpnia 2009r.). Praca składa się z 5 rozdziałów i 62 stron.

W ramach etapu I *Szacowanie kosztów zanieczyszczenia rtęcią dla scenariusza status-quo* zostały oszacowane straty dla zdrowia ludzkiego - koszty emisji rtęci do powietrza w Polsce dla scenariusza status-quo. W scenariuszu tym założono, że do 2020r. będą utrzymane bieżące praktyki i metody kontroli emisji rtęci z końca 2008r., ale wzrost produkcji i konsumpcji będzie prowadzić do wzrostu emisji rtęci. Scenariusz status-quo jest tylko scenariuszem porównawczym. Oczekuje się, że w rzeczywistości presja krajowa i międzynarodowa spowoduje działania skutkujące redukcją emisji rtęci. Efekty wdrożenia przepisów prawnych obowiązujących od stycznia 2009r. zostaną przedstawione w scenariuszach EXEC i MFTR w raporcie z etapu III niniejszego opracowania.

W celu oszacowania kosztów społecznych zanieczyszczenia rtęcią, niezbędne było określenie poziomów emisji rtęci dla roku bazowego 2008, do powietrza oraz do wód i gleby, które były podstawą dla dalszych prognoz emisji rtęci dla scenariusza status-quo dla 2020r. W przypadku braku danych dla roku 2008, stosowano dane z ostatniego znanego roku lub dla uniknięcia wpływu warunków meteorologicznych dane średnioroczne z ostatnich lat.

Emisję rtęci do powietrza w Polsce oszacowano dla źródeł emisji, jakimi są procesy przemysłowe, użytkowanie produktów zawierających rtęć, jak również emisje wynikające z praktyki dentystycznej. Emisję rtęci z procesów przemysłowych do powietrza wyznaczono jako wartość średnioroczną z danych dla lat 2005-2007, które zostały ujęte wg systematyki CORINAIR-SNAP i taka też systematyka została następnie przyjęta dla scenariuszy emisji rtęci.

Emisja rtęci do powietrza z użytkowania produktów zawierających rtęć, dla głównych grup produktów została oszacowana dla roku bazowego 2008 z wykorzystaniem modelu dystrybucji i emisji, w odniesieniu do grup produktów, jakimi są: baterie, urządzenia kontrolno-pomiarowe, sprzęt oświetleniowy oraz sprzęt elektryczny i elektroniczny. Uwzględnione zostały różne sposoby uwalniania się rtęci z produktów, wynikające z bieżącego użytkowania produktów lub będące rezultatem gospodarki ich odpadami. Dystrybucję rtęci poprzez wymienione sposoby uwalniania z produktów obliczono za pomocą wskaźników dystrybucji, opartych na danych o poziomach zbierania poszczególnych produktów i ilości odpadów komunalnych unieszkodliwianych termicznie. Następnie, stosując odpowiednie wskaźniki emisji, wyznaczona została emisja rtęci dla poszczególnych grup produktów, jako pojawiająca się w pierwszym roku użytkowania produktów oraz emitowana w ciągu pierwszych 10 lat użytkowania.

Uwzględniono także emisję rtęci do powietrza z wypełnień dentystycznych, którą oszacowano jako wielkość wynikającą ze spalania odpadów zużytego amalgamatu wraz z odpadami zakaźnymi oraz będącą wynikiem procesów kremacji zwłok. Całkowita emisja rtęci do powietrza dla scenariusza status-quo w 2020r. wyniesie 18,2 ton rocznie, z czego większość będzie pochodzić z procesów przemysłowych.

Emisja rtęci do wód i gleby w Polsce została oszacowana dla źródeł zanieczyszczeń, jakimi są duże i średnie zakłady przemysłowe, składowiska odpadów przemysłowych, komunalne oczyszczalnie ścieków w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców, jak również dla stopniowego uwalniania się rtęci ze składowisk odpadów komunalnych oraz z wypełnień dentystycznych z grzebanych zwłok.

Emisja rtęci do wód z procesów przemysłowych i komunalnych oczyszczalni ścieków została oszacowana jako emisja bezpośrednia i pośrednia na podstawie dostępnych dla roku 2007 danych E-PRTR. Rozpatrzono oddzielnie bezpośrednią i pośrednią emisję z dużych i średnich zakładów przemysłowych razem z oczyszczalniami ścieków przemysłowych, pośrednią emisję ze składowisk odpadów przemysłowych innych niż niebezpieczne oraz bezpośrednią emisję z oczyszczalni ścieków komunalnych (z małych zakładów przemysłowych i od ludności) w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców. Emisja rtęci do wód z procesów przemysłowych i komunalnych oczyszczalni ścieków dla scenariusza status-quo w 2020r. wyniesie 2,97 ton rocznie.

Uwalnianie się rtęci do wód ze składowisk odpadów komunalnych zostało oszacowane na podstawie danych o ilości rtęci trafiającej na składowiska odpadów komunalnych, dla poszczególnych grup produktów zawierających rtęć z uwzględnieniem poziomów zbierania odpadów tych produktów. Oszacowana została ilość rtęci trafiająca na składowiska w ciągu pierwszego roku i dalszych lat użytkowania produktów, a w efekcie potencjalne stopniowe uwalnianie się rtęci z produktów trafiających na składowiska odpadów w ciągu 10 lat.

Potencjalne stopniowe uwalnianie się rtęci do wód gruntowych z wypełnień dentystycznych oszacowano na podstawie założeń dotyczących ilości zwłok grzebanych w ziemi oraz ilości rtęci uwalnianej z wypełnień dentystycznych. Potencjalne uwalnianie się rtęci ze składowisk odpadów komunalnych i wypełnień dentystycznych dla scenariusza status-quo w 2020r. wyniesie 5,48 ton rocznie.

Na podstawie szacunków dla roku bazowego o emisji rtęci do powietrza oraz emisji rtęci do wód i gleby oszacowano przyszłą emisję dla scenariusza status-quo dla 2020r. Przyjęto, iż utrzymane zostaną bieżące praktyki i metody kontroli emisji rtęci (brak dodatkowych działań) oraz nastąpi wzrost produkcji i konsumpcji. Dla tak przyjętych założeń wyznaczono, iż całkowita krajowa antropogeniczna emisja rtęci do powietrza, wód i gleby wzrośnie z 25,7 ton w roku bazowym 2008 do 26,6 ton w 2020r.

Rozpatrując poszczególne źródła emisji rtęci do powietrza, dla scenariusza status-quo w 2020r. wg projektu Polityki energetycznej Polski wzrośnie emisja z procesów przemysłowych w wyniku zwiększonego zużycia węgla w elektrowniach i braku istotnych zmian w pozostałych sektorach przemysłu. Emisja do powietrza z użytkowania produktów zawierających rtęć będzie zbliżona do emisji dla roku bazowego, gdyż zużycie model konsumpcji i gospodarka odpadami nie ulegną zmianie. Wyjątek stanowi prognozowany wzrost ilości rtęci wprowadzonej na rynek w bateriach. Emisja do powietrza wynikająca z praktyki dentystycznej ulegnie zmianie w stosunku do roku bazowego ze względu na wzrost ilości zwłok poddawanych procesom kremacji.

W przypadku emisji rtęci do wód dla rozpatrywanego scenariusza założono, iż emisja z procesów przemysłowych i komunalnych oczyszczalni ścieków nie ulegnie zmianie w stosunku do roku bazowego. Ilość rtęci potencjalnie uwalniającej się do wód i gleby ze składowisk odpadów komunalnych wyznaczone zostało przy założeniu, że model konsumpcji

Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. Etap I.

- za wyjątkiem grupy baterii - pozostanie niezmienny w stosunku do roku bazowego. Prognozowany jest spadek ilości rtęci potencjalnie uwalniającej się z wypełnień dentystrycznych ze względu na prognozowany wzrost ilości zwłok poddawanych procesom kremacji, a w konsekwencji zmniejszenie ilości zwłok grzebanych w ziemi.

Prognoza emisji rtęci do środowiska dla scenariusza status-quo w 2020r. oraz zebrane w projekcie DROPS i GLOCBA-SE dane o kosztach krańcowych emisji rtęci (dla ekspozycji przez spożywanie pokarmów i oddychanie) zostały wykorzystane do oszacowania rocznych kosztów zanieczyszczenia rtęcią w Polsce dla scenariusza status-quo. Na koszty te złożyły się straty związane z obniżeniem ilorazu inteligencji IQ społeczeństwa (zmniejszenie produktywności i dodatkowe wydatki edukacyjne), straty związane z chorobami serca i nowotworami (koszty leczenia i absencji w pracy oraz skutki przedwczesnej śmierci) oraz koszty dla środowiska naturalnego.

Wśród efektów oddziaływania rtęci na organizm człowieka najlepiej przebadanym jest efekt uszkodzenia przez metylortęć centralnego układu nerwowego i mózgu. Najbardziej wrażliwe na działanie metylortęci są płody ludzkie. Spożywanie przez matkę w okresie ciąży rtęci zakumulowanej w żywności np. rybach morskich może skutkować obniżeniem ilorazu inteligencji IQ, a nawet autyzmem dzieci. Za bezpieczną dawkę rtęci przyjmowaną z żywnością przyjmuje się 5,7 μg MeHg/dzień na osobę. Dla ekspozycji poprzez spożywanie pokarmów przyjęto koszt krańcowy równy 8.000 euro/kg Hg stosowany dla Polski w innych projektach.

Rtęć zwiększa także ryzyko wystąpienia zawału serca oraz alergii i zmian nowotworowych. Koszty społeczne związane są przypadkami nadciśnienia osób dorosłych i dzieci, nieśmiertelnych przypadków zawałów serca oraz przedwczesnej śmierci. Powyższe społeczne koszty zdrowotne zostały oszacowane jako 7 razy wyższe od tych, które związane są z obniżeniem inteligencji.

Przy założeniu kosztu krańcowego 8.000 euro/kg Hg koszty zdrowotne wynikające z obniżenia ilorazu inteligencji IQ w Polsce zostały oszacowane na 213 mln euro (852 mln złotych) rocznie. Całkowite koszty zdrowotne zanieczyszczenia rtęcią dla scenariusza status-quo zostały oszacowane na 1,7 mld euro (6,8 mld złotych).

Istnieją także negatywne efekty oddziaływania rtęci na dzikie zwierzęta (ptaki i ssaki) spożywające ryby: uszkodzenia mięśni i systemu nerwowego zwierząt oraz zmniejszenie zdolności rozrodczych i utrzymania potomstwa. Całkowite koszty zanieczyszczenia środowiska rtęcią są 4-krotnie wyższe od kosztów zdrowotnych i zostały oszacowane na 7 mld euro (27 mld złotych) rocznie.

Największe koszty zanieczyszczenia rtęcią środowiska związane są z emisją rtęci do powietrza z procesów przemysłowych, szczególnie z energetyki i ciepłownictwa. Istotną pozycję zajmują także koszty potencjalnego uwalniania się rtęci ze składowisk odpadów komunalnych oraz emisji do powietrza z praktyki dentystrycznej.

W opracowaniu omówiono także niepewność wyniku, będącą efektem niepewności oszacowań poszczególnych elementów rachunku, w szczególności wartości kosztu krańcowego obniżenia ilorazu inteligencji dla społeczeństwa Polski.

SPIS TREŚCI

Cel pracy.....	8
Wstęp.....	8
1. Emisja rtęci do powietrza z Polski dla roku bazowego.	9
1.1. Inwentaryzacje emisji rtęci do powietrza z Polski z procesów przemysłowych.....	9
1.2. Emisja rtęci do powietrza z Polski z procesów przemysłowych w latach 2005-2007.....	12
1.3. Metodologia szacowania emisji rtęci do powietrza z użytkowania produktów zawierających rtęć i zużycie rtęci w Polsce.	13
1.4. Dopuszczalna zawartość rtęci w produktach zawierających rtęć oraz poziomy zbierania, odzysku i recyklingu produktów w Polsce. .	15
1.5. Emisja rtęci do powietrza z Polski z użytkowania produktów zawierających rtęć w 2008r.....	25
1.6. Emisja rtęci do powietrza z praktyki dentystycznej.....	28
2. Emisja rtęci do wód i gleby z Polski dla roku bazowego.....	30
2.1. Emisja rtęci do wód z procesów przemysłowych i komunalnych oczyszczalni ścieków.	30
2.2. Zdolność produkcyjna przemysłu chlorowego w Polsce.	35
2.3. Uwalnianie się rtęci do wód ze składowisk odpadów komunalnych.	36
3. Prognoza emisji rtęci z Polski w roku 2020.....	37
3.1. Scenariusz SQ emisji rtęci do powietrza do roku 2020.	37
3.2. Scenariusz SQ emisji rtęci do wód i gleby w 2020r.	40
3.3. Całkowita emisja rtęci z Polski dla roku bazowego.	41
3.4. Prognoza emisji rtęci z Polski w 2020r. dla scenariusza SQ.	43
4. Metody szacowania kosztów zanieczyszczenia rtęcią.	46
4.1. Oddziaływanie rtęci na organizm człowieka.	46
4.2. Szacunki kosztów zdrowotnych zanieczyszczenia rtęcią.	48
4.3. Szacunki całkowitych kosztów zanieczyszczenia rtęcią środowiska.	50
5. Koszty zanieczyszczenia rtęcią w Polsce.....	51
5.1. Koszty zdrowotne zanieczyszczenia rtęcią dla scenariusza status-quo.	51
5.2. Całkowite koszty zanieczyszczenia rtęcią środowiska dla scenariusza status-quo.	53
5.3. Niepewność wyniku.	55
Wnioski.....	56
Bibliografia.....	58

Spis tabel

nr	tytuł	str.
Tabela 1.	Całkowita emisja rtęci do powietrza z obszaru Polski z procesów przemysłowych w inwentaryzacjach IOŚ.	10
Tabela 2.	Wskaźniki emisji stosowane w inwentaryzacjach IOŚ (2003, 2007, 2009a,b,c) emisji rtęci do powietrza z lat 1999-2007.	10
Tabela 3.	Bezpośrednia emisja rtęci do powietrza z procesów przemysłowych w Polsce wg wstępnej inwentaryzacji i rekalkulacji emisji dla 2005r. (IOŚ 2007; 2009a).	12
Tabela 4.	Obliczone poziomy odzysku i recyklingu baterii i ogniw galwanicznych oraz ich masa poddana tym procesom w Polsce w latach 2003-2007 z uwzględnieniem nadwyżki z roku poprzedniego (GUS 2005, 2008).	17
Tabela 5.	Obliczone poziomy odzysku i recyklingu sprzętu oświetleniowego oraz jego masa poddana tym procesom w Polsce w latach 2003-2007 z uwzględnieniem nadwyżki z roku poprzedniego (GUS 2005, 2008).	19
Tabela 6.	Osiągnięty poziom zbierania i masa sprzętu oświetleniowego w Polsce w latach 2006-2008 (GIOŚ 2007, 2008, 2009).	19
Tabela 7.	Osiągnięte poziomy odzysku i recyklingu sprzętu oświetleniowego oraz jego masa poddana tym procesom w Polsce w latach 2006-2008 (GIOŚ 2007, 2008, 2009).	21
Tabela 8.	Osiągnięty poziom zbierania i masa pozostałego sprzętu elektrycznego i elektronicznego w Polsce w latach 2006-2008 (GIOŚ 2007, 2008, 2009).	22
Tabela 9.	Osiągnięty poziom zbierania sprzętu elektrycznego i elektronicznego w Polsce w latach 2006-2008 w przeliczeniu na mieszkańca (GIOŚ 2007, 2008, 2009).	23
Tabela 10.	Osiągnięte poziomy odzysku i recyklingu sprzętu elektrycznego i elektronicznego oraz jego masa poddana tym procesom w Polsce w latach 2006-2008 (GIOŚ 2007, 2008, 2009).	24
Tabela 11.	Wskaźniki dystrybucji dla poszczególnych produktów zawierających rtęć i sposobów jej uwalniania (dystrybucji).	25
Tabela 12.	Emisja rtęci do powietrza w Polsce z użytkowania produktów zawierających rtęć wprowadzonych na rynek w 2008r. (kg/rok)	27
Tabela 13.	Emisja do powietrza, recykling i bezpieczne składowanie oraz pozostałe miejsca zgromadzenia rtęci z użytkowania produktów zawierających rtęć wprowadzonych na polski rynek w 2008r.	28
Tabela 14.	Emisja rtęci i jej związków do wody z wybranych zakładów w Polsce w 2004r. i 2007r., ujętych w bazie danych EPER (2006) i E-PRTR (2009).	31
Tabela 15.	Zdolność produkcyjna przemysłu chlorowego w Polsce (MŚ, 2005; Euro Chlor 2005, 2006, 2007, 2008, 2009).	35
Tabela 16.	Ilość rtęci trafiająca na składowiska odpadów komunalnych w Polsce z użytkowania produktów zawierających rtęć	37

Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. Etap I.

	wprowadzonych na rynek w 2008r.	
Tabela 17.	Prognoza emisja rtęci do powietrza z procesów przemysłowych w Polsce w 2020r. dla scenariusza status-quo (kg/rok).	38
Tabela 18.	Emisja rtęci w Polsce z użytkowania produktów zawierających rtęć wprowadzonych na rynek w 2020r. dla scenariusza status-quo.	39
Tabela 19.	Ilość rtęci trafiająca na składowiska odpadów komunalnych w Polsce z użytkowania produktów zawierających rtęć wprowadzonych na rynek w 2008r. dla scenariusza status-quo.	41
Tabela 20.	Koszty zanieczyszczenia rtęcią związane z obniżeniem ilorazu inteligencji IQ, w wyniku ekspozycji przez spożywanie pokarmów.	51
Tabela 21.	Koszty zdrowotne zanieczyszczenia rtęcią.	53
Tabela 22.	Całkowite koszty zanieczyszczenia rtęcią środowiska	54

Spis rysunków

nr	tytuł	str.
Rys. 1.	Emisja rtęci do powietrza z użytkowania baterii i akumulatorów wprowadzonych na rynek w 2008r.	26
Rys. 2.	Wielkość bezpośredniej emisji rtęci i jej związków do wody w Polsce w 2004r., wg kategorii działalności przemysłowej (EPER, 2006)	33
Rys. 3.	Wielkość pośredniej emisji rtęci i jej związków do wody w Polsce w 2004r., wg kategorii działalności przemysłowej (EPER, 2006)	34
Rys. 4.	Wielkość bezpośredniej emisji rtęci i jej związków do wód z procesów przemysłowych w Polsce w 2007r., wg E-PRTR (2009)	35
Rys. 5.	Zmiany w antropogenicznej emisji rtęci do powietrza w Polsce do roku 2020 (ton/rok)	44
Rys. 6.	Emisja rtęci do wód i gleby wynikająca z działalności prowadzonej w danym roku w Polsce – zmiany do 2020r.(ton/rok)	45

Cel pracy

Głównym celem pracy pt. „Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce” jest zbadanie skuteczności oraz kosztów dostępnych rozwiązań redukcji emisji i ekspozycji rtęci oraz korzyści ekonomicznych płynących z poprawy zdrowia ludzi związanej z redukcją emisji rtęci.

Celem etapu I *Szacowanie kosztów zanieczyszczenia rtęcią dla scenariusza status-quo* było oszacowanie kosztów zanieczyszczenia rtęcią w Polsce spowodowanych negatywnym wpływem na zdrowie ludzkie i środowisko naturalne, gdyby nie podjęto żadnych dalszych działań zmierzające do redukcji emisji rtęci (koszty braku działań). W scenariuszu status-quo przyjęto przepisy z 2008r. jako obowiązujące w roku 2020. Rok 2008 jest ostatnim, dla którego istnieją dane o poziomie zbierania baterii oraz sprzętu elektrycznego i elektronicznego.

Scenariusz status-quo jest tylko scenariuszem porównawczym. Oczekuje się, że w rzeczywistości presja krajowa i międzynarodowa spowoduje działania skutkujące redukcją emisji rtęci. Efekty wdrożenia przepisów prawnych obowiązujących od stycznia 2009r. zostaną przedstawione w scenariuszu zwiększonej kontroli emisji (scenariusz bazowy EXEC) oraz w scenariuszu maksymalnej możliwej redukcji emisji (MFTR), w raporcie z etapu III niniejszego opracowania.

Wstęp

Rtęć jest jedną z najważniejszych substancji zanieczyszczających środowisko emitowanych do atmosfery. Emisja rtęci do powietrza atmosferycznego pochodzi z procesów spalania paliw do produkcji energii elektrycznej i ciepła, procesów przemysłowych, spalania paliw oraz w wyniku reemisji zanieczyszczenia do środowiska. Dominującymi źródłami emisji rtęci są procesy produkcji energii oraz procesy przemysłowe.

Emisja rtęci z procesów przemysłowych (*by-product emission*) jest emisją towarzyszącą procesom produkcji, gdzie rtęć występuje jako produkt uboczny tych procesów lub stanowi składnik paliw kopalnych i surowców (np. rud metali). Najwyższy udział w światowej emisji z procesów przemysłowych pochodzi z procesów spalania paliw (zwłaszcza węgla kamiennego i brunatnego), hutnictwa żelaza, stali i metali nieżelaznych oraz produkcji cementu.

Emisja rtęci z użytkowania produktów zawierających rtęć (*product use emission*) jest emisją wynikającą z celowego wykorzystania rtęci do wytworzenia produktów, a następnie ich użytkowania, które skutkuje uwalnianiem rtęci do atmosfery, wód i gleby. Do uwolnienia rtęci dochodzi na wszystkich etapach cyklu życia produktu, tzn. podczas wydobycia surowców, produkcji, a następnie użytkowania produktów i gospodarki ich odpadami.

Najwyższy udział w globalnej emisji rtęci do atmosfery z procesów przemysłowych pochodzi z procesów spalania paliw, zwłaszcza węgla, w sektorze energetycznym, przemysłowym oraz sektorze komunalnym i mieszkaniowym, co stanowi około 45% całkowitej antropogenicznej emisji rtęci. Następne istotne źródło w globalnej emisji rtęci stanowią procesy produkcji cementu oraz produkcji żelaza, stali i metali nieżelaznych. Z danych dla roku 2005 wynika, że wśród państw europejskich, Polska zajmuje czwarte miejsce w wielkości antropogenicznej

emisji rtęci do powietrza. (Pacyna E.G. i in., 2006, 2007; Pacyna i in., 2008a). Inwentaryzacje emisji metali ciężkich dla Polski przygotowywane są przez Instytut Ochrony Środowiska we współpracy z IETU (Hławiczka, 2001).

Użytkowanie produktów zawierających rtęć także przyczynia się do zwiększania emisji rtęci do atmosfery. Produktami zawierającymi rtęć są: baterie i akumulatory, urządzenia kontrolno-pomiarowe, sprzęt oświetleniowy oraz pozostały sprzęt elektryczny i elektroniczny. Szacunek emisji z Unii Europejskiej dla tych 4 grup produktów został przeprowadzony przez Kindbom i Munthe (2007).

Innym znaczącym źródłem emisji rtęci w skali globalnej jest stosowanie amalgamatu rtęciowego w wypełnieniach dentystycznych, z wielkościami emisji pochodzącej z kremacji zwłok i odpadów zużytego amalgamatu oszacowanymi dla UE-27 przez Maxsona (2007). Emisje rtęci do powietrza z wydobycia złota w małych kopalniach występują w krajach rozwijających.

Scenariusze emisji rtęci do roku 2020 dla krajów UE były przygotowane w ramach projektów MERCYMS (Pacyna i in., 2004), ESPREME (Panasiuk, 2005), DROPS (Panasiuk i in., 2006) i HEIMTSA (2009). Dla tych scenariuszy powstały szacunkowe prognozy emisji rtęci z Polski (Strzelecka-Jastrząb, 2004, 2007).

Rtęć trafia także do środowiska wodnego i gleby. Dane o emisjach z dużych i średnich zakładów przemysłowych w Unii Europejskiej do wód zawarte są w bazie danych EPER (2006) i E-PRTR (2009). Największe bezpośrednie emisje pochodzą z produkcji podstawowych chemikaliów nieorganicznych lub nawozów sztucznych, następnie z przemysłu metalowego i produkcji podstawowych chemikaliów organicznych. Mniejsze zrzuty rtęci do wód pochodzą z dużych źródeł spalania oraz rafinerii ropy naftowej i gazu ziemnego. Wśród pośredniej emisji do wody (transfer do zewnętrznej oczyszczalni ścieków) przodują instalacje do unieszkodliwiania lub odzysku surowców wtórnych z niebezpiecznych odpadów oraz produkcja podstawowych chemikaliów organicznych.

Problemem jest rtęć trafiająca w zużytych produktach na składowiska odpadów komunalnych. Składowiska te mają różny stopień uszczelnienia, drenażu odcieków oraz usuwania metali ciężkich na oczyszczalniach ścieków.

1. Emisja rtęci do powietrza z Polski dla roku bazowego.

1.1. Inwentaryzacje emisji rtęci do powietrza z Polski z procesów przemysłowych.

Krajowe Centrum Inwentaryzacji Emisji powstałe w Instytucie Ochrony Środowiska w Warszawie zajmuje się szacowaniem rocznych emisji zanieczyszczeń do powietrza z obszaru Polski, w tym emisji metali ciężkich. Wynikiem prac KCIE są raporty dla Europejskiego Programu Współpracy w Dziedzinie Monitoringu (EMEP), w których zawarto inwentaryzację emisji rtęci do powietrza z Polski z procesów przemysłowych. Tabela 1 przedstawia szacunki całkowitej emisji rtęci z obszaru Polski w latach 1990-2007.

Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. Etap I.

Tabela 1. Całkowita emisja rtęci do powietrza z obszaru Polski z procesów przemysłowych w inwentaryzacjach IOŚ.

Rok	Emisja (ton/rok)	Rok	Emisja (ton/rok)
1990	33,3	2000	25,4
1991	32,7	2001	23,2
1992	31,9	2002	19,8
1993	32,5	2003	20,2
1994	32,4	2004	20,0
1995	32,3	2005	20,1
1996	33,6	2005 (rekalkulacja)	15,4
1997	33,0	2006 (rekalkulacja)	16,1
1998	29,5	2007	15,9
1999	27,1		

Dane o krajowej rocznej emisji rtęci ze źródeł antropogenicznych wyznaczano według klasyfikacji SNAP97. Do obliczeń dla lat 1999-2001 wykorzystano wskaźniki emisji zaproponowane przez zespół IETU (Hławiczka i Cenowski, 2001). Dodatkowo w inwentaryzacji dla roku 2001 zastosowano nowy wskaźnik emisji rtęci z produkcji szkła krystalicznego (*grupa SNAP 030314*). Na zlecenie Ministerstwa Środowiska Hławiczka (2001) dokonał weryfikacji stosowanych wskaźników emisji i zaproponował nowe wskaźniki emisji rtęci z procesów spalania węgla kamiennego i brunatnego w elektrowniach i elektrociepłowniach zawodowych (*SNAP 0101*) oraz ciepłowniach rejonowych (*grupa SNAP 0102*) dla uwzględnienia instalacji odsiarczania spalin. Obniżone wskaźniki emisji zostały zastosowane w inwentaryzacjach od 2002r. W inwentaryzacji za 2004 zastosowano nowy obniżony wskaźnik emisji z produkcji chloru metodą rtęciową (*SNAP 040413*). Zestaw tych wskaźników został zastosowany także do pierwszej inwentaryzacji emisji dla roku 2005 (Hławiczka i in., 2006b; IOŚ, 2007) – patrz tabela 2.

Tabela 2. Wskaźniki emisji stosowane w inwentaryzacjach IOŚ (2003, 2007, 2009a,b,c) emisji rtęci do powietrza z lat 1999-2007.

Źródło emisji rtęci (sektor SNAP)	Wskaźniki emisji stosowane w inwentaryzacjach		
	1999-2001	2002-2005	rekalkulacja 2005-2006 i 2007
	kg/TJ	kg/TJ	kg/TJ
Elektrownie węglowe (0101), ciepłownie rejonowe (0102)			
- spalanie węgla kamiennego	0,008	0,0064	0,0064
- spalanie węgla brunatnego	0,005	0,004	0,004
Przemiany paliw stałych (0104), kopalnictwo surowców energ. (0105), ciepłownie w sektorze usług (0201), procesy spalania w kotłach, turbinach			

Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. Etap I.

gazowych i silnikach (0301), procesy spalania bez kontaktu (0302)			
- spalanie węgla kamiennego	0,008	0,008	0,008
- spalanie węgla brunatnego	0,005	0,005	0,005
- spalanie koksu	0,0006	0,0006	0,0006
Gospodarstwa domowe (0202), rolnictwo, leśnictwo i inne (0203)			
- spalanie węgla kamiennego	0,004	0,004	0,004
- spalanie węgla brunatnego	0,005	0,005	0,005
- spalanie koksu	0,0006	0,0006	0,0006
	kg/Gg	kg/Gg	kg/Gg
Pierwotna produkcja ołowiu (030304)	3,0	3,0	3,0
Pierwotna produkcja cynku (030305)	-	-	8,0
Pierwotna produkcja miedzi (030306)	0,1	0,1	0,1
Wtórna produkcja cynku (030308)	0,02	0,02	0,02
Produkcja cementu (030311)	0,49	0,49	0,112
Produkcja szkła płaskiego (030314)	0,05*	0,05	0,05
Produkcja koksu (040201)	0,03	0,03	0,03
Stalownie konwertorowo-tlenowe (040206)	0,003	0,003	0,001
Piece elektryczne (040207)	0,15	0,15	0,10
Spiekanie (040209)	0,02	0,02	0,01
Produkcja chloru metodą rtęciową (040413)	3,66	3,66; 1,3**	1,3
Spalanie odpadów komunalnych (090201)	3,0	3,0	1,1

* wskaźnik stosowany od 2001r.

** wskaźniki stosowane do 2003r. i od 2004r.

Dla inwentaryzacji emisji metali ciężkich dla roku 2005 przeprowadzono rekalkulację (IOŚ, 2009a). Dla emisji rtęci został uwzględniony dodatkowy proces produkcji pierwotnej cynku (SNAP 030305). Zastosowano także nowe obniżone wskaźniki emisji rtęci dla produkcji cementu (SNAP 030311), przemysłu metali żelaznych: stalowni konwertorowo-tlenowych (SNAP 040206), pieców elektrycznych (SNAP 040207) i spiekania (SNAP 040209) oraz spalania odpadów komunalnych (SNAP 090201). Nowy zestaw wskaźników emisji został także wykorzystany w rekalkulacji dla roku 2006 (IOŚ, 2009b) oraz inwentaryzacji dla roku 2007 (IOŚ, 2009c).

Dodatkowo w rekalkulacjach emisji rtęci dla roku 2005 i 2006 (IOŚ, 2009a,b) zmieniono źródła danych o aktywnościach oraz podział na sektory, z których najważniejsze zmiany to:

- przeniesienie ciepłowni komunalnych ze SNAP 0201 i ciepłowni przemysłowych ze SNAP 0301 do ciepłowni ogółem (SNAP 0102),
- przeniesienie małych ciepłowni ze SNAP 0202 do ciepłowni sektora usług (SNAP 0201),
- dołączenie procesów spalania z kontaktem ze SNAP 0302 do procesów spalania bez kontaktu (SNAP 0303).

1.2. Emisja rtęci do powietrza z Polski z procesów przemysłowych w latach 2005-2007.

Podstawą do opracowania scenariuszy emisji rtęci z procesów przemysłowych w perspektywie do roku 2020 są dane o średniorocznej wielkości emisji rtęci do powietrza z lat 2005-2007. Dane o antropogenicznej emisji rtęci z procesów przemysłowych w Polsce dla roku 2005 wyznaczono w ramach krajowej inwentaryzacji emisji metali ciężkich przez zespół Hławiczka i in. (2006b). Dane te ujęte zostały wg systematyki CORINAIR-SNAP (*Core Inventory for Air Emissions in Europe - Selected Nomenclature for air Pollution*) i taka klasyfikacja została następnie przyjęta dla wspomnianych wyżej scenariuszy. Dane o krajowej antropogenicznej emisji rtęci do atmosfery ze źródeł przemysłowych dla roku 2005, przedstawione wg kategorii SNAP, zaprezentowano w tabeli poniżej. Przyjęta średnioroczna wielkość emisji rtęci do powietrza z Polski z procesów przemysłowych z lat 2005-2007 została przedstawiona w rozdziale 3.

Tabela 3. Emisja rtęci do powietrza z procesów przemysłowych w Polsce wg wstępnej inwentaryzacji i rekalkulacji emisji dla 2005r. (IOŚ 2007; 2009a).

Kod SNAP97	Sektor	wstępna inwentaryz. (IOŚ, 2007) kg/rok	rekalkulacja inwentaryz. (IOŚ, 2009a) kg/rok
	CAŁKOWITA EMISJA	20095,4	15429,8
01	PROCESY SPALANIA W SEKTORZE PRODUKCJI I TRANSFORMACJI ENERGII	8126,7	8996,2
01 01	Elektrownie i elektrociepłownie zawodowe/ węglowe	7940,0	8036,9
01 02	Ciepłownie rejonowe / Ciepłownie ogółem (razem z ciepłowniami komunalnymi i przemysłowymi)	79,0	861,9
01 04	Przemiany paliw stałych	32,9	27,2
01 05	Kopalnictwo surowców energetycznych	74,9	70,3
02	PROCESY SPALANIA W SEKTORZE KOMUNALNYM I MIESZKANIOWYM	2041,0	1185,3
02 01	Ciepłownie komunalne / Ciepłownie sektora usług (bez ciepłowni komunalnych, ale z małymi ciepłowniami)	920,1	204,8
02 02	Mieszkalnictwo i usługi / Gospodarstwa domowe (bez małych ciepłowni)	961,4	826,2
02 03	Rolnictwo, leśnictwo i inne	159,5	154,3
03	PROCESY SPALANIA W PRZEMYŚLE	8399,1	4174,5
03 01	Spalanie w kotłach, turbinach gazowych i silnikach (w rekalkulacji bez ciepłowni przemysłowych)	678,8	461,1
03 02 (+03 03)	Procesy spalania bez kontaktu (+ wybrane procesy spalania z kontaktem)	849,2 +343,9	1111,3
03 03 04	Pierwotna produkcja ołowiu	187,4	187,4
03 03 05	Pierwotna produkcja cynku	-	910,6

Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. Etap I.

03 03 06	Pierwotna produkcja miedzi	55,6	55,6
03 03 08	Wtórna produkcja cynku	0,6	0,6
03 03 11	Produkcja cementu	6196,6	1416,4
03 03 14	Produkcja szkła płaskiego	87,0	31,7
04	PROCESY PRODUKCYJNE	1267,6	1024,0
04 02 01	Produkcja koksu dla przemysłu metali żelaznych	255,5	255,6
04 02 06	Stalownie konwertorowo-tlenowe	14,7	4,9
04 02 07	Piece elektryczne	516,5	344,3
04 02 09	Spiekanie	123,4	61,7
04 04 13	Produkcja chloru metodą rtęciową	357,5	357,5
09	ZAGOSPODAROWANIE ODPADÓW	261,0	49,9
09 02 01	Spalanie odpadów komunalnych	261,0	49,9

Pacyna i in. (2008 a,c) zastosowali inną klasyfikację kategorii źródeł emisji zanieczyszczeń do powietrza. Według tej klasyfikacji, procesy spalania paliw dla celów produkcji energii elektrycznej i ciepła (grupy SNAP: 01, 02, 0301 i 0302) są odpowiedzialne za 76% całkowitej antropogenicznej emisji rtęci w Polsce, która w 2005r. wynosiła 15,4 ton. Kolejne znaczące źródło emisji rtęci w Polsce stanowią procesy hutnictwa żelaza i stali oraz metali nieżelaznych (12%). Pozostałe procesy są mniej istotne w całkowitym krajowym bilansie emisji rtęci dla roku 2005, z 9% udziałem dla produkcji cementu oraz 2% udziałem dla produkcji chloru i wodorotlenku sodu (sody kaustycznej) metodą rtęciową. Najmniejszy udział w krajowej emisji rtęci z procesów przemysłowych stanowią procesy spalania odpadów i produkcji szkła (poniżej 1%).

1.3. Metodologia szacowania emisji rtęci do powietrza z użytkowania produktów zawierających rtęć i zużycie rtęci w Polsce.

Emisja rtęci do powietrza z Polski z użytkowania produktów zawierających rtęć w 2008r. została obliczona z wykorzystaniem modelu dystrybucji i emisji zaproponowanego przez Kindbom i Munthe (2007). Rozpatrywano następujące grupy produktów: baterie, sprzęt oświetleniowy, sprzęt elektryczny i elektroniczny oraz urządzenia kontrolno-pomiarowe. Do obliczeń wykorzystano dane Maxsona (2006) o zużyciu rtęci w 4 grupach produktów w państwach UE-25 w 2005r., wynoszącym 125 ton Hg.

Dla Polski zużycie rtęci w produktach wyznaczono w oparciu o założenie dotyczące liczby ludności kraju, stanowiącej 8% populacji krajów UE-25, oraz uwzględniono mniejsze zużycie baterii na mieszkańca. W krajach UE wskaźnik konsumpcji wynosi 11 baterii/mieszk. W Polsce w 2007r. wprowadzono na rynek 262 mln baterii (GUS, 2008), czyli prawie 7 baterii/mieszk. W strukturze sprzedaży dominują baterie cynkowo-węglowe, które łącznie z alkalicznymi mają 90% udział. Ilość rtęci w bateriach wprowadzonych na rynek polski w 2008r. oszacowano na 1,0 ton. Przewiduje się, że w 2020r. zostanie osiągnięty średni poziom unijny i ilość rtęci w bateriach (bez wpływu dodatkowych przepisów) wzrośnie do 1,6 ton/rocznie.

W Polsce tradycyjne żarówki stanowiły dotychczas 81% wszystkich sprzedawanych, żarówki halogenowe – 12%, zaś świetlówki kompaktowe tylko 7%. Sprzedaż świetlówek kompaktowych wzrosła z 600 tys. w 1994 r. do 1,6 mln sztuk w 2007r., przy sprzedaży ok. 27

mln szt. zwykłych żarówek. Według badań stopnia nasycenia rynku oświetleniowego przez świetlówki kompaktowe w Polsce stanowiły one 2,5% wszystkich punktów świetlnych w kraju, średnia UE wynosiła 10%, a w Danii stanowiły 20%. Świetlówki kompaktowe są jednak małą grupą lamp wyładowczych używanych w Polsce, a w lampach ulicznych jest znacznie wyższa zawartość rtęci na lampę. Według GUS (2008) w 2006r. zostało wprowadzonych na rynek 22,5 mln szt. gazowych lamp wyładowczych. Dlatego do obliczeń przyjęto średnie unijne zużycie rtęci w sprzęcie oświetleniowym i ilość rtęci wprowadzonej na rynek polski w 2008r. oszacowano na 2,8 ton.

Zużycie rtęci do produkcji pozostałych produktów wprowadzonych na rynek polski w 2008r. oszacowano po 2,8 ton dla sprzętu elektrycznego i elektronicznego oraz urządzeń kontrolno-pomiarowych. W ten sposób całkowite krajowe zużycie rtęci w 4 grupach produktach (baterie, sprzęt oświetleniowy, sprzęt elektryczny i elektroniczny, urządzenia kontrolno-pomiarowe) w 2008r. oszacowano na 9,4 ton. Zużycie to bez wprowadzenia nowych przepisów może wzrosnąć w 2020r. do 10 ton/rocznie.

Zgodnie z metodologią podaną przez Kindbom i Munthe (2007) w celu oszacowania emisji do atmosfery rtęci zawartej w produktach niezbędny jest opis użytkowania poszczególnych grup produktów i gospodarki ich odpadami. Oszacowane roczne zużycie rtęci w poszczególnych grupach produktów rozdzielono na różne sposoby uwalniania rtęci z produktów (dystrybucji).

Emisja rtęci z użytkowania produktów zawierających rtęć może występować w trakcie bieżącego użytkowania produktów lub w wyniku gospodarki ich odpadami. Pozostałe źródła emisji rtęci do atmosfery dotyczą uwalniania rtęci z procesów odzysku surowcowego lub z produktów pozostających w użyciu przez społeczeństwo. Obliczenia wykonano w odniesieniu do następujących sposobów uwalniania rtęci z produktów (Kindbom i Munthe, 2007):

- Uwalnianie rtęci w wyniku stłuczenia lub uszkodzenia produktów zawierających rtęć, w szczególności dotyczy to rtęci w stanie ciekłym umieszczonej w szklanej obudowie, jak np. w termometrach,
- Spalanie (termiczne przekształcanie) odpadów komunalnych w kontrolowanych warunkach; zatrzymana część rtęci z gazów spalinowych jest przekazywana do bezpiecznego składowania,
- Składowanie odpadów komunalnych zawierających rtęć bez zachowania odpowiednich środków ostrożności; w perspektywie długoterminowej występuje dalsza emisja rtęci,
- Zbieranie rtęci z produktów ją zawierających w celu recyklingu (odzysku rtęci) lub bezpiecznego składowania; nie występuje dalsza emisja rtęci to atmosfery,
- Gromadzenie (akumulacja) przez społeczeństwo. Rtęć zakumulowana jest w produktach zgromadzonych w domach, biurach itp. Dotyczy to produktów aktualnie użytkowanych lub po okresie użytkowania, ale przed ich usunięciem jako odpady. Niektóre produkty użytkowane przez społeczeństwo mają długi czas życia, tym samym rtęć w nich zawarta może być zakumulowana dłużej niż przewidywano,
- Złomowanie stali. Produkty zawierające rtęć (sprzęt elektryczny i elektroniczny) poddawane są przeróbce, stanowiąc surowiec do produkcji stali. Procesom tym towarzyszy uwalnianie rtęci.

1.4. Dopuszczalna zawartość rtęci w produktach zawierających rtęć oraz poziomy zbierania, odzysku i recyklingu produktów w Polsce.

Baterie i akumulatory

Dopuszczalna zawartość rtęci w bateriach i akumulatorach została określona w dyrektywach 98/101/WE i 2006/66/WE, które zostały wdrożone do polskiego prawodawstwa przez:

- *Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 17 października 2002r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać wytwarzane i wprowadzane do obrotu baterie i akumulatory (Dz. U. Nr 182, poz. 1519)*, obowiązujące od dnia wejścia Polski do UE (1 maja 2004r.),
- *Ustawę z dnia 24 kwietnia 2009r. o bateriach i akumulatorach (Dz. U. Nr 79, poz. 666)*, obowiązującą od 12 czerwca 2009r.,

określając maksymalne poziomy zawartości rtęci w poszczególnych rodzajach baterii i akumulatorów:

- w ogniwach i bateriach guzikowych - 2% części wagowych,
- w pozostałych bateriach i akumulatorach - 0,0005% części wagowych.

Poziomy odzysku ogniw i baterii zostały po raz pierwszy określone w *Ustawie z dnia 11 maja 2001r. o obowiązkach przedsiębiorców w zakresie gospodarowania niektórymi odpadami oraz o opłacie produktowej i opłacie depozytowej (Dz. U. Nr 63, poz. 639 z późn. zm., tekst jednolity: Dz. U. z 2007r. Nr 90, poz. 607)*:

- dla ogniw i baterii galwanicznych (PKWiU 31.40.1; baterie guzikowe, baterie pierwotne pozostałe baterie wtórne) bez ich części (PKWiU1997 31.40.13, PKWiU2004 31.40.12) – docelowy 50% poziom odzysku,
- dla ogniw i baterii galwanicznych bez ich części, z wyłączeniem ogniw cynkowo-węglowych i alkalicznych – docelowy 50% poziom recyklingu,

do osiągnięcia do dnia 31 grudnia 2007r.,

Uwzględniając potrzebę stopniowego tworzenia krajowego systemu odzysku i recyklingu odpadów poużytkowych, w wydanym do w/w ustawy *Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 30 czerwca 2001r. w sprawie rocznych poziomów odzysku i recyklingu odpadów opakowaniowych i poużytkowych (Dz. U. Nr 69, poz. 719)* zostały określone roczne poziomy odzysku ogniw i baterii galwanicznych bez ich części:

- 5% poziom odzysku i recyklingu w 2002r.,
- 7% poziom odzysku i recyklingu w 2003r.

Przedsiębiorcy, którzy nie osiągnęli poziomów odzysku i recyklingu zostali zobowiązani do wpłacenia opłaty produktowej. W 2002 r. udało się zebrać i zapewnić odzysk 1% i recykling 0% ogniw i baterii galwanicznych wprowadzonych na rynek, natomiast w 2003r. uzyskano 4,85% odzysk baterii.

Kolejne *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 maja 2003r. w sprawie rocznych poziomów odzysku i recyklingu odpadów opakowaniowych i poużytkowych (Dz. U. Nr 104, poz. 982)* określiło następne roczne poziomy odzysku:

- 10% poziom odzysku i recyklingu w 2004r.,
- 15% poziom odzysku i recyklingu w 2005r.

Według *Krajowego Planu Gospodarki Odpadami 2010* na rynek krajowy w 2004r. trafiło ponad 250 mln szt. baterii, głównie cynkowo-węglowych, cynkowo-manganowych i litowo-

Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. Etap I.

jonowych o łącznej masie 7 tys. ton. W 2004r. zebrano 700 ton baterii tego typu (10%), które zostały przekazane w celu poddania ich procesom odzysku i unieszkodliwiania.

Ustawa z dnia 21 stycznia 2005r. o zmianie ustawy o obowiązkach przedsiębiorców w zakresie gospodarowania niektórymi odpadami oraz o opłacie produktowej i opłacie depozytowej (Dz. U. Nr 33, poz. 291) obniżyła docelowe poziomy odzysku:

- docelowy 35% poziom odzysku i recyklingu do osiągnięcia do 31 grudnia 2007r.

Kolejne *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 maja 2005r. w sprawie rocznych poziomów odzysku i recyklingu odpadów opakowaniowych i użytkowych (Dz. U. Nr 103, poz. 872)* określiło następny roczny poziom odzysku:

- 15% poziom odzysku i recyklingu w 2006r.,

Ustawa z dnia 29 lipca 2005r. o zmianie ustawy o odpadach oraz o zmianie niektórych innych ustaw (Dz. U. Nr 175, poz. 1458) dla ogniwi i baterii galwanicznych bez ich części:

- ponownie obniżyła docelowe poziomy odzysku do osiągnięcia do dnia 31 grudnia 2007r. na 25% poziom odzysku i recyklingu,
- ustaliła dodatkowy docelowy 40% poziom odzysku i recyklingu do osiągnięcia do dnia 31 grudnia 2014r.

Kolejne *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007r. w sprawie rocznych poziomów odzysku i recyklingu odpadów opakowaniowych i użytkowych (Dz. U. Nr 109, poz. 752)* określiło następne roczne poziomy odzysku:

- 18% poziom odzysku i recyklingu w 2008r.,
- 20% poziom odzysku i recyklingu w 2009r.

Ustawa z dnia 24 kwietnia 2009r. o bateriach i akumulatorach (Dz. U. Nr 79, poz. 666) uchyla z dniem 1 stycznia 2010r. obowiązujące poziomy odzysku i recyklingu. Nowe roczne poziomy zbierania zużytych baterii i akumulatorów, uwzględniające konieczność osiągnięcia co najmniej poziomów wymienionych w dyrektywie 2006/66/WE, zostaną wprowadzone od 2010r. w drodze rozporządzenia Ministra Środowiska. Efekty wdrożenia tego rozporządzenia, uzyskane w roku 2010 i kolejnych latach, będą rozpatrywane w scenariuszu EXEC na etapie III niniejszego opracowania.

GUS (2005, 2008) podaje dane o osiągniętych poziomach odzysku i recyklingu odpadów użytkowych, w tym baterii i ogniwi galwanicznych, opracowane w oparciu o dane Ministerstwa Środowiska, patrz tabela poniżej. Przedstawiony poziom odzysku liczony jest jako procent odpadów poddanych procesowi do liczby odpadów podlegających obowiązkowi odzysku (równej lub zbliżonej do liczby odpadów wprowadzonych na rynek). Poziom recyklingu liczony jest jako procent odpadów poddanych procesowi do odpadów podlegających obowiązkowi recyklingu (np. w 2007r. ok. 52% baterii i ogniwi galwanicznych wprowadzonych na rynek podlegało obowiązkowi recyklingu).

Wysokie wskaźniki poziomu odzysku i recyklingu wynikają z uwzględnienia – oprócz odpadów poddanych odzyskowi i recyklingowi w danym roku sprawozdawczym – również nadwyżki z roku poprzedniego. Nadwyżka ta oznacza osiągniętą przez przedsiębiorców i organizacje odzysku wielkość odzysku i recyklingu przekraczającą wymagany w danym roku poziom.

Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. Etap I.

Tabela 4. Obliczone poziomy odzysku i recyklingu baterii i ogniw galwanicznych oraz ich masa poddana tym procesom w Polsce w latach 2003-2007 z uwzględnieniem nadwyżki z roku poprzedniego (GUS 2005, 2008).

Rok	Liczba baterii i ogniw galwanicznych			Osiągnięty poziom	
	wprowadzonych na rynek (szt.)	poddanych odzyskowi (szt.) ^{a)}	poddanych recyklingowi (szt.) ^{a)}	odzysku ^{a)} (%)	recyklingu ^{a)} (%)
2003	251 974 874	12 565 953	542 523	5,0	4,1
2004	253 183 265	24 051 523	948 728	9,7	6,8
2005	194 561 647	28 941 229	2 649 101	14,9	24,6
2006	205 400 902	38 822 845	2 797 204	18,9	14,1
2007	262 491 780	76 536 256	4 460 203	29,2	32,4

^{a)} z uwzględnieniem nadwyżki z roku poprzedniego

W uzasadnieniu do w/w ustawy wskazano, że budowę krajowego systemu selektywnego zbierania i odzysku, w tym recyklingu zużytych baterii i akumulatorów prądenośnych, rozpoczęto de facto w 2002r. po wejściu w życie *Ustawy z dnia 11 maja 2001r. o obowiązkach przedsiębiorców w zakresie gospodarowania niektórymi odpadami oraz o opłacie produktowej i opłacie depozytowej* (Dz. U. Nr 63, poz. 639 z późn. zm.) Po 4 latach funkcjonowania systemu, w 2006r., udało się osiągnąć ok. 13% poziom zbierania, w stosunku do ilości baterii i akumulatorów podlegających w/w ustawie. W ciągu roku do obrotu trafia ok. 300 mln sztuk baterii i akumulatorów prądenośnych. W 2008r. przedsiębiorcy, którzy przekazali swój obowiązek odzysku i recyklingu baterii Organizacji Odzysku REBA, wprowadzili do obrotu 4 512 ton baterii i akumulatorów prądenośnych, podczas gdy w systemie selektywnej zbiórki stworzonym przez Rebę zebrano w tym samym roku 655 ton, czyli 14,5% baterii sprzedanych.

Sprzęt oświetleniowy

Dopuszczalna zawartość par rtęci w gazowych lampach wyładowczych została określona w dyrektywie 2002/95/WE, która została wdrożona do polskiego prawodawstwa przez:

- *Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 6 października 2004r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących ograniczenia wykorzystywania w sprzęcie elektronicznym i elektrycznym niektórych substancji mogących negatywnie oddziaływać na środowisko* (Dz. U. Nr 229, poz. 2310), obowiązujące od 1 lipca 2006r.,
- *kolejne Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 27 marca 2007r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących ograniczenia wykorzystywania w sprzęcie elektrycznym i elektronicznym niektórych substancji mogących negatywnie oddziaływać na środowisko* (Dz. U. Nr 69, poz. 457), obowiązujące od 3 maja 2007r.,

określając, że rtęć może być wykorzystywana:

- w kompaktowych lampach fluorescencyjnych (światłówkach kompaktowych) – w ilości max 5 mg na lampę,

Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. Etap I.

- w prostych lampach fluorescencyjnych (światłówkach linowych) ogólnego zastosowania z luminoforem halofosforanowym – 10 mg na lampę,
- w prostych lampach fluorescencyjnych z luminoforem trójpasowym o normalnym okresie żywotności – 5 mg na lampę,
- w prostych lampach fluorescencyjnych z luminoforem trójpasowym o wydłużonym okresie żywotności – 8 mg na lampę,
- w prostych lampach fluorescencyjnych wykorzystywanych do celów specjalnych,
- w pozostałych lampach.

Poziomy odzysku sprzętu oświetleniowego zostały po raz pierwszy określone w *Ustawie z dnia 11 maja 2001r. o obowiązkach przedsiębiorców w zakresie gospodarowania niektórymi odpadami oraz o opłacie produktowej i opłacie depozytowej (Dz. U. Nr 63, poz. 639 z późn. zm., tekst jednolity: Dz. U. z 2007r. Nr 90, poz. 607)*:

- dla lamp wyładowczych (liniowe lampy fluorescencyjne – światłówki liniowe, wysokoprężne lampy wyładowcze sodowe, metalohalogenkowe i inne, niskoprężne lampy sodowe) z wyłączeniem światłówek kompaktowych (kompaktowych lamp fluorescencyjnych) – docelowy 40% poziom odzysku i recyklingu, do osiągnięcia do dnia 31 grudnia 2007r.

W wydanym do w/w ustawy *Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia z 30 czerwca 2001r. w sprawie rocznych poziomów odzysku i recyklingu odpadów opakowaniowych i użytkowych (Dz. U. Nr 69, poz. 719)* zostały określone roczne poziomy odzysku dla lamp wyładowczych z wyłączeniem światłówek kompaktowych:

- 7% poziom odzysku i recyklingu w 2002r.,
- 12% poziom odzysku i recyklingu w 2003r.

Kolejne *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 maja 2003r. w sprawie rocznych poziomów odzysku i recyklingu odpadów opakowaniowych i użytkowych (Dz. U. Nr 104, poz. 982)* określiło następne roczne poziomy odzysku:

- 18% poziom odzysku i recyklingu w 2004r.,
- 25% poziom odzysku i recyklingu w 2005r.

Ustawa z dnia 29 lipca 2005r. o użytych sprzęcie elektrycznym i elektronicznym (Dz. U. Nr 180, poz. 1495, z późn. zm.) będąca wdrożeniem dyrektywy 2002/96/WE uchyliła w/w poziomy odzysku. Sprzęt oświetleniowy został objęty przepisami dla sprzętu elektrycznego i elektronicznego oraz zaliczony do grupy nr 5 tego sprzętu.

GUS (2005, 2008) podaje dane o osiągniętych poziomach odzysku i recyklingu lamp wyładowczych, opracowane w oparciu o dane Ministerstwa Środowiska, patrz tabela 5. Przedstawiony poziom odzysku liczony jest jako procent odpadów poddanych procesowi do liczby odpadów podlegających obowiązkowi odzysku lub recyklingu (równej lub zbliżonej do liczby odpadów wprowadzonych na rynek). Wysokie wskaźniki poziomu odzysku i recyklingu wynikają z uwzględnienia – oprócz odpadów poddanych odzyskowi i recyklingowi w danym roku sprawozdawczym – również nadwyżki z roku poprzedniego.

Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. Etap I.

Tabela 5. Obliczone poziomy odzysku i recyklingu sprzętu oświetleniowego oraz jego masa poddana tym procesom w Polsce w latach 2003-2007 z uwzględnieniem nadwyżki z roku poprzedniego (GUS 2005, 2008).

Rok	Liczba lamp wyładowczych			Osiągnięty poziom	
	wprowadzonych na rynek (szt.)	poddanych odzyskowi (szt.) ^{a)}	poddanych recyklingowi (szt.) ^{a)}	odzysku ^{a)} (%)	recyklingu ^{a)} (%)
2003	18 050 529	2 381 385	2 391 506	13,2	13,3
2004	8 456 760	1 542 339	1 566 116	18,2	18,5
2005	22 190 958	5 789 843	5 786 085	26,1	26,1
2006	22 516 842	8 705 245	8 644 043	38,7	38,4
2007	6 891 422	4 917 499	4 741 647	71,4	68,8

^{a)} z uwzględnieniem nadwyżki z roku poprzedniego

Tabela 6 przedstawia osiągnięte poziomy zbierania i masę zebranego sprzętu wg raportów GIOŚ (2007, 2008, 2009) o funkcjonowaniu systemu gospodarki zużytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym. W 2008r. osiągnięto 33% poziom zbierania sprzętu oświetleniowego.

Tabela 6. Osiągnięty poziom zbierania i masa sprzętu oświetleniowego w Polsce w latach 2006-2008 (GIOŚ 2007, 2008, 2009).

Grupa sprzętu elektrycznego i elektronicznego	Rok	Poziom zbierania (%)	Masa zebranego zużytego sprzętu (ton)	
			całkowita	z gosp. domowych
5. Sprzęt oświetleniowy	II poł. 2006	6,00	931	22
	2007	9,85	4 311	233
	2008	32,96	11 252	7 509

Ustawa z dnia 21 listopada 2008r. o zmianie ustawy o zużytym sprzęcie elektrycznym i elektronicznym oraz zmianie niektórych innych ustaw (Dz. U. Nr 223, poz. 1464) oraz Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 grudnia 2008r. w sprawie minimalnych rocznych poziomów zbierania zużytego sprzętu (Dz. U. Nr 235, poz. 1615) określiły minimalne roczne poziomy zbierania sprzętu elektrycznego i elektronicznego pochodzącego z gospodarstw domowych w Polsce w 2009r.:

- dla sprzętu oświetleniowego, grupa nr 5 rodzaj 2-5 (liniowe lampy fluorescencyjne, kompaktowe lampy fluorescencyjne, wysokoprężne lampy wyładowcze, w tym ciśnieniowe lampy sodowe i metalohalogenkowe, niskoprężne lampy sodowe; odpad 20 01 21*) - 40% poziom zbierania,

- dla pozostałych urządzeń oświetleniowych służących do celów rozpraszania i kontroli światła, z wyjątkiem żarówek, grupa nr 5 rodzaj 6 – 24% poziom zbierania.

Oprawy oświetleniowe do lamp fluorescencyjnych, z wyjątkiem opraw oświetleniowych stosowanych w gospodarstwach domowych (rodzaj 1) nie zostały objęte rocznymi poziomami zbierania. Grupa ta została wyłączona z obowiązku osiągania poziomów zbierania, gdyż są to urządzenia, które w większości trafiają do innych odbiorców niż gospodarstwa domowe oraz mają bardzo długą żywotność. W uzasadnieniu do w/w rozporządzenia wskazano, że poziomy odzysku określone *Ustawą z dnia 11 maja 2001r. o obowiązkach przedsiębiorców w zakresie gospodarowania niektórymi odpadami oraz o opłacie produktowej i opłacie depozytowej (Dz. U. Nr 63, poz. 639 z późn. zm., tekst jednolity: Dz. U. z 2007r. Nr 90, poz. 607)* obejmowały sprzęt oświetleniowy rodzaju 2, 4 i 5. Nowe rozporządzenie objęło także rodzaj 3 (kompaktowe lampy fluorescencyjne – kompaktowe świetlówki).

Według danych GIOŚ (2009) w roku 2008 na polski rynek zostało wprowadzonych ogólnie 34 133 ton sprzętu oświetleniowego. Spełnienie uchwalonego rozporządzeniem 40% poziomu zbierania dla 2009r. powinno dać co najmniej 13 653 ton zebranego sprzętu oświetleniowego (10 240 ton sprzętu przy 30% średnim poziomie zbierania w projekcie rozporządzenia).

Ilość rtęci zużytej do produkcji sprzętu oświetleniowego w UE może wzrosnąć w wyniku wdrożenia *Rozporządzenia Komisji (WE) nr 244/2009/WE z dnia 18 marca 2009r. w sprawie wykonania dyrektywy 2005/32/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla bezkierunkowych lamp do użytku domowego (Dz.U. UE L 76/2009)*. Od 1 września 2009r. tradycyjne żarówki (bezkierunkowe lampy do użytku domowego - lampy z żarnikiem):

- wszystkie matowe (nieprzezroczyste),
- wszystkie przezroczyste klasy energetycznej F i G,
- żarówki przezroczyste o mocy ≥ 80 W (o strumieniu świetlnym ≥ 950 lumenów) klasy energetycznej C i niższej,

zostały przekwalifikowane z „lamp do użytku domowego” na „lampy do celów specjalnych” i oznaczone informacją, że lampa nie nadaje się do oświetlenia pomieszczeń domowych. Zgodnie z harmonogramem wdrażania wymogów ekoprojektu w następnych latach mają być stopniowo wycofywane kolejne typy żarówek przezroczystych.

Efekty wdrożenia aktów wykonawczych do Ustawy o zużytych sprzęcie elektrycznym i elektronicznym oraz wdrożenia Rozporządzenia Komisji nr 244/2009/WE, uzyskane w roku 2009 i kolejnych latach, będą rozpatrywane w scenariuszu EXEC na etapie III niniejszego opracowania.

Tabela 7 przedstawia osiągnięte poziomy odzysku (procesy odzysku R1-R9) i recyklingu (procesy odzysku R2-R9) wg raportów GIOŚ (2007, 2008, 2009) liczone w stosunku do masy zebranego sprzętu, a od 2008r. w stosunku do masy sprzętu zebranego i przekazanego do prowadzącego zakład przetwarzania (zgodnie z *Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 12 stycznia 2006r. w sprawie sposobów obliczania poziomów odzysku i recyklingu zużytego sprzętu, Dz. U. Nr 12, poz. 78*, obowiązującym od 1 stycznia 2008r., a zastąpionym przez *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 15 czerwca 2009r. w sprawie sposobów obliczania poziomów odzysku i recyklingu zużytego sprzętu, Dz. U. Nr 99, poz. 837*).

Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. Etap I.

Tabela 7. Osiągnięte poziomy odzysku i recyklingu sprzętu oświetleniowego oraz jego masa poddana tym procesom w Polsce w latach 2006-2008 (GIOŚ 2007, 2008, 2009).

Grupa sprzętu elektrycznego i elektronicznego	Rok	Odzysk (w tym recykling)		Recykling	
		Poziom odzysku (%)	Masa poddana procesowi (ton)	Poziom recyklingu (%)	Masa poddana procesowi (ton)
5. Sprzęt oświetleniowy	II poł. 2006	39,13	363	33,29	309
	2007	95,07	4 099	93,52	4 032
	2008	83,00 ^{a)}	1 697	74,63 ^{a)}	1 668

^{a)} w stosunku do masy sprzętu przekazanego do prowadzącego zakład przetwarzania

Pozostały sprzęt elektryczny i elektroniczny

Dyrektywa 2002/95/WE wdrożona przez polskie rozporządzenia w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących ograniczenia wykorzystywania w sprzęcie elektronicznym i elektrycznym niektórych substancji mogących negatywnie oddziaływać na środowisko z 2004r. (*Dz. U. Nr 229, poz. 2310*) i 2007r. (*Dz. U. Nr 69, poz. 457*) wymaga, aby od 1 lipca 2006r. nowy sprzęt elektryczny i elektroniczny wprowadzany do obrotu nie zawierał rtęci. Użycie rtęci dopuszczone jest jedynie w sprzęcie oświetleniowym (opisana wyżej grupa 5), a zawartość rtęci w elementach sprzętu elektrycznego i elektronicznego nie może być wyższa niż 0,1% wagowo.

Dyrektywa 2002/96/WE wymaga, aby średni wskaźnik zbiórki selektywnej zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego pochodzącego z prywatnych gospodarstw domowych wynosił przynajmniej 4 kg/mieszkańca rocznie. Poziom ten musiał być osiągnięty przez państwa członkowskie do 31 grudnia 2006r., a przez Polskę ze względu na derogację do 31 grudnia 2008r. *Ustawa z dnia 21 listopada 2008r. o zmianie ustawy o zużytym sprzęcie elektrycznym i elektronicznym oraz zmianie niektórych innych ustaw (Dz. U. Nr 223, poz. 1464)* wraz z *Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 22 grudnia 2008r. w sprawie minimalnych rocznych poziomów zbierania zużytego sprzętu (Dz. U. Nr 235, poz. 1615)* określiły minimalne 24% roczne poziomy zbierania sprzętu elektrycznego i elektronicznego pochodzącego z gospodarstw domowych w Polsce w 2009r. (poza sprzętem oświetleniowym).

Tabele 8-9 przedstawiają osiągnięte poziomy zbierania i masę zebranego sprzętu oraz poziomy zbierania w przeliczeniu na mieszkańca wg raportów GIOŚ (2007, 2008, 2009) o funkcjonowaniu systemu gospodarki zużytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym. W 2008r. osiągnięto 8,5% poziom zbierania sprzętu elektrycznego i elektronicznego bez sprzętu oświetleniowego, a średni 10% poziom dla całego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (1,5 kg/ mieszkańca rocznie).

Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. Etap I.

Tabela 8. Osiągnięty poziom zbierania i masa pozostałego sprzętu elektrycznego i elektronicznego w Polsce w latach 2006-2008 (GIOŚ 2007, 2008, 2009).

Grupa sprzętu elektrycznego i elektronicznego	Rok	Poziom zbierania (%)	Masa zebranego zużytego sprzętu (ton)	
			całkowita	z gosp. domowych
1. Wielkogabarytowe urządzenia gospodarstwa domowego	II poł. 2006	1,08	1 415	1 031
	2007	2,75	7 535	4 997
	2008	6,68	17 683	12 919
2. Małogabarytowe urządzenia gospodarstwa domowego	II poł. 2006	0,80	135	37
	2007	2,69	1 118	369
	2008	3,93	2 226	1 365
3. Sprzęt teleinformatyczny i telekomunikacyjny	II poł. 2006	4,16	1 581	219
	2007	13,02	8 715	1 985
	2008	20,27	14 949	7 723
4. Sprzęt audiowizualny	II poł. 2006	1,97	672	498
	2007	5,54	3 894	2 418
	2008	11,29	8 080	6 209
5. Sprzęt oświetleniowy	II poł. 2006	6,00	931	22
	2007	9,85	4 311	233
	2008	32,96	11 252	7 509
6. Narzędzia elektryczne i elektroniczne, z wyjątkiem wielkogabarytowych stacjonarnych narzędzi przemysłowych	II poł. 2006	1,68	233	68
	2007	2,73	1 144	204
	2008	3,63	1 582	718
7. Zabawki, sprzęt rekreacyjny i sportowy	II poł. 2006	0,57	19	11
	2007	1,35	95	36
	2008	3,00	222	23
8. Wyroby medyczne, z wyjątkiem wszystkich wszczepianych i skażonych produktów	II poł. 2006	0,99	22	3
	2007	3,09	93	18
	2008	4,02	136	13
9. Przyrządy do nadzoru i kontroli	II poł. 2006	1,34	16	3
	2007	1,53	77	2
	2008	3,19	156	8

Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. Etap I.

10. Automaty do wydawania	II poł. 2006	0,37	7	5
	2007	6,85	77	18
	2008	3,43	141	2
SPRZĘT ELEKTRYCZNY I ELEKTRONICZNY BEZ OŚWIETLENIOWEGO	II poł. 2006	1,69	4 100	1 875
	2007	4,46	22 863	10 047
	2008	8,52	45 174	28 979
SPRZĘT ELEKTRYCZNY I ELEKTRONICZNY (razem z grupą 5)	II poł. 2006	1,95	5 029	1 897
	2007	4,88	27 174	10 280
	2008	10,00	56 426	36 489

Tabela 9. Osiągnięty poziom zbierania sprzętu elektrycznego i elektronicznego w Polsce w latach 2006-2008 w przeliczeniu na mieszkańca (GIOŚ 2007, 2008, 2009).

Grupa sprzętu elektrycznego i elektronicznego	Rok	Poziom zbierania (%)		Poziom zbierania (kg/mieszk.)	
		całkowity	z gosp. domowych	całkowity	z gosp. domowych
SPRZĘT ELEKTRYCZNY I ELEKTRONICZNY (razem z grupą 5)	II poł. 2006	1,95	0,74	0,13	0,05
	2007	4,88	1,85	0,71	0,27
	2008	10,00	6,47	1,48	0,96

W uzasadnieniu do *Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 22 grudnia 2008r. w sprawie minimalnych rocznych poziomów zbierania zużytego sprzętu (Dz. U. Nr 235, poz. 1615)* wskazano, że biorąc pod uwagę iż do końca 2008r. Polska musi osiągnąć poziom zbierania 4 kg/mieszkańca/rok zużytego sprzętu pochodzącego z gospodarstw domowych, a w Polsce jest ok. 38 mln mieszkańców, należy zebrać ok. 152 tys. ton sprzętu gospodarstwa domowego.

Według danych GIOŚ (2009) w roku 2008 na polski rynek zostało wprowadzonych ogólnie 564 179 ton sprzętu elektrycznego i elektronicznego:

- sprzętu z grup 1-4, 6-7 i 9 – 522 555 ton,
- sprzętu z grupy 5 (sprzętu oświetleniowego) – 34 133 ton,
- sprzętu z grupy 8 i 10 (w większości nie zaliczający się do sprzętu gospodarstwa domowego) – 7 491 ton.

Spełnienie uchwalonych poziomów zbierania dla 2009r. powinno dać co najmniej 125 413 ton zebranego sprzętu z grup 1-4, 6-7 i 9 (poziom zbierania 24%) oraz 13 653 ton zebranego sprzętu oświetleniowego (poziom zbierania 40%), razem 139 066 ton zebranego sprzętu elektrycznego i elektronicznego. Efekty wdrożenia aktów wykonawczych do Ustawy o zużyтым sprzęcie elektrycznym i elektronicznym, uzyskane w roku 2009 i kolejnych latach, będą rozpatrywane w scenariuszu EXEC na etapie III niniejszego opracowania.

Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. Etap I.

Tabela poniżej przedstawia osiągnięte poziomy odzysku i recyklingu wg raportów GIOŚ liczone w stosunku do masy zebranego sprzętu.

Tabela 10. Osiągnięte poziomy odzysku i recyklingu sprzętu elektrycznego i elektronicznego oraz jego masa poddana tym procesom w Polsce w latach 2006-2008 (GIOŚ 2007, 2008, 2009).

Grupa sprzętu elektrycznego i elektronicznego	Rok	Odzysk (w tym recykling)		Recykling	
		Poziom odzysku (%)	Masa poddana procesowi (ton)	Poziom recyklingu (%)	Masa poddana procesowi (ton)
SPRZĘT ELEKTRYCZNY I ELEKTRONICZNY (razem z grupą 5)	II poł. 2006	16,04	807	9,09	457
	2007	61,17	16 624	55,51	15 086
	2008	b.d.	22 766	b.d.	22 138

Urządzenia kontrolno-pomiarowe

Wśród medycznych produktów pomiarowych zawierających rtęć wymienia się: aparaty rtęciowe do pomiaru ciśnienia krwi oraz termometry rtęciowe. Zawartość rtęci w termometrze wynosi od 1 do kilkuset gramów, w aparacie do pomiaru ciśnienia krwi: ok. 70 g (COWI, 2002). Ryzyko związane ze stosowaniem tego typu aparatury wynika ze stosowania elementu szklanego (rurka pomiarowa), który podatny jest na uszkodzenie mechaniczne, a tym samym rozlanie rtęci. Pośród innych czynników ryzyka istotna także jest technika pomiaru (MZ, 2006).

Informacje zawarte w (MZ, 2006), dotyczące skali stosowania wyrobów medycznych zawierających rtęć nie zawierają danych liczbowych, jednak można stwierdzić, że zarówno rtęciowe aparaty do mierzenia ciśnienia krwi jak i rtęciowe termometry są używane powszechnie, szczególnie w instytucjach ochrony zdrowia. Ze względu na wymagania Dyrektywy 2007/51/WE obowiązuje zakaz wprowadzania do obrotu rtęci w termometrach lekarskich i innych urządzeniach pomiarowych przeznaczonych do sprzedaży dla konsumentów. Długo jednak jeszcze pozostanie w użytkowaniu rtęć obecna w aparaturze pomiarowej będącej m.in. na wyposażeniu szpitali, laboratoriów i gospodarstw domowych.

Dyrektywa 2007/51/WE wdrożona przez *Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 3 października 2008r. zmieniające rozporządzenie w sprawie ograniczeń, zakazów lub warunków produkcji, obrotu lub stosowania substancji niebezpiecznych oraz zawierających je produktów (Dz. U. Nr 190, poz. 1163)* zakazuje wprowadzania do obrotu rtęci w:

- termometrach lekarskich i innych urządzeniach pomiarowych przeznaczonych do sprzedaży dla konsumentów, w szczególności manometrach, sfigmomanometrach (aparatach do pomiaru ciśnienia krwi) i termometrach innych niż lekarskie – od 3 kwietnia 2009r.,
- barometrów przeznaczonych do sprzedaży dla konsumentów – od 4 października 2009r.

Zakaz nie dotyczy urządzeń pomiarowych, które w dniu 3.10.2009 były starsze niż 50 lat.

Efekty wdrożenia w/w rozporządzenia, uzyskane w roku 2009 i kolejnych latach, będą rozpatrywane w scenariuszu EXEC na etapie III niniejszego opracowania.

Ocenia się także, że spośród 35 ton rtęci zużytej w UE w 2005r. do produkcji urządzeń kontrolno-pomiarowych, 5 ton zużyto do produkcji termometrów rtęciowych. W uzasadnieniu do w/w rozporządzenia wskazano, że liczba sprzedawanych termometrów w Polsce w ujęciu rocznym w 2006r. kształtowała się na poziomie co najmniej 1,5 mln szt., w tym ok. 1 mln termometrów rtęciowych i ok. 0,5 mln termometrów elektronicznych, a pozostałe rodzaje termometrów (beztęciowe, ciekłokrystaliczne, na podczerwień) stanowiły marginalną część sprzedaży.

Publiczne zakłady opieki zdrowotnej nabywały ok. połowy wszystkich sprzedawanych w Polsce termometrów rtęciowych. W placówkach służby zdrowia zorganizowane jest zbieranie termometrów rtęciowych i rtęci ze stłuczonych termometrów oraz przekazywanie ich do unieszkodliwienia. Wprowadzane są dopiero pilotażowe programy zbierania termometrów znajdujących się w gospodarstwach domowych. Można założyć, że najwyżej połowa rtęci z zużytych urządzeń kontrolno-pomiarowych (30% urządzeń wprowadzonych na rynek w roku bazowym) trafia do recyklingu i bezpiecznego składowania.

1.5. Emisja rtęci do powietrza z Polski z użytkowania produktów zawierających rtęć w 2008r.

Dystrybucję rtęci poprzez wymienione sposoby uwalniania z produktów obliczono za pomocą wskaźników dystrybucji, wykorzystując dane o:

- poziomach zbierania baterii i akumulatorów przenośnych, sprzętu oświetleniowego, pozostałego sprzętu elektrycznego i elektronicznego oraz urządzeń kontrolno-pomiarowych (z rozdziału 1.4),
- ilości odpadów komunalnych unieszkodliwionych termicznie – 0,4% w 2007r. (41 tys. ton spośród 9,5 mln ton zebranych; GUS, 2008)

Wskaźniki dystrybucji pokazane są w tabeli 11. Przyjęto, że 0,5% odpadów komunalnych jest spalanych. Poziom zbierania odpadów produktów zawierających rtęć (do recyklingu lub bezpiecznego składowania) został oszacowany w rozdziale 1.4. Reszta produktów trafia na składowiska odpadów komunalnych lub pozostaje w użyciu przez społeczeństwo.

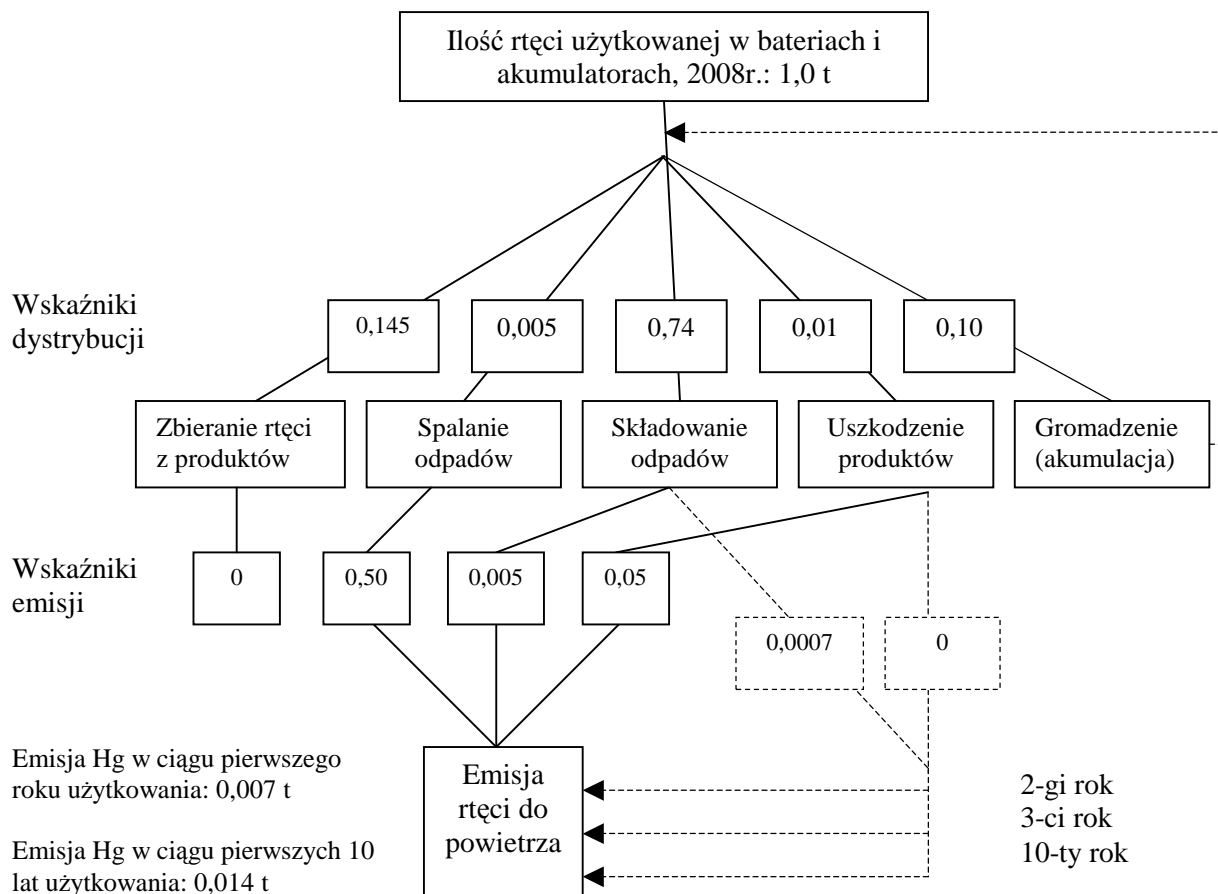
Tabela 11. Wskaźniki dystrybucji dla poszczególnych produktów zawierających rtęć i sposobów jej uwalniania (dystrybucji).

Sposoby uwalniania rtęci z produktów	Baterie i akumulatory	Sprzęt oświetleniowy	Pozostały sprzęt elektryczny i elektron.	Urządzenia kontrolno-pomiarowe
uszkodzenie produktów zawier. rtęć	0,01	0,05	0,01	0,05
spalanie odpadów komunalnych	0,005	0,005	0,005	0,005
składowanie odpadów komunalnych	0,74	0,265	0,51	0,295
zbieranie rtęci	0,145	0,33	0,085	0,30

Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. Etap I.

(recykling i bezpieczne składowanie)				
gromadzenie przez społeczeństwo	0,10	0,35	0,34	0,35

Następnie wyznaczono emisję rtęci stosując odpowiednie wskaźniki emisji proponowane przez Kindbom i Munthe (2007). Schemat metodologii obliczeń emisji rtęci do powietrza dla roku 2008 z użytkowania produktów zawierających rtęć na przykładzie baterii zaprezentowano na rys. 1.



Rys 1. Emisja rtęci do powietrza z użytkowania baterii i akumulatorów wprowadzonych na rynek w 2008r.

Oszacowaną emisję rtęci do powietrza z Polski z użytkowania produktów zawierających rtęć w 2008r. dla poszczególnych grup produktów: baterii, urządzeń kontrolno-pomiarowych, sprzętu oświetleniowego oraz sprzętu elektrycznego i elektronicznego zaprezentowano w tabeli 12.

Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. Etap I.

Tabela 12. Emisja rtęci do powietrza w Polsce z użytkowania produktów zawierających rtęć wprowadzonych na rynek w 2008r.

Grupy produktów i sposoby uwalniania rtęci z produktów	Hg emitowana w ciągu pierwszego roku użytkowania produktów (kg)	Hg emitowana w ciągu pierwszych 10 lat użytkowania produktów (kg)
CAŁKOWITA EMISJA	319	463
Baterie	7	14
uszkodzenie produktów zawier. rtęć	0	1
spalanie odpadów komunalnych	2	3
składowanie odpadów komunalnych	4	11
Urządzenia kontrolno-pomiarowe	55	83
uszkodzenie produktów zawier. rtęć	7	11
spalanie odpadów komunalnych	7	9
składowanie odpadów komunalnych	41	63
Sprzęt oświetleniowy	51	77
uszkodzenie produktów zawier. rtęć	7	11
spalanie odpadów komunalnych	7	9
składowanie odpadów komunalnych	37	57
Sprzęt elektryczny i elektroniczny	206	289
uszkodzenie produktów zawier. rtęć	1	2
spalanie odpadów komunalnych	7	9
składowanie odpadów komunalnych	71	109
złomowanie stali	126	169

Otrzymane wyniki wskazują, iż najwyższa emisja rtęci pojawia się w ciągu pierwszego roku użytkowania produktów jako tzw. „początkowa emisja” (*early emission*). W ciągu pierwszego roku użytkowania produktów zawierających rtęć, emisja rtęci do atmosfery w 2008r. wyniosła około 0,32 ton (3%). Kolejne 2,2 ton Hg (23%) będzie bezpiecznie składowane w ciągu pierwszego roku (zebrana rtęć z produktów i zatrzymana część rtęci z gazów spalinowych), a pozostałe 6,9 ton (73%) będzie składowane jako odpady komunalne lub zawarte w produktach pozostających w użyciu, patrz tabela 13.

W związku z tym, że niektóre produkty mają długi czas życia, emisja rtęci powinna być prognozowana na dłuższy okres. Rtęć zawarta w produktach pozostających w użyciu przez społeczeństwo jest uwalniania poprzez te same sposoby uwalniania z produktów (dystrybucji). Również składowanie odpadów komunalnych zawierających rtęć przyczynia się do powolnej dalszej emisji tego zanieczyszczenia. Jest to tzw. „późniejsza emisja” (*later emission*) liczona dla kolejnych 9 lat (od drugiego do dziesiątego roku od wprowadzenia na rynek). Biorąc pod uwagę ponowną dystrybucję rtęci zawartej w produktach wprowadzonych do obiegu w 2008r. i pozostających w użyciu przez społeczeństwo, w ciągu kolejnych 9 lat do powietrza wyemitowane będzie dodatkowe 0,14 ton Hg.

Ogólnie w ciągu pierwszych 10 lat do powietrza zostanie wyemitowane 0,46 ton Hg, co odpowiada 5% ilości rtęci zużytej w Polsce w 2008r. Po 10 latach od wprowadzenia

produktów do sprzedaży 31% rtęci zawartej w produktach zostanie bezpiecznie składowana (2,9 ton), a pozostałe 64% rtęci (6,0 ton) uwolni się w późniejszym okresie ze składowisk odpadów komunalnych do środowiska lub będzie zawarta w produktach pozostających w użyciu.

Tabela 13. Emisja do powietrza, recykling i bezpieczne składowanie oraz pozostałe miejsca zgromadzenia rtęci z użytkowania produktów zawierających rtęć wprowadzonych na polski rynek w 2008r.

	w ciągu pierwszego roku (ton)	w ciągu pierwszych 10 lat (ton)
Emisja do powietrza	0,32	0,46
Recykling i bezpieczne składowanie rtęci	2,17	2,89
Składowanie odpadów komunalnych + rtęć zawarta w produktach pozostających w użyciu	6,90	6,04
RAZEM	9,40	9,40

Biorąc pod uwagę poszczególne grupy produktów, główny udział w całkowitej emisji do powietrza wynikającej z użytkowania produktów zawierających rtęć w Polsce w 2008r. (w ciągu pierwszych 10 lat) stanowią sprzęt elektryczny i elektroniczny (62%), następnie urządzenia kontrolno-pomiarowe (18%) i sprzęt oświetleniowy (17%) oraz baterie (3%).

1.6. Emisja rtęci do powietrza z praktyki dentystycznej.

Stosowanie rtęci (amalgamatu stomatologicznego) w wypełnieniach dentystycznych ma znaczący udział w zużyciu rtęci w Unii Europejskiej. Według Maxsona (2006) zużycie rtęci w praktyce dentystycznej w państwach UE-25 w 2005r. wyniosło 90 ton, natomiast w 2006r. w krajach UE-27 - 100 ton (Maxson, 2007). Amalgamat stomatologiczny jest stopem powstającym z połączenia rtęci ze stopem zawierającym srebro, cynę, miedź i czasami cynk oraz pierwiastki śladowe. Przeciętny skład amalgamatu to 43-54% rtęci (Hg) oraz 46-57% stopu srebra (Ag), cyny (Sn) i miedzi (Cu) (*Toksykologia*). Stosowanie amalgamatu na szeroką skalę, mimo dostępności innych materiałów wypełniających, związane jest z trwałością i niską ceną tego produktu, w porównaniu do pozostałych materiałów stosowanych w stomatologii.

Dla sporządzenia pojedynczego wypełnienia dentystycznego zużywa się od 0,4 do 1,1 g rtęci. Sprzedawane na rynku polskim kapsułki do pojedynczych mniejszych wypełnień zawierają 340-400 mg rtęci, kapsułki do większych wypełnień zazwyczaj 510-570 mg, ale największe osiągają masę 1128 mg rtęci. Przygotowanie pojedynczego wypełnienia, zgodnie z praktyką dentystyczną, wymaga sporządzenia nadmiernej ilości mieszanki w stosunku do rzeczywistych potrzeb.

Według informacji Narodowego Funduszu Zdrowia, w I półroczu 2005 wykonano w Polsce 6,4 mln wypełnień dentystycznych z użyciem amalgamatu (MZ, 2006). Podana przez NFZ liczba zakontraktowanych świadczeń (ok. 13 mln rocznie) jest źródłem zużycia co najmniej 6,5 ton rtęci. Całkowita liczba wypełnień amalgamatowych wykonanych w 2006r. nie jest znana, ale w gabinetach prywatnych znacznie rzadziej używa się amalgamatu stomatologicznego. Biorąc pod uwagę szacunki Maxsona (2007) można oszacować, że w Polsce zużywa się ok. 10 ton Hg rocznie do wypełnień dentystycznych (łącznie ze sporządzeniem nadmiernej ilości mieszanki).

Użytkowanie rtęci w wypełnieniach dentystycznych skutkuje emisjami do:

- powietrza - w wyniku kremacji zwłok oraz uwalniania się rtęci z odpadów stałych wytwarzanych w gabinetach dentystycznych,
- do gleb i wód gruntowych - w wyniku procesów uwalniania rtęci ze zwłok grzebanych w ziemi oraz w wyniku uwalniania się rtęci z odpadów stałych wytwarzanych w gabinetach dentystycznych (Hławiczka, 2008).

Emisja rtęci do powietrza w klinikach i gabinetach dentystycznych została znacząca zmniejszona dzięki wprowadzeniu amalgamatów kapsułkowanych fabrycznie. Kapsułki o ściśle odmierzonych ilościach rtęci i proszku opiłków metali są zgniatane w celu uwolnienia rtęci przed rozrobieniem, a zawartość mieszana we wstrząsarkach. Odbywa się to zamiast klasycznego ręcznego ucierania mieszanki (w szklanych lub ceramicznych moździerzach) lub mieszania mechanicznego własnoręcznie przygotowanej mieszanki (Combe, 1997). Zaleca się usuwanie starych wypełnień amalgamatowych z zastosowaniem sprayu wodnego i ssaka. Resztki rtęci i wypełnień zbierane są do szczelnych pojemników z płynem ograniczającym parowanie rtęci (Jańczuk, 2004).

Według Maxsona (2007) roczne zastosowanie 100 ton rtęci w wypełnieniach dentystycznych w UE-27 skutkuje dodatkowym zużyciem 25 ton rtęci przy sporządzaniu nadmiernej ilości mieszanki. Ponadto 72% wypełnień jest zastąpieniem poprzednich, a tylko 28% nowymi wypełnieniami. W związku z tym w UE-27 powstają odpady stałe i ścieki oraz emisja do powietrza, łącznie 97 ton rtęci rocznie. Rtęć z klinik i gabinetów dentystycznych w części podlega recyklingowi (23 tony), jest także utylizowana jako odpady niebezpieczne (29 tony), a reszta trafia na składowiska odpadów komunalnych (22 tony), do sieci kanalizacyjnych (28 ton) oraz jest emitowana do powietrza (6 ton). W bilansie masy dla UE-27 28 ton rtęci wprowadzone z nowymi wypełnieniami jest równoważone przez 11 ton rtęci uwolnionych do środowiska z uszkodzonych plomb oraz 14 ton rtęci w ciałach osób zmarłych. W 2006r. nastąpił wzrost masy rtęci zgromadzonych w ciałach obywateli UE o 2 tony (z 1100 do 1102 ton).

Przenosząc te zależności na rynek polski można założyć, że 2,2 ton Hg jest zgromadzonych w społeczeństwie jako nowe wypełnienia, a 7,8 ton Hg trafia do masy odpadów i sieci kanalizacyjnych. Można założyć, że cały nadmiar mieszanki (2 tony rtęci) jest odbierany jako odpady niebezpieczne. Przyjęto także, że rtęć z odpadów starego amalgamatu w połowie jest zbierana jako odpad 18 01 10* (odpady amalgamatu dentystycznego; 2,9 ton rtęci) i utylizowana, a w połowie jest spalana wraz z odpadami zakaźnymi (2,9 ton z emisją do powietrza 1,45 ton rtęci).

Maxson (2007) podaje, że emisja rtęci do powietrza z wypełnień dentystycznych w wyniku kremacji zwłok stanowi 80% ilości rtęci zawartej w zwłokach, a 20% rtęci deponowana jest w glebie. Dostępne dane o emisji rtęci z procesu kremacji zwłok wahają się od 0,5-3,0 g Hg/

kremację (Niemcy) do 5 g Hg (Norwegia) lub 1,0-5,6 g Hg (USA), średnio 3 g Hg (OSPAR 2006; EPA 2005). W przypadku zwłok grzebanych w ziemi 20% rtęci stopniowo uwalnia się do wód gruntowych, a reszta pozostaje w glebie.

W 2006r. w Polsce poddano kremacji 5% zwłok (19 472 zwłok). Zakładając, że 75% ludzi ma wypełnienia amalgamatowe, a średnia zawartość rtęci w zwłokach tych ludzi wynosi 3 g, roczna emisja rtęci do powietrza z wypełnień dentystrycznych wynosi 35 kg, a pozostałe 9 kg jest deponowanych w glebie. Ze zwłokami grzebanymi w ziemi (350 tys. zwłok w 2006r.) do środowiska trafia 0,8 ton rtęci, z których 0,16 ton może uwolnić się do wód gruntowych, a reszta pozostanie w glebie.

2. Emisja rtęci do wód i gleby z Polski dla roku bazowego.

2.1. Emisja rtęci do wód z procesów przemysłowych i komunalnych oczyszczalni ścieków.

Działalność przemysłowa powoduje uwalnianie rtęci i jej związków do środowiska wodnego, w postaci bezpośredniej i pośredniej emisji zanieczyszczenia. Dane o krajowej i europejskiej emisji rtęci do wód zostały ujęte w ramach Europejskiego Rejestru Emisji Zanieczyszczeń EPER (*European Pollutant Emission Register*), ustanowionego decyzją Komisji z 17 lipca 2000r. Decyzja w sprawie wdrożenia EPER wynikała z art. 15 ust. 3 dyrektywy Rady 96/61/WE w sprawie zintegrowanego zapobiegania zanieczyszczeniom i ich kontroli.

W bazie danych EPER (2006) emisji rtęci i jej związków do wody w Polsce dla roku 2004 dane dotyczą wielkości emisji z dużych i średnich zakładów przemysłowych (*large and medium-sized industrial facilities*), usystematyzowanych według kodów działalności będących źródłem zanieczyszczeń. Kody działalności zakładów powiązane są z raportami o działalności, które wykazują łączne emisje wszystkich zanieczyszczeń, których źródłem jest dana działalność. Dane dla 2004r. nie obejmują zrzutów do wody z małych zakładów przemysłowych, z których ścieki trafiają do oczyszczalni ścieków miejskich.

Wartości podane jako „bezpośrednia emisja do wody” dotyczą emisji z zakładów bezpośrednio do środowiska wodnego. Wartości podane jako „pośrednia emisja do wody” dotyczą przesyłania ścieków z zakładów przemysłowych poprzez system kanalizacyjny do zewnętrznej oczyszczalni ścieków komunalnych lub przemysłowych (transfer do zewnętrznej oczyszczalni ścieków). W przypadku takich zakładów ładunek zanieczyszczeń jest znacznie niższy, dlatego wartości podanych jako emisja rtęci „bezpośrednia” i „pośrednia” są trudne do porównania.

Kontynuacją EPER jest Europejski Rejestr Uwalniania i Transferu Zanieczyszczeń E-PRTR (*European Pollutant Release and Transfer Register*). Jest to system ewidencji i raportowania zanieczyszczeń stosowany przez kraje członkowskie Unii Europejskiej, ściśle powiązany z realizacją dyrektywy IPPC. Dnia 24 lutego 2006 w państwach członkowskich UE weszło w życie rozporządzenie 166/2006/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie ustanowienia Europejskiego Rejestru Uwalniania i Transferu Zanieczyszczeń, zmieniające dyrektywy 91/689/EWG i 96/61/WE. Rozporządzenie to nadało prowadzącym instalacje nowy obowiązek raportowania danych na temat wprowadzania (uwolnień) i przemieszczania (transferów) zanieczyszczeń do środowiska. Zgodnie z zapisami dyrektywy państwa członkowskie UE zostały zobligowane do utworzenia Krajowego Rejestru Uwalniania i Transferu Zanieczyszczeń (PRTR), będącego elementem europejskiego rejestru E-PRTR. Stworzenie rejestru miało na celu poprawę dostępu do spójnej i zintegrowanej informacji o

Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. Etap I.

środowisku. W bazie danych E-PRTR (2009) podane są dane o bezpośredniej i pośredniej emisji do środowiska wodnego w 2007r.

Dane EPER dla 2004r. wykazują, iż krajowa bezpośrednia emisja rtęci do wody (1,3 ton) ustanawia Polskę na drugim miejscu pod względem wielkości emitowanego zanieczyszczenia wśród krajów UE-25 (28% całkowitej emisji). Biorąc pod uwagę pośrednią emisję rtęci do wody, emisja z Polski (0,06 ton) jest czwarta pod względem wielkości pośród krajów UE-25 (11% całkowitej emisji).

Dane o bezpośredniej i pośredniej krajowej emisji rtęci i jej związków do wody, z działalności przemysłowej zakładów ujętych w raportach EPER i E-PRTR zaprezentowano w tabeli 14. Zestawienie to powstało na podstawie niepełnych danych dostarczonych przez przemysł.

Tabela 14. Emisja rtęci i jej związków do wody z wybranych zakładów w Polsce w 2004r. i 2007r., ujętych w bazie danych EPER (2006) i E-PRTR (2009).

Kod działalności EPER/IPPC (kod E-PRTR) i rodzaj działalności	Nazwa zakładu	Emisja do wody (ton/rok)			
		2004		2007	
		bezpoś- rednia	pośred- nia	bezpoś- rednia	pośred- nia
CAŁKOWITA EMISJA RTĘCI DO WODY		1,30	0,06	2,47	0,50
1. PRZEMYSŁ ENERGETYCZNY					
1.1 (1.c) - Instalacje do spalania > 50 MW		0,02	0,01	0,08	0,00
1.1 - Instalacje do spalania > 50 MW	PGE Elektrownia Opole SA Brzezie k. Opola	0,01	–	0,003	–
	Ciepłownia Zawiszów, Świdnica	–	0,00	...	...
	PGE Elektrociepłownia Bydgoszcz II	0,00	–	...	...
	Elcho Sp. z o.o. Elektrociepłownia Chorzów	–	0,00	...	...
	Elektrownia Kozienice S.A. Świerze Górne,	0,02	–	...	...
	Megawat, Z-1 „Dębieńsko”, Czerwionka-Leszczyny	–	0,01	...	...
	PGE Dolna Odra, Elektrownia Pomorzany	–	–	0,07	–
	Elektrociepł. Kujawskie, Zakład Inowrocław	–	–	–	0,001
2. WYTWARZANIE I PRZETWÓRSTWO METALI					

Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. Etap I.

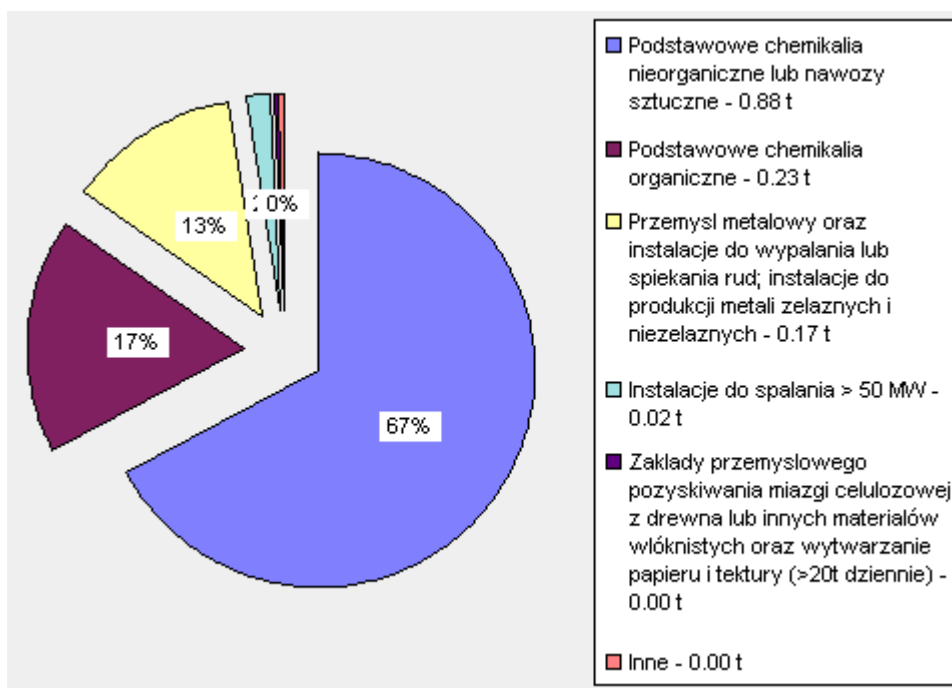
2.1-2.6 (2.a-2.f) Przemysł metalowy oraz instalacje do wypalania lub spiekania rud; instalacje do produkcji metali żelaznych i nieżelaznych		0,17	–	0,16	–
* 2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6 - Przemysł metalowy oraz instalacje do wypalania lub spiekania rud; instalacje do produkcji metali żelaznych i nieżelaznych 5.3/5.4	KGHM Polska Miedź S.A. Huta Miedzi „Legnica”	0,03	–	<i>patrz 5.4 (5.d)</i>	
2.1/2.2/2.3/2.4/2.5/2.6	Zakłady Górniczo-Hutnicze „Bolesław” S.A., Bukowno	0,13	–	...	...
2.5 (2.e)	Walcownia Metali „Dziedzice” S.A., 2 zakłady, Czechowice-Dziedzice	...	...	0,16	–
3. PRZEMYSŁ MINERALNY		...	...	0,02	–
(3.b) Górnictwo odkrywkowe i kamieniołomy	Kopalnia Węgla Brunatnego „Konin”, odkrywki razem	...	...	0,02	–
4. PRZEMYSŁ CHEMICZNY		1,11	0,04	1,04	0,12
4.1 (4.a) Podstawowe chemikalia organiczne		0,23	0,04	0,00	0,12
4.1 - Podstawowe chemikalia organiczne	Zakłady Chemiczne Zachem SA, Bydgoszcz	–	0,04	...	...
* 4.1 - Podstawowe chemikalia organiczne	PCC Rokita SA, Brzeg Dolny	0,20	–	<i>patrz (5.g)</i>	
4.2/4.3 - Podstawowe chemikalia nieorganiczne lub nawozy sztuczne	Zakłady Azotowe w Tarnowie-Mościcach S.A.	0,02	0,00	–	0,05
	Synthos Dwory S.A., Oświęcim	–	–	0,003	0,06
4.2-4.3 (4.b-4.c) Podstawowe chemikalia nieorganiczne lub nawozy sztuczne		0,88	–	1,03	–
* 4.2/4.3 - Podstawowe chemikalia nieorganiczne lub nawozy sztuczne	Zakłady Chemiczne Police S.A.	0,88	–	1,01	–
1.1 - Instalacje do spalania > 50 MW	Soda Polska Ciech, Soda Mątwy, Inowrocław	...	...	0,02	–
4.2/4.3 - Podstawowe chemikalia nieorganiczne lub nawozy sztuczne	Zakłady Chemiczne „Siarkopol” Tarnobrzeg Sp. z o.o.	0,00	–	0,002	–
5. GOSPODARKA ODPADAMI I ŚCIEKAMI		0,00	0,00	1,17	0,37

Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. Etap I.

5.3-5.4 (5.c-5.d) Instalacje do usuwania odpadów innych niż niebezpieczne (>50t dziennie) i składowiska odpadów (>10t dziennie, 5.d)		0,00	0,00	–	0,23
5.4 (5.d) - Składowiska odpadów (>10t dziennie)	KGHM Polska Miedź S.A. Huta Miedzi „Legnica”	<i>patrz 2.1-2.6</i>		–	0,22
(5.f) Oczyszczalnie ścieków komunalnych o wydajności > 100 tys. równoważnej liczby mieszkańców		...	...	1,07	–
(5.g) Niezależnie od zakładów eksploatowane oczyszczalnie ścieków przemysłowych		...	...	0,08	0,14
	PCC Rokita SA, Brzeg Dolny	<i>patrz 4.1</i>		–	0,14

(*) podstawowy przedmiot działalności; (–) nie wykazano emisji; (...) brak danych z zakładu

Z przedstawionych danych o krajowej emisji rtęci i jej związków do wody z działalności przemysłowej wynika, iż najwyższy udział w emisji w 2004r. miał przemysł chemiczny (kod działalności 4), następnie procesy wytwarzania i przetwórstwa metali (kod 2) oraz przemysł energetyczny (kod 1). Dane o bezpośredniej emisji rtęci i jej związków do wody z obszaru Polski dla 2004r., z działalności przemysłowej zakładów ujętych w raporcie EPER, zaprezentowano na rys. 2.

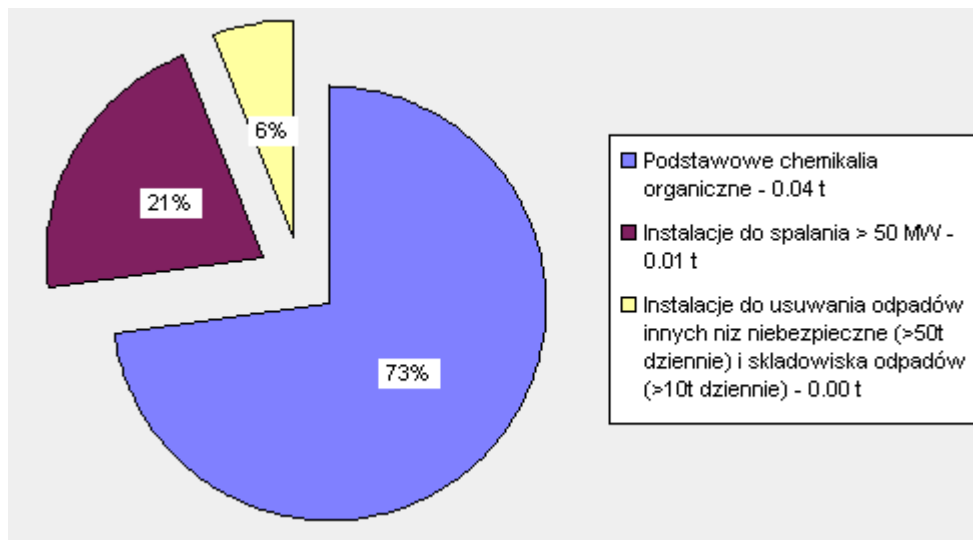


Rys. 2. Wielkość bezpośredniej emisji rtęci i jej związków do wody w Polsce w 2004r., wg kategorii działalności przemysłowej (EPER, 2006)

Według danych EPER (2006) wielkość pośredniej krajowej emisji rtęci do wody w 2004r. pochodziła głównie z produkcji podstawowych chemikaliów organicznych (kod 4.1) i

Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. Etap I.

wynosiła 0,04 ton (73% całkowitej emisji pośredniej). Dane o pośredniej emisji rtęci i jej związków do wody z obszaru Polski dla 2004r. z działalności przemysłowej zakładów, ujętych w raporcie EPER, zaprezentowano na rys. 3.

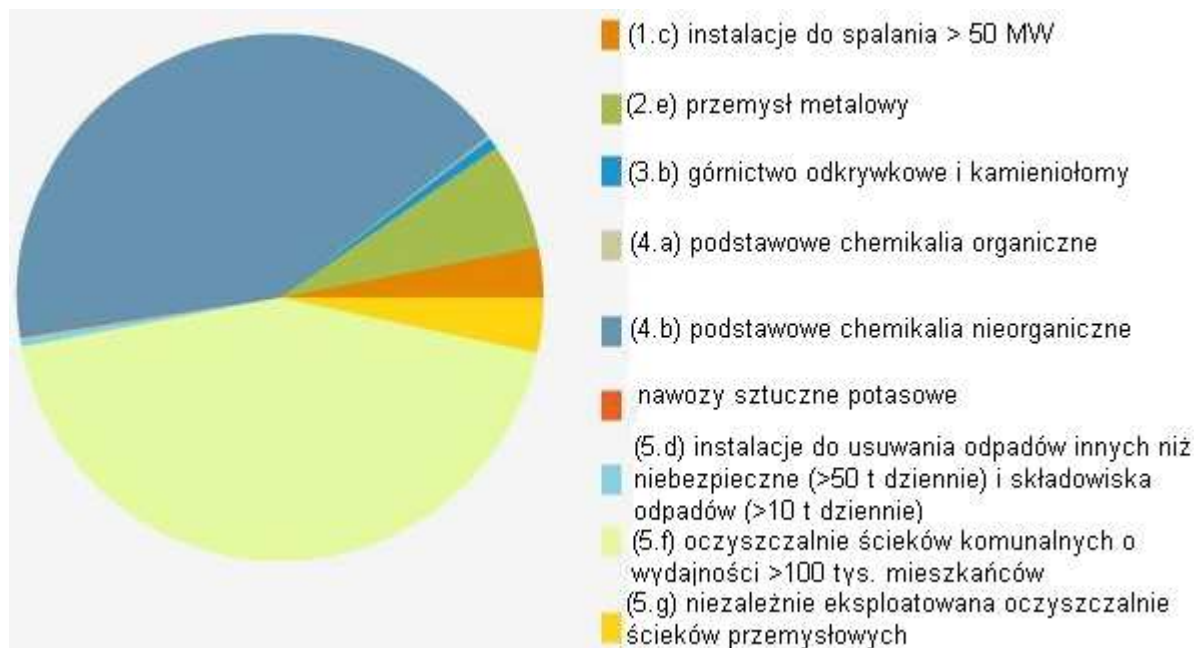


Rys. 3. Wielkość pośredniej emisji rtęci i jej związków do wody w Polsce w 2004r., wg kategorii działalności przemysłowej (EPER, 2006)

Według danych E-PRTR dla 2007r. emisja bezpośrednia do wody w Polsce wynosiła 2,47 ton, podczas gdy emisja pośrednia 0,50 ton, razem 2,97 ton - patrz tabela 14. Zgodnie z systematyką przyjętą w E-PRTR najwyższy udział w krajowej emisji rtęci i jej związków do wody stanowił sektor gospodarki odpadami i ściekami: oczyszczalnie ścieków komunalnych o wydajności powyżej 100 tys. mieszkańców - 1,07 ton (44%) wraz z niezależnie eksploatowanymi oczyszczalniami ścieków przemysłowych - 0,08 ton (3%). Emisje pochodzące z produkcji podstawowych chemikaliów nieorganicznych i nawozów sztucznych stanowiły 1,03 ton (42%). Kolejne sektory odpowiedzialne za emisję rtęci i jej związków od wody stanowiły: wytwarzanie i przetwórstwo metali - 0,16 ton (7%), przemysł energetyczny - 0,08 ton (3%) oraz przemysł mineralny i inne źródła (E-PRTR, 2009). Strukturę udziału poszczególnych sektorów, powodujących uwalnianie się rtęci i jej związków do wody, ujętych w systematyce E-PRTR zaprezentowano na rys. 4.

W odróżnieniu do danych EPER dla 2004r., dane E-PRTR (2009) dla 2007r. obejmują nowe sektory działalności. Uwzględnione są emisje z oczyszczalni ścieków komunalnych w największych miastach powyżej 100 tys. mieszkańców (bezpośrednia emisja 1,07 ton rocznie). Emisje te obejmują zrzuty rtęci do wody z małych zakładów przemysłowych i ludności dużych miast. Na podstawie danych dla 2007r. można wydzielić emisję z dużych i średnich zakładów przemysłowych razem z oczyszczalniami ścieków przemysłowych - bezpośrednia emisja 1,40 ton i pośrednia emisja 0,27 ton rocznie, co stanowi łącznie 1,67 ton. Pośrednia emisja ze składowisk odpadów przemysłowych została oszacowana na 0,23 ton.

Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. Etap I.



Rys. 4. Wielkość bezpośredniej emisji rtęci i jej związków do wód z procesów przemysłowych w Polsce w 2007r., wg E-PRTR (2009)

2.2. Zdolność produkcyjna przemysłu chlorowego w Polsce.

Głównym źródłem emisji rtęci do wody z procesów przemysłowych w Polsce jest cały przemysł chemiczny (kod działalności 4), a w przypadku emisji pośredniej - produkcja podstawowych chemikaliów organicznych (kod 4.1). Emisja ta pochodzi z zakładów produkujących chlor metodą rtęciową.

W 2000 r. zdolność produkcyjna metodą rtęciową (422 tys. ton) stanowiła 45% całkowitej krajowej zdolności produkcyjnej przemysłu chlorowego (MŚ, 2005). Według danych na styczeń 2005 udział metody rtęciowej w krajowej zdolności produkcyjnej chloru wynosił 44,6%, a w styczniu 2009 udział ten zmniejszył się do 31% (Maxson, 2006; Euro Chlor, 2005, 2009). Charakterystykę krajowego przemysłu chlorowego w Polsce w latach 2000-2009 zaprezentowano w tabeli 15. PCC Rokita w Brzegu Dolnym planuje sukcesywnie wymieniać elektrolizery rtęciowe na membranowe. Pierwszy etap konwersji ma zakończyć się w 2009r.

Tabela 15. Zdolność produkcyjna przemysłu chlorowego w Polsce (MŚ, 2005; Euro Chlor 2005, 2006, 2007, 2008, 2009).

Zakład	Technologia	Produkcja	Zdolność produkcyjna,					
		tys. ton Cl ₂ / rok	tys. ton Cl ₂ / rok					
		2000	2000	01. 2005	01. 2006	01. 2007	01. 2008	01. 2009
Całkowita produkcja/ całkowita zdolność produkcyjna		318	422	464	442	442	442	399

Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. Etap I.

Technologia przeponowa i membranowa		168	230	257	274	274	274	274
Anwil SA, Włocławek	przeponowa diafragmowa od 2006 technologia membranowa	120	180	197	214	214	214	214
Zakłady Chemiczne Zachem SA, Bydgoszcz	przeponowa diafragmowa	48	50	60	60	60	60	60
Technologia rtęciowa		150	192	207	168	168	168	125
PCC Rokita SA, Brzeg Dolny	rtęciowa	90	120	125	125	125	125	125
Zakłady Azotowe w Tarnowie-Mościcach S.A.		29	35	43	43	43	43	*
Firma Chemiczna Dwory S.A. (od 2007r. Synthos Dwory S.A.), Oświęcim		31	37	39	*	*	*	*

(*) zakończenie produkcji chloru metodą rtęciową

Dyrektywa IPPC reguluje stopniowe wycofywanie technologii rtęciowej w krajach UE, wyznaczając tylko technologie membranowe oraz bezazbestowe technologie przeponowe jako najlepsze dostępne techniki BAT (EC, 2001d). Zgodnie z zapisami Decyzji 90/3 Komisji Paryskiej (PARCOM) technologie wykorzystujące metodę rtęciową powinny być wycofywane do 2010r. i zastępowane technologiami niewymagającymi stosowania rtęci w procesie produkcji. Wycofanie technologii rtęciowej wyeliminuje problem emisji rtęci w tym sektorze.

W ciągu dekady ilość rtęci zgromadzona w elektrolizerach i zdolność produkcyjna zakładów stosujących technologię rtęciową w Polsce zmniejszyła się o ok. 40%. Przyjmując wartość 1,8 kg Hg na jednostkę zdolności produkcyjnej elektrolizera (tonę Cl/rok; Maxson i Verberne, 2000), można oszacować masę 225 ton odpadów rtęci, która pozostanie po likwidacji technologii rtęciowej w PCC Rokita w Brzegu Dolnym. Zbędna rtęć może być sprzedawana do innych krajów lub oddawana do jedynej funkcjonującej w Europie kopalni rtęci w hiszpańskiej Almaden.

2.3. Uwalnianie się rtęci do wód ze składowisk odpadów komunalnych.

Ilość rtęci trafiającej na składowiska odpadów komunalnych z produktów zawierających rtęć wprowadzonych na rynek polski w 2008r. została oszacowana w rozdziale 1.5 za pomocą metody Kindbom i Munthe (2007). W ciągu pierwszego roku użytkowania produktów, spośród 9,4 ton rtęci wprowadzonych rocznie na rynek, na składowiska trafi 3,7 ton rtęci, a po 10 latach do wód i gleby będzie uwalniać się 4,8 ton rtęci, patrz tabela 16.

Tabela 16. Ilość rtęci trafiająca na składowiska odpadów komunalnych w Polsce z użytkowania produktów zawierających rtęć wprowadzonych na rynek w 2008r.

Grupy produktów	Hg trafiająca na składowiska w ciągu pierwszego roku użytkowania produktów (kg)	Hg trafiająca na składowiska w ciągu pierwszych 10 lat użytkowania produktów (kg)
CAŁKOWITA ILOŚĆ RTEŃCI	3 728	4 835
Baterie	732	805
Urządzenia kontrolno-pomiarowe	826	1 115
Sprzęt oświetleniowy	742	1 002
Sprzęt elektryczny i elektroniczny	1 428	1 914

Według danych dla woj. mazowieckiego (WIOŚ Warszawa, 2009) 80% odpadów komunalnych unieszkodliwionych w 2008r. trafiło na składowiska z uszczelnieniem i drenażem odcieków (75% na składowiska, które spełniały wymogi dyrektywy 99/31/WE), a 20% odpadów na składowiska bez odpowiedniego uszczelnienia. Ocieki ze składowisk odpadów trafiają na komunalne oczyszczalnie ścieków, które nie są przystosowane do usuwania metali ciężkich.

3. Prognoza emisji rtęci z Polski w roku 2020.

3.1. Scenariusz SQ emisji rtęci do powietrza do roku 2020.

Scenariusz status-quo (SQ) jest prognozą zakładającą, iż nie będą podejmowane żadne dalsze działania zmierzające do redukcji emisji rtęci. Wskaźniki emisji pozostaną niezmiennymi na poziomie roku bazowego. Wzrost ekonomiczny oraz liczby ludności doprowadzą do wzrostu zużycia energii i produkcji przemysłowej doprowadzając do wzrostu emisji rtęci. Prognozy emisji w 2020r. dla omawianego scenariusza SQ w skali globalnej oraz dla regionów świata przedstawione zostały przez Pacynę i in. (2008c). Scenariusz status-quo jest tylko scenariuszem porównawczym. Oczekuje się, że w rzeczywistości presja krajowa i międzynarodowa spowoduje działania skutkujące redukcją emisji rtęci.

Produkcja energii elektrycznej i ciepła jest dominującym źródłem emisji rtęci z procesów przemysłowych w Polsce. Prognoza wzrostu zużycia paliw w tym sektorze zawarta jest w projekcie „*Polityki Energetycznej Polski do roku 2030*” z 2007r. (MG, 2007). W prognozie tej spodziewany jest do 2020r. 15% wzrost zużycia paliw ogółem (węgiel, produktów naftowych, gazu ziemnego i innych) do produkcji energii elektrycznej. Jednakże wzrost zużycia węgla kamiennego i brunatnego w elektrowniach wyniesie tylko 6%. Przewidywany udział węgla w strukturze produkcji energii elektrycznej w 2020r. będzie nieco niższy niż w 2005r. Ta sytuacja może ulec zmianie w znaczącym stopniu po spodziewanym uruchomieniu pierwszych elektrowni jądrowych do 2030r. Do 2020r. przewidywane jest także zmniejszenie o 5% udziału zużycia węgla w ciepłowniach rejonowych, sektorze mieszkalnictwa (indywidualne źródła produkcji ciepła, paleniska domowe) oraz w zakładach przemysłowych.

Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. Etap I.

Rosnące zapotrzebowanie na zużycie paliw do celów innych niż produkcja energii elektrycznej będzie zaspokojone przez zwiększone zużycie produktów naftowych i gazu oraz nowe odnawialne źródła energii.

Ostateczna wersja Polityki energetycznej Polski (MG, 2009) przyjęta 10 listopada 2009r. przez Radę Ministrów zakłada znaczący 28% spadek zużycia węgla kamiennego i brunatnego do produkcji energii elektrycznej oraz 10% spadek zużycia węgla w ciepłownictwie i mieszkalnictwie. Założenia te zostaną wykorzystane do scenariusza EXEC na etapie III niniejszego opracowania.

W przypadku produkcji cementu wykorzystano prognozy prezentowane w raporcie IPPC (2007). Według tych danych, zgodnie ze scenariuszem A1 zakładającym szybki wzrost ekonomiczny do 2030r. prognozowany jest 6% wzrost produkcji w krajach OECD. Dla sektora produkcji stali wg prognoz Laplace Conseil, do 2020r. przewidywany jest 2% wzrost produkcji w Europie bez krajów byłego Związku Radzieckiego.

Całkowita emisja rtęci z procesów przemysłowych do 2020r. jest prognozowana na poziomie 16,2 ton. W porównaniu z rokiem 2005 emisja rtęci wzrośnie w wyniku zwiększonego zużycia węgla w elektrowniach. Nie przewiduje się znaczących zmian w pozostałych sektorach. Wynik prognoz dla emisji rtęci do powietrza z Polski w roku 2020 dla scenariusza SQ z procesów przemysłowych zaprezentowano w tabeli 17.

Tabela 17. Prognoza emisja rtęci do powietrza z procesów przemysłowych w Polsce w 2020r. dla scenariusza status-quo (kg/rok).

katgorie SNAP97	Sektory	Hg średnia emisja 2005-2007 (IOŚ, 2009a,b,c) kg/rok	Hg emisja SQ2020 kg/rok
	CAŁKOWITA EMISJA	15795,5	16213,5
01	PROCESY SPALANIA W SEKTORZE PRODUKCJI I TRANSFORMACJI ENERGII	9141,2	9588,0
01 01	Elektrownie i elektrociepłownie węglowe	8144,7	8633,4
01 02	Ciepłownie ogółem (razem z ciepłowniami komunalnymi i przemysłowymi)	837,2	795,3
01 04	Przemiany paliw stałych	37,7	37,7
01 05	Kopalnictwo surowców energetycznych	121,6	121,6
02	PROCESY SPALANIA W SEKTORZE KOMUNALNYM I MIESZKANIOWYM	1304,2	1239,0
02 01	Ciepłownie sektora usług (bez ciepłowni komunalnych, ale z małymi ciepłowniami)	233,0	221,3
02 02	Gospodarstwa domowe (bez małych ciepłowni)	902,0	856,9
02 03	Rolnictwo, leśnictwo i inne	169,2	160,7
03	PROCESY SPALANIA W PRZEMYSŁE	4284,2	4305,3
03 01	Spalanie w kotłach, turbinach gazowych i	475,5	451,7

Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. Etap I.

	silnikach (w rekalkulacji bez ciepłowni przemysłowych)		
03 02 (+03 03)	Procesy spalania bez kontaktu (+ wybrane procesy spalania z kontaktem)	1088,9	1034,4
03 03 04	Pierwotna produkcja ołowiu	209,8	209,8
03 03 05	Pierwotna produkcja cynku	769,7	769,7
03 03 06	Pierwotna produkcja miedzi	54,4	54,4
03 03 08	Wtórna produkcja cynku	0,6	0,6
03 03 11	Produkcja cementu	1653,8	1753,0
03 03 14	Produkcja szkła płaskiego	31,7	31,7
04	PROCESY PRODUKCYJNE	1019,0	1034,2
04 02 01	Produkcja koksu dla przemysłu metali żelaznych	283,0	288,7
04 02 06	Stalownie konwertorowo-tlenowe	5,6	5,7
04 02 07	Piece elektryczne	403,4	411,4
04 02 09	Spiekanie	72,8	74,2
04 04 13	Produkcja chloru metodą rtęciową	254,2	254,2
09	ZAGOSPODAROWANIE ODPADÓW	46,9	46,9
09 02 01	Spalanie odpadów komunalnych	46,9	46,9

Przyjęto, że emisja rtęci z użytkowania produktów zawierających rtęć w scenariuszu SQ będzie zbliżona do emisji dla roku bazowego. Przewiduje się, że w 2020r. zostanie osiągnięty średni poziom unijny zużycia (11 baterii rocznie na mieszkańca) i ilość rtęci wprowadzanej na rynek w bateriach wzrośnie do 1,6 ton rocznie. W efekcie ilość rtęci wprowadzanej na rynek w 4 grupach produktów wzrośnie do 10 ton rocznie. Model konsumpcji (poza wzrostem zużycia baterii), poziom zbierania odpadów oraz wielkości wskaźników emisji nie ulegną zmianie. Efekty wdrożenia aktów prawnych obowiązujących od stycznia 2009r. (wycofanie termometrów i barometrów rtęciowych przy jednoczesnym wzroście sprzedaży świetlówek kompaktowych, a także wymagane wyższe poziomy zbierania odpadów) będą rozpatrywane w scenariuszu EXEC na etapie III niniejszego opracowania.

Emisja rtęci z użytkowania produktów wprowadzonych na rynek w 2020r. wyniesie w pierwszym roku 0,32 ton, a w ciągu pierwszych 10 lat – 0,47 ton, patrz tabela 18.

Tabela 18. Emisja rtęci w Polsce z użytkowania produktów zawierających rtęć wprowadzonych na rynek w 2020r. dla scenariusza status-quo.

Grupy produktów i sposoby uwalniania rtęci z produktów	Hg emitowana w ciągu pierwszego roku użytkowania produktów (kg)	Hg emitowana w ciągu pierwszych 10 lat użytkowania produktów (kg)
CAŁKOWITA EMISJA	323	472
Baterie	11	23
uszkodzenie produktów zawier. rtęć	1	1
spalanie odpadów komunalnych	4	4
składowanie odpadów komunalnych	6	17

Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. Etap I.

Urządzenia kontrolno-pomiarowe	55	83
uszkodzenie produktów zawier. rtęć	7	11
spalanie odpadów komunalnych	7	9
składowanie odpadów komunalnych	41	63
Sprzęt oświetleniowy	51	77
uszkodzenie produktów zawier. rtęć	7	11
spalanie odpadów komunalnych	7	9
składowanie odpadów komunalnych	37	57
Sprzęt elektryczny i elektroniczny	206	289
uszkodzenie produktów zawier. rtęć	1	2
spalanie odpadów komunalnych	7	9
składowanie odpadów komunalnych	71	109
złomowanie stali	126	169

Emisja rtęci do powietrza z praktyki dentystycznej jest sumą emisji z procesów spalania starego amalgamatu w masie odpadów zakaźnych, pochodzących z praktyki dentystycznej, oraz emisji pochodzącej z procesów kremacji zwłok. Emisję rtęci pochodzącą ze spalania amalgamatu dentystycznego przyjęto jako identyczną jak dla roku bazowego. W przypadku prognoz emisji rtęci do powietrza z procesów kremacji zwłok założono, iż ilość zwłok poddawanych procesom kremacji wzrośnie w 2020r. do 10%, co stanowi połowę poziomu ilości zwłok poddawanych procesom kremacji w Hiszpanii w 2004r (Maxson, 2007). Wielkość przyjęta dla Polski wynika z trendu wzrostowego liczby kremacji, ale ograniczona jest przez wzorce kulturowe i doświadczenia historyczne Polski.

3.2. Scenariusz SQ emisji rtęci do wód i gleby w 2020r.

Założono, iż emisja rtęci do wody z procesów przemysłowych (dużych i średnich zakładów przemysłowych) oraz komunalnych oczyszczalni ścieków w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców nie ulegnie zmianie, w stosunku do roku bazowego.

W ramach scenariusza SQ do roku 2020 oszacowano także ilość rtęci trafiającej na składowiska odpadów komunalnych z produktów zawierających rtęć wprowadzonych na rynek polski w 2020r. Założono, iż poza wzrostem zużycia baterii, model konsumpcji i poziomy zbierania odpadów nie ulegną zmianie. Przewiduje się, że z 10 ton rtęci wprowadzonych rocznie na rynek, 4,2 ton trafi na składowiska odpadów komunalnych w ciągu pierwszego roku, a po 10 latach ze składowisk potencjalnie uwalniać się będzie 5,3 ton rtęci, patrz tabela 19.

Zakłada się, że 80% odpadów komunalnych unieszkodliwionych w 2020 r. nadal będzie trafiać na składowiska z uszczelnieniem i drenażem odcieków, a 20% na składowiska bez odpowiedniego uszczelnienia. Ocieki ze składowisk odpadów będą trafiać na komunalne oczyszczalnie ścieków, które nie będą przystosowane do usuwania metali ciężkich.

Dla potencjalnego uwalniania się rtęci z wypełnień dentystycznych założono, że ze względu na prognozowany wzrost ilości procesów kremacji (z 5% w roku bazowym do 10% w 2020r.), ilość zwłok grzebanych w ziemi zmniejszy się (do ok. 330 tys. zwłok w 2020r.). W efekcie zmniejszy się ilość rtęci, która potencjalnie może uwalniać się ze zwłok do wód gruntowych.

Tabela 19. Ilość rtęci trafiająca na składowiska odpadów komunalnych w Polsce z użytkowania produktów zawierających rtęć wprowadzonych na rynek w 2020r. dla scenariusza status-quo.

Grupy produktów	Hg trafiająca na składowiska w ciągu pierwszego roku użytkowania produktów (kg)	Hg trafiająca na składowiska w ciągu pierwszych 10 latach użytkowania produktów (kg)
CAŁKOWITA ILOŚĆ RTECI	4 180	5 333
Baterie	1 184	1 302
Urządzenia kontrolno-pomiarowe	826	1 115
Sprzęt oświetleniowy	742	1 002
Sprzęt elektryczny i elektroniczny	1 428	1 914

3.3. Całkowita emisja rtęci z Polski dla roku bazowego.

Emisja rtęci do powietrza.

Antropogeniczna emisja rtęci do powietrza z obszaru Polski uważana jest za jedną z najwyższych w Europie, co wynika głównie z procesów przemysłowych, szczególnie ze spalania węgla. Dla obliczenia całkowitej emisji do powietrza oszacowano także emisję rtęci pochodzącą z użytkowania produktów zawierających rtęć oraz praktyki dentystycznej. Nie uwzględniono emisji rtęci ze spalarni osadów ściekowych.

Dla roku bazowego 2008 całkowita antropogeniczna emisja rtęci do powietrza z obszaru Polski wyniosła 17,70 ton, na co składała się emisja z procesów przemysłowych, z użytkowania produktów zawierających rtęć oraz z praktyki dentystycznej.

Emisja rtęci z procesów przemysłowych.

Emisję rtęci z procesów przemysłowych do powietrza przyjęto jako wielkość średnioroczną z lat 2005-2007 (IOŚ, 2009a,b,c). Wielkość tę pomniejszono o emisję ze spalania odpadów komunalnych (grupa SNAP 090201), aby uniknąć podwójnego liczenia tej emisji, uwzględnionej następnie w wyznaczonej emisji rtęci do powietrza z użytkowania produktów zawierających rtęć. Dla przyjętego roku bazowego 2005-2007:

- roczna całkowita emisja rtęci z procesów przemysłowych wyniosła 15,75 t.

Emisja rtęci z użytkowania produktów zawierających rtęć.

Emisję rtęci z użytkowania produktów zawierających rtęć wyznaczono na podstawie danych o ilości rtęci wprowadzonej wraz z produktami na rynek w 2008r. Wyznaczono emisję jako roczną, pojawiającą się w ciągu pierwszego roku użytkowania produktów, oraz późniejszą emisję, wynikającą ze stopniowego uwalniania się rtęci. Dla przyjętego roku bazowego 2008 wyznaczono:

- emisję rtęci w pierwszym roku (0,32 t),
- emisję rtęci w ciągu pierwszych 10 lat (0,46 t).

Emisja rtęci z praktyki dentystycznej.

Całkowitą emisję rtęci dla danych z 2006r. wyznaczono jako sumę emisji pochodzącej z procesów kremacji zwłok oraz z procesów spalania starego amalgamatu w masie odpadów zakaźnych, pochodzących z praktyki dentystycznej. Emisję rtęci pochodzącą ze spalania amalgamatu dentystycznego wyznaczono na podstawie danych o ilości rtęci z amalgamatu w masie odpadów oraz wskaźnika emisji przyjętego jak dla spalania odpadów komunalnych. Przyjęto także, iż połowa z ilości amalgamatu jest utylizowana, a połowa spalana wraz z odpadami zakaźnymi. Emisję pochodzącą z procesów kremacji obliczono przy założeniu, iż w 2006r. w Polsce procesom kremacji poddano 5% zwłok. Założono, że roczna emisja rtęci do powietrza stanowi 80%, reszta jest deponowana w glebie (Maxson, 2007). W wyniku działalności praktyki dentystycznej w 2006r. wyznaczono:

- roczną emisję rtęci z procesów spalania odpadów amalgamatu (1,45 t) oraz z wypełnień dentystycznych w procesach kremacji (0,04 t).

Emisja rtęci do wód i gleby.

Emisja rtęci do wód i gleby wynikająca z działalności prowadzonej w roku bazowym na obszarze Polski została oszacowana jako suma emisji bezpośredniej z procesów przemysłowych oraz procesów uwalniania się rtęci ze składowisk odpadów komunalnych i uwalniania się rtęci z wypełnień dentystycznych. Z powodu braku danych nie rozpatrywano ilości rtęci wprowadzanej do gleby wraz z nawozami sztucznymi oraz komunalnymi osadami ściekowymi.

Całkowita antropogeniczna emisja rtęci do wód i gleby z obszaru Polski dla działalności prowadzonej w roku bazowym 2008 została oszacowana na 7,97 ton, na co składała się emisja z procesów przemysłowych i komunalnych oczyszczalni ścieków oraz potencjalne uwalnianie się rtęci ze składowisk odpadów komunalnych oraz z wypełnień dentystycznych.

Emisja rtęci do wód z procesów przemysłowych i komunalnych oczyszczalni ścieków.

Całkowitą emisję rtęci do wód i gleby z procesów przemysłowych i komunalnych oczyszczalni ścieków wynoszącą 2,97 ton, wyznaczono na podstawie danych E-PRTR (2009) dla dużych i średnich zakładów przemysłowych. Zrzuty do wody z małych zakładów przemysłowych i ludności zostały ujęte w emisjach z oczyszczalni ścieków komunalnych w największych miastach powyżej 100 tys. mieszkańców. Według danych raportowanych dla 2007r.:

- emisja z dużych i średnich zakładów przemysłowych razem z oczyszczalniami ścieków przemysłowych - bezpośrednia (1,40 t) i pośrednia (0,27 t), razem 1,67 t,
- emisja ze składowisk odpadów przemysłowych, innych niż niebezpieczne - pośrednia 0,23 t,
- emisja z oczyszczalni ścieków komunalnych (z małych zakładów przemysłowych i od ludności) w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców - bezpośrednia 1,07 t.

Potencjalne uwalnianie się rtęci ze składowisk odpadów komunalnych.

Ilość rtęci trafiającej na składowiska odpadów komunalnych w Polsce wyznaczono z danych o ilości rtęci w produktach wprowadzonych na rynek w 2008r. Dla przyjętych danych oszacowano:

- ilość rtęci trafiającą na składowiska odpadów w ciągu pierwszego roku (3,73 t),

- potencjalne stopniowe uwalnianie się rtęci (4,84 t) z produktów trafiających na składowiska odpadów w ciągu 10 lat.

Potencjalne uwalnianie się rtęci z wypełnień dentystycznych.

Ilość rtęci stopniowo uwalnianej do wody i gleby wyznaczono na podstawie danych dla 2006r. w Polsce o ilości zwłok grzebanych w ziemi oraz przy założeniu, iż 20% z ilości rtęci uwalnianej z wypełnień dentystycznych trafia do wód gruntowych, pozostałe 80% może pozostać w glebie (Maxson, 2007). Dla tak przyjętych założeń, wyznaczono:

- potencjalne stopniowe uwalnianie się rtęci do wód gruntowych (0,16 t).

W przedstawionych wyżej szacunkach nie są uwzględnione emisje z zużycia rtęci w laboratoriach, farmaceutykach, kosmetykach, pestycydach, fungicydach, farbach i innych zastosowaniach, które w 2005r. dla UE-25 zostało oszacowane na poziomie 30 ton (Maxson, 2006). Przy założeniu, że ludność Polski stanowiła wówczas 8% całkowitej ludności krajów UE, zużycie rtęci w tych rodzajach działalności mogłoby sięgnąć 2,4 ton rocznie.

3.4. Prognoza emisji rtęci z Polski w 2020r. dla scenariusza SQ.

Emisja rtęci do powietrza.

Emisja rtęci do powietrza z Polski dla scenariusza SQ do roku 2020 została wyznaczona przy założeniu, że utrzymane zostaną bieżące praktyki i metody kontroli emisji rtęci (brak dodatkowych działań).

Dla tak przyjętych założeń, prognozuje się, że całkowita antropogeniczna emisja rtęci do powietrza w Polsce, obejmująca emisję z procesów przemysłowych i użytkowania produktów zawierających rtęć oraz z praktyki dentystycznej, wzrośnie z 17,70 t w roku bazowym 2008 do 18,16 t w 2020r.

Zmiany w antropogenicznej emisji rtęci w Polsce do powietrza, w perspektywie do roku 2020 dla scenariusza SQ zaprezentowano na rys. 5.

Emisja rtęci z procesów przemysłowych.

W porównaniu do roku bazowego, emisja rtęci z procesów przemysłowych w 2020r. wzrośnie, w wyniku zwiększonego zużycia węgla w elektrowniach. W pozostałych sektorach nie prognozowano znaczących zmian.

- roczna całkowita emisja z procesów przemysłowych do powietrza (pomniejszona o emisję ze spalania odpadów komunalnych) jest prognozowana na poziomie 16,17 t.

Emisja rtęci z użytkowania produktów zawierających rtęć.

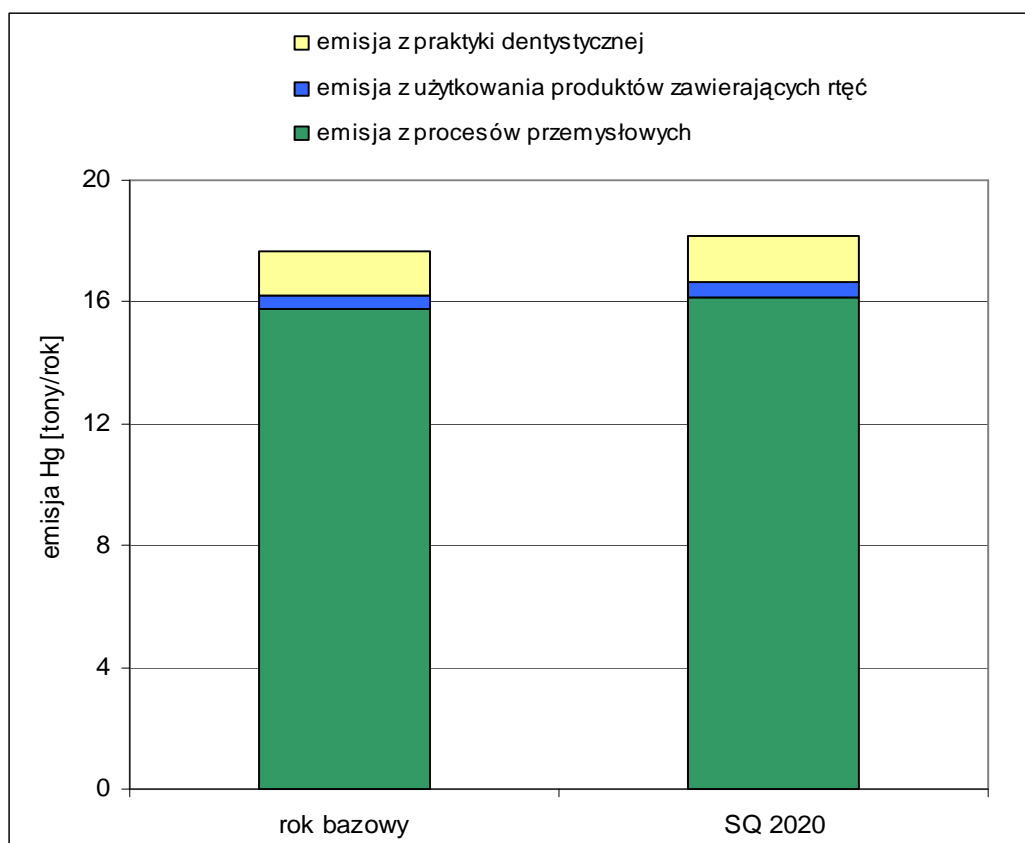
Przyjęto, iż emisja rtęci z użytkowania produktów zawierających rtęć w scenariuszu SQ będzie zbliżona do emisji dla roku 2008, wielkości wskaźników emisji oraz model konsumpcji (poza użytkowaniem baterii) nie ulegną zmianie. Prognozę emisji rtęci z Polski z użytkowania produktów zawierających rtęć wprowadzonych na rynek w 2020r. wyznaczono jako:

- emisję rtęci w pierwszym roku (0,32 t),
- emisję rtęci w ciągu pierwszych 10 lat (0,47 t).

Emisja rtęci z praktyki dentystycznej.

W przypadku emisji rtęci pochodzącej ze spalania wraz z odpadami zakaźnymi resztek amalgamatu założono, iż nie ulegnie ona zmianie w stosunku do roku bazowego. W przypadku prognoz emisji rtęci do powietrza z procesów kremacji zwłok założono, iż ilość zwłok poddawanych procesom kremacji wzrośnie w 2020r. do 10%. Dla tak wyznaczonych założeń, oszacowano dla roku 2020:

- roczną emisję rtęci z procesów spalania odpadów amalgamatu (1,45 t) oraz z wypełnień dentystycznych w procesach kremacji (0,07 t).



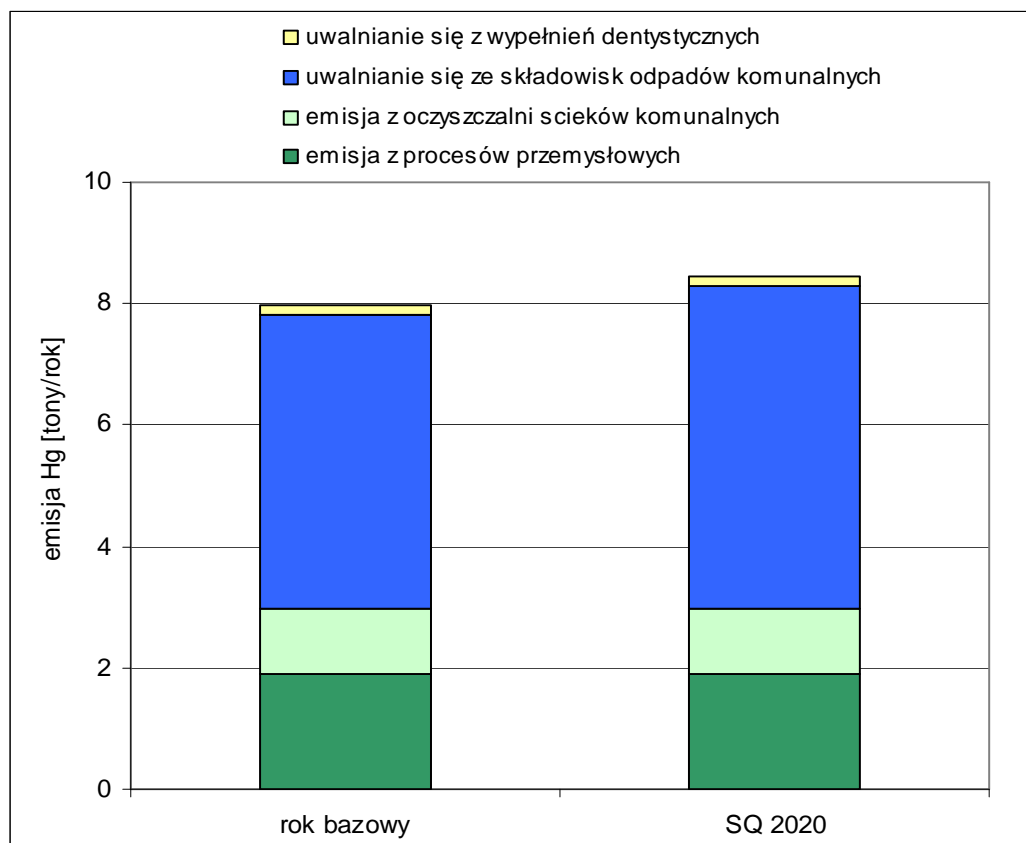
Rys. 5. Zmiany w antropogenicznej emisji rtęci do powietrza w Polsce do roku 2020 (ton/rok)

Emisja rtęci do wód i gleby.

Emisję rtęci do wód i gleby wynikającą z działalności prowadzonej w 2020r. wyznaczono biorąc pod uwagę źródła zanieczyszczenia, jakimi są emisja z procesów przemysłowych i komunalnych oczyszczalni ścieków oraz procesy uwalniania się rtęci ze składowisk odpadów komunalnych i uwalniania się rtęci z wypełnień dentystycznych. Nie rozpatrywano ilości rtęci wprowadzanej do gleby wraz z nawozami sztucznymi oraz komunalnymi osadami ściekowymi.

Dla założeń przyjętych w scenariuszu SQ obliczono, iż ilość rtęci uwalnianej do środowiska wodnego i glebowego wzrośnie z 7,97 t dla działalności pochodzącej z roku bazowego 2008

do 8,45 t dla działalności pochodzącej z roku 2020. Zmiany w antropogenicznej emisji rtęci w Polsce do wód i gleby, w perspektywie do roku 2020 dla scenariusza SQ zaprezentowano na rys. 6.



Rys. 6. Emisja rtęci do wód i gleby wynikająca z działalności prowadzonej w danym roku w Polsce – zmiany do 2020r.(ton/rok)

Emisja rtęci do wód z procesów przemysłowych i komunalnych oczyszczalni ścieków.

Założono, iż emisja rtęci do wód z procesów przemysłowych i komunalnych oczyszczalni ścieków nie ulegnie zmianie w stosunku do roku bazowego i stanowić będzie 2,97 ton, wg E-PRTR (2009) dla dużych i średnich zakładów przemysłowych. Zrzuty do wody z małych zakładów przemysłowych i ludności zostały ujęte w emisjach z oczyszczalni ścieków komunalnych w największych miastach powyżej 100 tys. mieszkańców. Prognozuje się dla 2020r.:

- emisję z dużych i średnich zakładów przemysłowych razem z oczyszczalniami ścieków przemysłowych - bezpośrednia (1,40 t) i pośrednia (0,27 t), razem 1,67 t,
- emisję ze składowisk odpadów przemysłowych, innych niż niebezpieczne - pośrednia 0,23 t,
- emisję z oczyszczalni ścieków komunalnych (z małych zakładów przemysłowych i od ludności) w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców - bezpośrednia 1,07 t.

Potencjalne uwalnianie się rtęci ze składowisk odpadów komunalnych.

W przypadku prognozy ilości rtęci trafiającej na składowiska odpadów komunalnych z produktów zawierających rtęć wprowadzonych na rynek polski w 2020 r. założono, iż poza grupą baterii, model konsumpcji nie ulegnie zmianie w stosunku do roku 2008. Dla przyjętych założeń oszacowano dla roku 2020:

- ilość rtęci trafiającą na składowiska odpadów w ciągu pierwszego roku (4,18 t),
- potencjalne stopniowe uwalnianie się rtęci (5,33 t) z produktów trafiających na składowiska odpadów w ciągu 10 lat.

Potencjalne uwalnianie się rtęci z wypełnień dentystycznych.

Ze względu na prognozowany wzrost ilości procesów kremacji przewiduje się, że ilość zwłok grzebanych w ziemi zmniejszy się (do ok. 330 tys. zwłok w 2020r.), co spowoduje, że ilość rtęci uwalnianej do środowiska ulegnie zmniejszeniu do 0,74 ton, z czego 20% trafi do wód gruntowych, a reszta pozostanie w glebie. Dla tak przyjętych założeń wyznaczono dla 2020r.:

- potencjalne stopniowe uwalnianie się rtęci do wód gruntowych (0,15 t).

4. Metody szacowania kosztów zanieczyszczenia rtęcią.

4.1. Oddziaływanie rtęci na organizm człowieka.

Najbardziej narażone na skażenie rtęcią są ekosystemy wodne. Związki rtęci rozpuszczone w wodzie (zdeponowane z powietrza, wprowadzone bezpośrednio ze ściekami lub ze spływu powierzchniowego) ulegają transformacji i w różnych formach odkładają się w tkankach ryb i innych organizmów żywych. W organizmach żywych w przypadku zatrucia rtęcią powstaje metylortęć (MeHg). Bioakumulacja rtęci w tkankach organizmów wodnych (ryb i ssaków: wydry, fok, wielorybów) jest bardzo silna i może sięgać nawet 10.000 (stosunek stężenia rtęci w tkankach do jej stężenia w wodzie). Również oddychanie parami rtęci (Hg^0) i związkami nieorganicznymi rtęci (Hg^{2+} , Hg_p) jest szkodliwe dla organizmów lądowych.

Związki rtęci przedostają się do organizmu człowieka drogą oddechową oraz pokarmową, przez spożywanie żywności, przede wszystkim ryb i mięsa ssaków wodnych, oraz przez picie wody. Poszczególne formy rtęci w różny sposób wnikają do organizmu człowieka. Pary rtęci (Hg^0) wdychane z powietrza rozprzodane są wraz z krwią do wszystkich tkanek człowieka. Nieorganiczne związki rtęci dwuwartościowej (Hg^{2+}) mogą być wprowadzane do organizmu przez układ pokarmowy lub wdychane z powietrza. Metylortęć (organiczny metylowy związek rtęci) jest przyjmowana wraz z pożywieniem (Juda-Rezler, 2000).

Szacuje się, że 80% wdychanych par rtęci (Hg^0 lub TGM – całkowita gazowa elementarna rtęć) zatrzymywanych jest w organizmie człowieka. Rtęć z płuc dostaje się do krwi, gdzie wnika do erytrocytów, w których jest utleniana. Wchłonięta w ten sposób rtęć jest w małym stopniu wydalana z moczem, ale głównie kumuluje się w nerkach uszkadzając je. W wyniku przenikania biologicznej bariery krew-mózg rtęć powoduje uszkodzenia w systemie nerwowym, czego skutkiem są kłopoty z zapamiętywaniem oraz nadmierna pobudliwość. Zaatakowanie obwodowego układu nerwowego powoduje zaburzenia w funkcjach motorycznych. Ostre zatrucie parami rtęci wywołuje niewydolność oddechową, krążenia i zapalenie błony śluzowej jamy ustnej (Seńczuk, 2002). Stężenie par rtęci uważane za bezpieczne wynosi 0,05 mg Hg na m³ powietrza, dlatego w przypadku rozbicia termometru lub świetlówki zaleca się dokładne zebranie resztek i przewietrzenie pomieszczenia.

Związki nieorganiczne rtęci (Hg^{2+} lub RGM – reaktywna gazowa rtęć dwuwartościowa; Hg_p lub TPM – rtęć zaadsorbowana na cząstkach pyłu) w 40% zostają zatrzymywane w płucach przy ich wdychaniu z powietrzem. Zawodowe narażenie tymi związkami powoduje uszkodzenia obwodowego układu nerwowego. Ostre zatrucie może spowodować śmierć w wyniku uszkodzenia nerek i wstrząsu ustrojowego. W przeszłości przewlekłe zatrucie rtęcią związane z używaniem azotanu rtęci przy produkcji filcu na kapelusze zwane było „chorobę kapeluszników” i objawiało się niebieskawo-sinym przebarwieniem skóry.

Najbardziej toksyczne są metylowe związki rtęci (MeHg , *methyl-Hg*), głównie w formie metylortęci i dimetylortęci. Uszkadzają centralny układ nerwowy i mózg powodując utratę koordynacji ruchów (ataksję), efekty halucynacyjne (np. skurczenie pola widzenia) oraz kłopoty z zapamiętywaniem. Najbardziej wrażliwe na działanie metylortęci są płody ludzkie. Szacuje się, że wrażliwość płodów jest trzykrotnie większa niż osób dorosłych. Rtęć przenika przez barierę łożyska i powoduje porażenie mózgowe lub inne uszkodzenia mózgu (Juda-Rezler, 2000). Do oceny narażenia organizmu wywołanego metylortęcią oznacza się jej zawartość we krwi i włosach.

Przyjmuje się, że graniczne śmiertelne stężenie dimetylortęci we krwi wynosi $50 \mu\text{g MeHg/l}$. Efekt zatrucia jest odsunięty w czasie od momentu wniknięcia trucizny do organizmu i zaczyna się powoli ujawniać dopiero w kilka miesięcy po wchłonięciu dawki śmiertelnej. Najbardziej znany przypadek zatrucia metylortęcią to katastrofa ekologiczna, która miała miejsce nad zatoką Minamata w Japonii w latach 50-tych XX w. Zrzucony przez fabrykę chlorek rtęci do zatoki, przekształcał się w metylortęć w mięsie ryb i krabów, będących podstawowym pożywieniem mieszkańców zatoki. Zmarło ponad 900 osób, a do 2001r. rozpoznano ponad 2 000 przypadków rtęciocy, nazwanej także chorobą z Minamaty.

Obecnie różne organizacje (FAO, Komisja Europejska, *Health Canada*, *US Food and Drug Administration*, *US EPA*) stosują wartości bezpiecznej dawki metylortęci spożywanej dziennie od 0,1 do 0,4 $\mu\text{g MeHg/ kg}$ ciała dziennie, najniższa stosowana przez *US EPA* (Pacyna i in., 2008c).

Rtęć powoduje także nadciśnienie krwi i arytmie serca oraz zwiększa ryzyko wystąpienia zawału serca (występuje wprost proporcjonalna korelacja). Wysoka zawartość rtęci w rybach zmniejsza pozytywny ochronny dla serca wpływ spożycia kwasów tłuszczowych omega-3 zawartych w rybach. Rtęć zakłóca także funkcjonowanie układu immunologicznego. Uszkadzając limfocyty T, zwiększa ryzyko infekcji, zmian nowotworowych i alergii.

Odrębną kwestią jest świadome wprowadzanie amalgamatu rtęci do ciała człowieka w postaci wypełnień dentystycznych. Konwencjonalne amalgamaty dentystyczne miały dużą zawartość cyny (ok. 30% stopu Ag/Sn/Cu/Zn) i małą miedzi (do 6% Cu w tym stopie). Cyna łączyła się z innymi metalami tworząc najpierw fazę srebroro-rtęciową (gamma 1), a następnie fazę srebroro-cynową (fazę gamma 2, Sn_8Hg), odpowiedzialną za korozję amalgamatu i uwalnianie jonów rtęci i cyny do organizmu człowieka. Stosowane obecnie amalgamaty (wysokosrebrze i wysokomiedziowe) są wolne od fazy gamma 2. Tworzą bowiem tylko fazę gamma 1 oraz miedziowo-cynową. Uwalniają do organizmu człowieka jony miedzi i cyny zamiast jonów rtęci (Jańczuk, 2004).

Obciążenie organizmu rtęcią pochodzącą z wypełnień amalgamatowych nie jest oceniane jako ryzyko zatrucia tym metalem. Jednak dla zmniejszenia oddziaływania na organizm stosuje się prawo Rebla – nieprzekraczanie liczby 7 wypełnień średniej wielkości u jednego pacjenta.

Nie poleca się stosowania amalgamatu u kobiet w ciąży ani u pacjentów z chorobami nerek (Piątkowska, 2002). Wykazano także, że w obecności bakterii *Streptococcus mutans* może powstawać metylortęć (Combe, 1997).

Większe oddziaływanie może dotyczyć pracowników zespołu stomatologicznego. Stosowanie szczelnych kapsulek z amalgamatem i mieszania mechanicznego zmniejsza wchłanianie par rtęci, ale usuwanie starych wypełnień amalgamatowych końcówkami wysokoobrotowymi powoduje emisję związków rtęci do atmosfery (Combe, 1997). Personel dentystyczny powinien poddawać się okresowym badaniom moczu na rtęć. Wartości prawidłowe rtęci w moczu wynoszą 20 µg/l.

4.2. Szacunki kosztów zdrowotnych zanieczyszczenia rtęcią.

Koszty zanieczyszczenia rtęcią są kosztami zewnętrznymi funkcjonowania gospodarki, które nie są uwzględniane w decyzjach ekonomicznych poszczególnych przedsiębiorstw, a skutkują uwalnianiem rtęci do środowiska. Negatywne efekty oddziaływania rtęci dotyczą zdrowia ludzkiego oraz środowiska naturalnego. Koszty społeczne dla zdrowia ludzkiego są funkcją dawek rtęci wchłanianych przez człowieka poprzez oddychanie zanieczyszczonym powietrzem oraz opóźniony efekt wchłaniania z żywnością zakumulowanych zanieczyszczeń.

Na całkowite koszty społeczne zanieczyszczenia rtęcią składają się:

- straty związane z obniżeniem ilorazu inteligencji IQ społeczeństwa (zmniejszenie produktywności i dodatkowe wydatki edukacyjne)
- straty związane z chorobami układu krążenia i nowotworami (koszty leczenia i absencji w pracy oraz skutki przedwczesnej śmierci)

Rtęć jest zanieczyszczeniem neurotoksycznym (neurotoksyną). Oddziaływanie rtęci na organizm ludzki może skutkować obniżeniem ilorazu inteligencji IQ, a nawet autyzmem dzieci w wyniku wchłaniania w okresie ciąży rtęci zakumulowanej w żywności np. rybach morskich. Również niemowlęta karmione piersią przez matki wystawione na działanie związków rtęci są narażone na uszkodzenia mózgu.

Funkcja dawka-odpowiedź (*dose-response function, DRF*) dla wchłaniania rtęci z żywnością i wodą przyjmuje zazwyczaj postać liniową. Rabl (2006) podaje zależność straty 0,145 punktu IQ przy średniej otrzymanej dawce 1 µg metylortęci (MeHg) na dzień, Rabl i Spadaro (2007) przyjmują 0,20 pkt IQ/(µg/dzień). Ostatni wynik jest efektem pomnożenia:

- straty 0,2 pkt IQ za każdy 1 µg rtęci/ litr w krwi pępowinowej płodu ($\mu\text{g}/\text{l}_{\text{pępowinowa}}$),
- stosunku 1,65 między stężeniem rtęci w krwi płodu ($\mu\text{g}/\text{l}_{\text{pępowinowa}}$), a stężeniem w krwi matki ($\mu\text{g}/\text{l}_{\text{matki}}$),
- współczynnika 0,61 pomiędzy stężeniem w krwi matki ($\mu\text{g}/\text{l}_{\text{matki}}$), a przyjętą przez matkę dawką metylortęci (µg/dzień).

Przykładowo przyjęcie przez matkę dodatkowej dawki 4,9 µg MeHg/dzień w żywieniu skutkuje dodatkowym stężeniem rtęci w jej krwi równym 3 µg/l_{matki}, następnie dodatkowym stężeniem rtęci w krwi płodu 5 µg/l_{pępowinowa}, co skutkuje obniżeniem ilorazu inteligencji dziecka o 1 pkt IQ.

Zastosowana przez autorów (Rabl i Spadaro, 2007) funkcja DRF jest linią prostą po przekroczeniu progu oddziaływania, czyli przyjmuje kształt „kija hokejowego”. Stosując bezpieczną dawkę rtęci podawaną przez US EPA przyjęto próg bezpiecznego oddziaływania

na organizm dawki 5,7 $\mu\text{g MeHg/dzień}$ na osobę, który odpowiada stężeniu w krwi płodu 5,8 $\mu\text{g/l}$ _{pepowinowa}.

W projekcie DROPS (Pacyna, 2008) koszty społeczne obniżenia ilorazu inteligencji IQ społeczeństwa były liczone oddzielnie dla ekspozycji poprzez spożywanie pokarmów i oddychanie (Sundseth i in., 2008). Rozpatrując całkowite koszty społeczne zanieczyszczenia rtęcią, koszty wynikające z efektu wchłaniania przez człowieka z żywnością zakumulowanej rtęci są znacznie wyższe od kosztów będących funkcją dawek rtęci wchłanianych w wyniku oddychania zanieczyszczonym powietrzem. Dla ekspozycji poprzez spożywanie pokarmów dla wszystkich krajów europejskich przyjęto koszt krańcowy równy 8.000 euro/kg Hg (Rabl i Spadaro, 2007), a w przypadku ekspozycji poprzez oddychanie zanieczyszczonym powietrzem dla Polski zostały przyjęte koszty równe 0,86 euro/kg Hg.

Koszt 8.000 euro/kg Hg związany z obniżeniem ilorazu inteligencji IQ został określony przy założeniu istnienia progu bezpiecznego oddziaływania na organizm dawki 5,7 $\mu\text{g MeHg/dzień}$ na osobę (stosowanego przez US EPA). Alternatywne wartości kosztu krańcowego zostały oszacowane przez Rabla i Spadaro (2007) przy przyjęciu wyższego progu oddziaływania 8,1 $\mu\text{g MeHg/dzień}$ (6.100 euro/kg Hg) lub przy braku progu (16.400 euro/kg Hg). Koszty te były szacowane przy założeniu kosztu 10.000 euro (13.000 US\$) za utracony jeden punkt IQ.

Przy przenoszeniu wartości kosztu krańcowego 8.000 euro/kg Hg do innych krajów Rabl i Spadaro (2007) zalecają wykorzystanie proporcji między PKB danego kraju i PKB USA liczonymi wg siły nabywczej (PPP). W efekcie średnia światowa wartość wyniosłaby 2.200 euro/pkt. IQ (1.760 euro/kg Hg), a dla Polski 3.700 euro/pkt IQ (3.000 euro/kg Hg).

W projekcie GLOCBA-SE (Pacyna i in., 2008c) została przyjęta wartość kosztu krańcowego 8.000 euro/kg Hg dla krajów europejskich i niższe wartości dla oszacowania kosztów globalnych, uwzględniające różnice w sytuacji ekonomicznej poszczególnych państw. Globalne koszty społeczne związane z obniżeniem ilorazu inteligencji zostały oszacowane dla scenariusza status-quo w 2020r. na poziomie 8,1 mld US\$ dla emisji rtęci do powietrza z procesów przemysłowych (towarzyszącej procesom produkcji, *by-product emission*) oraz 2,2 mld US\$ dla emisji rtęci do powietrza w wyniku celowego stosowania rtęci (*intentional use*): produkcji chloru metodą rtęciową, produkcji monomeru chlorku winylu, baterii, sprzętu oświetleniowego, elektrycznego i elektronicznego, urządzeń kontrolno-pomiarowych, z praktyki dentystycznej oraz małych kopalni złota. Bez uwzględnienia korekty PKB dla krajów rozwijających się, koszty społeczne scenariusza status-quo 2020 wyniosłyby 23 mld US\$ dla emisji towarzyszącej procesom produkcji (1906 ton rocznie w skali świata * 12.000 US\$/kg Hg) oraz 6,4 mld US\$ dla emisji w wyniku celowego stosowania rtęci (533 ton rocznie).

Uniknięte straty związane z obniżeniem ilorazu inteligencji IQ społeczeństwa są jednymi z wielu korzyści wynikających z redukcji emisji rtęci. Istnieją także inne korzyści dla zdrowia ludzkiego wynikające z redukcji emisji rtęci. W projekcie GLOCBA-SE (Pacyna i in., 2008c) za Rae i Graham (2004) pozostałe społeczne korzyści zdrowotne zostały oszacowane jako 7 razy wyższe od tych, które związane są z obniżeniem inteligencji. Uniknięte koszty społeczne związane są ze zmniejszeniem ilości przypadków nadciśnienia osób dorosłych (1.181 US\$ za 1 przypadek), nadciśnienia dzieci (614 US\$), nieśmiertelnych przypadków zawałów serca (81 tys. US\$) oraz przedwczesnej śmierci (6,7 mln US\$ za 1 śmierć, w cenach z 2003r.)

4.3. Szacunki całkowitych kosztów zanieczyszczenia rtęcią środowiska.

Gotowość społeczeństwa do zapłaty (WTP, *willingness to pay*) za redukcję emisji rtęci do środowiska deponowanej w amerykańskim stanie Minnesota została oszacowana przez Hagenę i in. (1999). Badanie metodą wyceny warunkowej zostało przeprowadzone dla obszaru Zatoki Chesapeake. Pacyna i in. (2008c) uznali, że badanie te może być zastosowane jako reprezentatywne dla preferencji populacji światowej po uwzględnieniu różnicy w sile nabywczej pomiędzy obywatelami USA, a mieszkańcami całego świata.

W swoim badaniu Hagen i in. (1999) rozpatrywali cztery scenariusze redukcji emisji rtęci do powietrza skutkujące 5%, 12%, 21% i 35% zmniejszeniem depozycji rtęci w Minnesocie w ciągu 20 lat. Redukcja ta miała być osiągnięta poprzez działania dotyczące elektrowni węglowych, spalania odpadów zawierających rtęć i innych procesów przemysłowych.

Respondentom zostały przedstawione efekty oddziaływania rtęci na środowisko. Wskazano na podwyższoną zawartość związków rtęci w rybach. W związku z tym stanowy wydział zdrowia zalecił ograniczenia w ilości spożywanych niektórych ryb złowionych w rzekach i jeziorach. Większość zaleceń dotyczyła sandacza amerykańskiego, szczupaka pospolitego, palii jeziorowej, okonia i innych ryb drapieżnych, które zjadają mniejsze ryby, w wyniku czego następuje bioakumulacja rtęci. Inne zalecenia dotyczą ryb okoniokształtnych i bassowatych występujących w wodach śródlądowych Stanów Zjednoczonych. Zalecenia były bardziej restrykcyjne w stosunku do dzieci poniżej 6 roku życia i kobiet w wieku rozrodczym.

Innym efektem wskazywanym respondentom było oddziaływanie rtęci na dzikie zwierzęta spożywające ryby. Ryzyko dotyczy ptaków (orły, rybołowy, nury i zimorodki) oraz ssaków (wydry i norki). Wskazywane negatywne efekty to oddziaływanie rtęci na mięśnie i system nerwowy zwierząt, jak również zmniejszenie zdolności rozrodczych i utrzymania potomstwa. Uszkodzenia systemu nerwowego zwierząt zmniejszają bowiem ich możliwości zdobywania pożywienia oraz ochrony przed drapieżnikami. W rezultacie lokalne populacje ptaków bytujących nad jeziorami, gdzie ryby mają podwyższoną zawartość rtęci w organizmie, mogą być zagrożone. Podczas gdy badania nad populacją orłów pokazują silną korelację z zanieczyszczeniem DDT, dotychczas przeprowadzono nieliczne badania dotyczące oddziaływania rtęci na populację orłów i innych gatunków dzikich zwierząt. Zastrzeżono jednocześnie, że oddziaływanie rtęci na ekosystem nie dotyczy roślin, zwierząt roślinożernych i samych ryb roślinożernych.

Badanie przeprowadzono za pomocą ankiet listownych i w formie bezpośredniej rozmowy. W badaniu za pomocą ankiet listownych roczna gotowość do zapłaty za efekty 12% redukcji depozycji rtęci (scenariusz bazowy Hageny i in.) została oszacowana na poziomie 118,9 US\$ na jedno gospodarstwo domowe, a za efekty 35% redukcji depozycji na 225,6 US\$/ gosp. domowe. W przypadku badania przeprowadzonego bezpośrednio gotowość do zapłaty za 12% redukcję depozycji rtęci została oszacowana przez Hagenę i in. (1999) na 198 US\$/ gosp. domowe rocznie. Całkowite korzyści scenariusza redukcji emisji rtęci w stanie Minnesota (5 milionów mieszk.) obliczone przy zastosowaniu niższej wartości WTP 118,9 US\$/ gosp. domowe rocznie wyniosły 212 mln US\$ rocznie.

Pacyna i in. (2008c) przeprowadzili ekstrapolację dla 50% redukcji depozycji rtęci (scenariusz EXEC) otrzymując wartość 270 US\$/ gosp. domowe (104 US\$/osobę) rocznie. Dla scenariusza MFTR gotowość do zapłaty oszacowano na poziomie 309 US\$/ gosp.

domowe (119 US\$/osobę). Uwzględniając różnicę w sile nabywczej pomiędzy obywatelami USA, a mieszkańcami całego świata otrzymano średnią globalną wartość 24 US\$/osobę rocznie dla scenariusza EXEC i 27 US\$/os. dla scenariusza MFTR. Globalne korzyści dla środowiska zostały oszacowane na poziomie 159 mld US\$ rocznie dla scenariusza EXEC i 183 US\$/os. dla scenariusza MFTR. Przekraczały one około 30-krotnie globalne korzyści związane ze zmianą poziomu inteligencji IQ (5,4 mld US\$ dla EXEC i 6,5 mld US\$ dla MFTR) oraz ponad 4-krotnie korzyści związane z pozostałymi skutkami dla zdrowia człowieka (37,8 mld US\$ dla EXEC i 45,5 mld US\$ dla MFTR).

5. Koszty zanieczyszczenia rtęcią w Polsce.

5.1. Koszty zdrowotne zanieczyszczenia rtęcią dla scenariusza status-quo.

Na całkowite koszty zdrowotne zanieczyszczenia rtęcią składają się m. in. straty związane z obniżeniem ilorazu inteligencji IQ społeczeństwa (zmniejszenie produktywności i dodatkowe wydatki edukacyjne). Dla roku bazowego oraz dla scenariusza status-quo 2020 oszacowane zostały roczne koszty zdrowotne zanieczyszczenia rtęcią wynikające z ekspozycji poprzez spożywanie pokarmów. Do obliczeń przyjęto koszt krańcowy równy 8.000 euro/kg Hg (Rabl i Spadaro, 2007; Pacyna i in., 2008b,c).

Podstawą dla szacunków kosztów były uzyskane wyniki emisji rtęci do wszystkich elementów środowiska: powietrza, wód i gleby. Emisje te nie obejmują rtęci odzyskanej w wyniku recyklingu i bezpiecznie składowanej na składowiskach odpadów niebezpiecznych, jak również tych ilości rtęci, które są trwale związane w postaci amalgamatu w zwłokach grzebanych w ziemi. Rtęć trafiająca do powietrza i gleby z czasem trafia do środowiska wodnego, gdzie może przekształcić się w metylortęć. Nie rozpatrywano wymiany transgranicznej rtęci w masach powietrza i wód. W tabeli 20 zaprezentowano szacunki kosztów zdrowotnych zanieczyszczenia rtęcią związanych z obniżeniem ilorazu inteligencji IQ.

Tabela 20. Koszty zanieczyszczenia rtęcią związane z obniżeniem ilorazu inteligencji IQ, w wyniku ekspozycji przez spożywanie pokarmów.

	Emisja rtęci (ton/rok)		koszty związane z obniżeniem IQ przy założeniu 8 mln euro/t (mln euro/rok)	
	Rok bazowy 2008	SQ 2020	Rok bazowy 2008	SQ 2020
SUMA	25,67	26,61	205,36	212,88
Emisja do powietrza	17,70	18,16	141,60	145,28
z procesów przemysłowych	15,75	16,17	126,00	129,36
z użytkowania produktów	0,46	0,47	3,68	3,76

Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. Etap I.

zawierających rtęć				
z praktyki dentystycznej	1,49	1,52	11,92	12,16
Emisja do wód i gleby	7,97	8,45	63,76	67,60
z dużych i średnich zakładów przemysłowych	1,67	1,67	13,36	13,36
ze składowisk odpadów przemysłowych	0,23	0,23	1,84	1,84
z komunalnych oczyszczalni ścieków	1,07	1,07	8,56	8,56
potencjalne uwalnianie się rtęci ze składowisk odpadów komunalnych	4,84	5,33	38,72	42,64
potencjalne uwalnianie się rtęci z wypełnień dentystycznych	0,16	0,15	1,28	1,20

Dla roku bazowego, roczne koszty zdrowotne, wynikające z obniżenia ilorazu inteligencji IQ zostały oszacowane na 205 mln euro. Jeżeli zgodnie z założeniami scenariusza SQ dla 2020r. nie zostaną podjęte żadne dalsze działania zmierzające do redukcji emisji rtęci, prognozuje się, iż koszty te wzrosną do 213 mln euro rocznie.

W rachunku muszą być uwzględnione pozostałe koszty zdrowotne związane z chorobami układu krążenia i nowotworami (koszty leczenia i absencji w pracy oraz skutki przedwczesnej śmierci). Przez Pacynę i in. (2008c) pozostałe koszty zdrowotne zostały oszacowane jako 7 razy wyższe od tych, które związane są tylko z obniżeniem inteligencji, czyli dla scenariusza status-quo wynoszą 1,5 mld euro rocznie. Łącznie koszty zdrowotne związane z obniżeniem ilorazu inteligencji IQ społeczeństwa oraz chorobami układu krążenia i nowotworami w wyniku oddziaływania na organizmy ludzkie 27 ton rtęci wprowadzanych rocznie do środowiska mogą być oszacowane na 1,7 mld euro rocznie.

Biorąc pod uwagę długookresowy kurs euro (4 zł/euro), koszty zdrowotne wynikające z obniżenia ilorazu inteligencji IQ można oszacować na 821 mln zł dla roku bazowego. Dla scenariusza SQ dla 2020r., w konsekwencji nie podejmowania żadnych działań zmierzających do obniżenia emisji rtęci, koszty te wzrosną do 852 mln zł rocznie. Przy założeniu, iż pozostałe koszty zdrowotne, związane z chorobami układu krążenia i nowotworami są 7 razy wyższe od kosztów wynikających z obniżenia ilorazu inteligencji IQ, przewiduje się, iż stanowiąc będą blisko 6 mld zł rocznie.

Prognozuje się, że dla scenariusza SQ dla 2020r. całkowite koszty zdrowotne zanieczyszczenia rtęcią, związane z obniżeniem ilorazu inteligencji IQ oraz chorobami układu krążenia i nowotworami, wyniosą 6,8 mld zł rocznie, patrz tabela 21.

Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. Etap I.

Tabela 21. Koszty zdrowotne zanieczyszczenia rtęcią.

	Całkowite koszty zdrowotne zanieczyszczenia rtęcią (mln euro/rok)		Całkowite koszty zdrowotne zanieczyszczenia rtęcią (mln zł/rok)	
	Rok bazowy 2008	SQ 2020	Rok bazowy 2008	SQ 2020
SUMA	1 642,9	1 703,0	6 571,5	6 812,2
Emisja do powietrza	1 132,8	1 162,2	4 531,2	4 649,0
z procesów przemysłowych	1 008,0	1 034,9	4 032,0	4 139,5
z użytkowania produktów zawierających rtęć	29,4	30,1	117,8	120,3
z praktyki dentystycznej	95,4	97,3	381,4	389,1
Emisja do wód i gleby	510,1	540,8	2 040,3	2 163,2
z dużych i średnich zakładów przemysłowych	106,9	106,9	427,5	427,5
ze składowisk odpadów przemysłowych	14,7	14,7	58,9	58,9
z komunalnych oczyszczalni ścieków	68,5	68,5	273,9	273,9
potencjalne uwalnianie się rtęci ze składowisk odpadów komunalnych	309,8	341,1	1 239,0	1 364,5
potencjalne uwalnianie się rtęci z wypełnień dentystycznych	10,2	9,6	41,0	38,4

5.2. Całkowite koszty zanieczyszczenia rtęcią środowiska dla scenariusza status-quo.

Koszty zdrowotne związane z obniżeniem ilorazu inteligencji IQ są jednymi z wielu efektów zanieczyszczenia środowiska rtęcią. Niestety koszty te są jedyną kategorią dobrze przebadaną i oszacowaną w jednostkach pieniężnych (Pacyna i in., 2008c). Szereg innych skutków zanieczyszczenia rtęcią wymaga wyceny dla uzyskania kompleksowego ujęcia kosztów. Dotychczas większość studiów dotyczących kosztów zanieczyszczenia rtęcią była przeprowadzona na poziomie lokalnym i istnieje trudność w ekstrapolowaniu tych rezultatów na poziom globalny lub innych regionów świata.

Korzystając z oszacowania Pacyny i in. (2008c), że całkowite koszty zanieczyszczenia rtęcią środowiska są około 4-krotnie wyższe od kosztów zdrowotnych, można przyjąć, że wynoszą one 7 mld euro, czyli 27 mld złotych rocznie, patrz tabela 22.

Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. Etap I.

Tabela 22. Całkowite koszty zanieczyszczenia rtęcią środowiska.

	Całkowite koszty zanieczyszczenia rtęcią środowiska (mln euro/rok)		Całkowite koszty zanieczyszczenia rtęcią środowiska (mln zł/rok)	
	Rok bazowy 2008	SQ 2020	Rok bazowy 2008	SQ 2020
SUMA	6 572	6 812	26 286	27 249
Emisja do powietrza	4 531	4 649	18 125	18 596
z procesów przemysłowych	4 032	4 140	16 128	16 558
z użytkowania produktów zawierających rtęć	118	120	471	481
z praktyki dentystycznej	381	389	1 526	1 556
Emisja do wód i gleby	2 040	2 163	8 161	8 653
z dużych i średnich zakładów przemysłowych	428	428	1 710	1 710
ze składowisk odpadów przemysłowych	59	59	236	236
z komunalnych oczyszczalni ścieków	274	274	1 096	1 096
potencjalne uwalnianie się rtęci ze składowisk odpadów komunalnych	1 239	1 364	4 956	5 458
potencjalne uwalnianie się rtęci z wypełnień dentystycznych	41	38	164	154

Największe koszty zanieczyszczenia rtęcią środowiska związane są z emisją rtęci do powietrza z procesów przemysłowych (17 mld złotych rocznie), szczególnie energetyki i ciepłownictwa. Istotną pozycję zajmują także koszty potencjalnego uwalniania się rtęci ze składowisk odpadów komunalnych (5 mld zł rocznie) oraz emisji do powietrza z praktyki dentystycznej (1,6 mld zł rocznie). Mniejsze niż wyżej wymienione koszty środowiskowe generuje emisja rtęci do wody z dużych i średnich zakładów przemysłowych oraz komunalnych oczyszczalni ścieków w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców.

5.3. Niepewność wyniku.

Niepewność wyniku jest efektem niepewności oszacowań poszczególnych elementów rachunku:

- emisji rtęci do powietrza z procesów przemysłowych w Polsce (aktywności i wskaźników emisji),
- zużycia rtęci do wytworzenia produktów zawierających rtęć w Polsce,
- poziomu zbierania w Polsce 4 grup produktów zawierających rtęć,
- wskaźników dystrybucji (sposobów uwalniania rtęci) oraz wskaźników emisji rtęci do powietrza z produktów zawierających rtęć,
- zużycia rtęci w praktyce dentystycznej w Polsce,
- wskaźników emisji rtęci do powietrza z odpadów amalgamatu i kremacji zwłok,
- emisji do wód z procesów przemysłowych i komunalnych oczyszczalni ścieków w Polsce,
- ilości rtęci trafiającej wraz z zużytymi produktami na składowiska odpadów komunalnych w Polsce,
- odsetka rtęci uwalniającej się do wód gruntowych z wypełnień dentystycznych w grzebanych zwłokach,
- migracji rtęci z powietrza i gleby do wód,
- oddziaływania rtęci na organizm człowieka,
- kosztów krańcowych związanych z obniżeniem ilorazu inteligencji IQ społeczeństwa,
- kosztów krańcowych związanych z chorobami układu krążenia i nowotworami,
- kosztów krańcowych zanieczyszczenia rtęcią środowiska naturalnego.

W przypadku oszacowań emisji rtęci do powietrza z procesów przemysłowych występuje problem dużych rozbieżności danych o stężeniu rtęci w węglu brunatnym z polskich kopalni. Najnowsze dane wskazują na obecność rtęci w zakresie 0,133 – 0,238 mg/kg w polskim węglu kamiennym i 0,122 - 0,420 mg/kg w węglu brunatnym (Koniecznyński i Zajusz-Zubek, 2007, 2008) lub 0,050 – 0,150 mg/kg w polskim węglu kamiennym i 0,120 – 0,370 mg/kg w węglu brunatnym (Pye i in., 2006). Przegląd danych o stężeniu rtęci w węglach wydobywanych i spalanych w Polsce zawiera praca Głodek i Pacyny (2009).

Do oszacowań emisji z produktów zawierających rtęć Kindom i Munthe (2007) zastosowali dane Maxsona (2006) o zużyciu rtęci w UE-25 do wytworzenia poszczególnych grup produktów. Autor określił niepewność swojego oszacowania zużycia rtęci na poziomie $\pm 15\%$. Można zastanawiać się nad wykorzystaniem innych danych Maxsona (2006) o ilości rtęci w strumieniu odpadów z krajów UE-25. Oszacowana masa rtęci w odpadach baterii jest 2-krotnie większa od masy zużytej w krajach unijnych i wynika ze znacznego importu z Azji. W przypadku pozostałych grup produktów masa rtęci w strumieniu odpadów jest 20% większa od masy rtęci zużytej do produkcji.

W obliczeniach został zastosowany koszt krańcowy związany z obniżeniem ilorazu inteligencji IQ społeczeństwa na poziomie 8.000 euro/kg Hg. Scasny i in. (2008) podają podobne wartości kosztu krańcowego: 6.000 euro/kg Hg zastosowany w unijnym projekcie MethodEx oraz 8.000 euro/kg Hg w innym unijnym projekcie IP NEEDS.

Podana przez Rabla i Spadaro (2007) wartość 8.000 euro/kg Hg została oszacowana przy założeniu kosztu utraty 1 punktu IQ równego 13.000 US\$ lub 10.000 euro pochodzącego z rynku amerykańskiego. Istnieją alternatywne szacunki utraty 1 pkt. IQ od 3.000 do 22.300 US\$. W projekcie unijnym GREENSENSE (Hunt, 2004) zaproponowano wartość 8.600 euro/pkt. IQ, opierając się na szacunkach amerykańskich. Dla krajów UE-27 Scasny i in. (2008)

podają koszt 14.600 euro/ pkt. IQ przy stopie dyskontowej 1% lub 6.300 euro/ pkt. IQ przy stopie 3%.

Spadaro i Rabl (2008) zaproponowali jeszcze inną wartość kosztu 18.000 US\$ za utratę 1 pkt. IQ w USA i w efekcie średnią światową wartość kosztu krańcowego 1.500 US\$/kg Hg przy zmienionym progu bezpiecznego oddziaływania na organizm dawki 6,7 µg MeHg/dzień na osobę (3.400 euro/kg przy braku progu).

Przy przenoszeniu wartości kosztu krańcowego 8.000 euro/kg Hg do innych krajów Rabl i Spadaro (2007) zalecają wykorzystanie proporcji między PKB danego kraju i PKB USA liczonymi wg siły nabywczej (PPP). Przy zastosowaniu alternatywnej wartości kosztu krańcowego 3.000 euro/kg Hg dla Polski koszty zdrowotne związane z obniżeniem ilorazu inteligencji IQ społeczeństwa wyniosłyby 80 mln euro rocznie, całkowite koszty zdrowotne 640 mln euro rocznie, a całkowite koszty zanieczyszczenia środowiska rtęcią 2,6 mld euro rocznie.

Wnioski

Dla scenariusza status-quo całkowita roczna antropogeniczna emisja rtęci do środowiska w Polsce wzrośnie z 25,7 ton w roku bazowym 2008 do 26,6 ton w 2020r. Emisja rtęci do powietrza wyniesie 18,2 ton rocznie, z czego większość będzie pochodzić z procesów przemysłowych, a pozostała część z praktyki dentystycznej i użytkowania produktów zawierających rtęć (baterii, sprzętu oświetleniowego, elektrycznego i elektronicznego oraz urządzeń kontrolno-pomiarowych). Emisja rtęci do wód z procesów przemysłowych i komunalnych oczyszczalni ścieków wyniesie 2,97 ton rocznie, a potencjalne uwalnianie się rtęci ze składowisk odpadów komunalnych i wypełnień dentystycznych – 5,48 ton rocznie.

W scenariuszu tym założono, że do 2020r. będą utrzymane bieżące praktyki i metody kontroli emisji, ale wzrost produkcji i konsumpcji będzie prowadzić do wzrostu antropogenicznej emisji rtęci do powietrza, wód i gleby. W projekcie „*Polityki energetycznej Polski do 2030 roku*” z 2007r. przewidywano 6% wzrost zużycia węgla kamiennego i brunatnego w elektrowniach do 2020r. w stosunku do roku bazowego oraz 5% spadek zużycia węgla w ciepłownictwie i sektorze mieszkalnictwa. Na wzrost emisji rtęci do powietrza może wpłynąć oczekiwany w prognozach sektorowych 6% wzrost produkcji cementu oraz 2% wzrost produkcji stali. W przypadku emisji z produktów zawierających rtęć, przewidywany wzrost zużycia baterii będzie skutkował wzrostem uwalniania się rtęci ze składowisk odpadów komunalnych.

Efekty wdrożenia nowych lub potencjalnych aktów prawnych obowiązujących po 1 stycznia 2009r. będą rozpatrywane w scenariuszach EXEC i MFTR do roku 2020 na etapie III niniejszego opracowania.

Przy założeniu kosztu krańcowego 8.000 euro/kg Hg koszty zdrowotne wynikające z obniżenia ilorazu inteligencji IQ zostały oszacowane na 213 mln euro (852 mln złotych) rocznie. Całkowite koszty zdrowotne zanieczyszczenia rtęcią dla scenariusza status-quo zostały oszacowane na 1,7 mld euro (6,8 mld złotych) rocznie, a całkowite koszty zanieczyszczenia środowiska rtęcią na 7 mld euro (27 mld złotych) rocznie, co stanowi ok. 2% PKB Polski w 2008r. Całkowite koszty zanieczyszczenia środowiska 32-krotnie przekraczają koszty związane ze zmianą poziomu inteligencji IQ społeczeństwa oraz 4-krotnie całkowite koszty zdrowotne dla człowieka.

Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. Etap I.

Największe koszty zanieczyszczenia rtęcią środowiska w Polsce generuje energetyka i ciepłownictwo oparte na spalaniu węgla. W związku z tym, działania decydentów powinny być skoncentrowane na zmniejszeniu udziału węgla kamiennego i brunatnego w bilansie energetycznym kraju lub wdrożeniu czystych technologii węglowych. Dodatkowe metody usuwania rtęci z gazów przemysłowych mogą również obniżyć emisję do powietrza. Jednak koszty wyspecjalizowanych metod kontroli emisji mogą być zbyt wysokie w stosunku do korzyści z ograniczenia emisji rtęci. Na uwagę zasługują działania polepszające selektywną zbiórkę odpadów oraz eliminacja stosowania wypełnień amalgamatowych w praktyki dentystrycznej. Koszty tych działań w przeliczeniu na tonę rtęci mogą okazać się niższe od inwestycji w energetyce.

Scenariusz status-quo jest tylko scenariuszem porównawczym. Oczekuje się, że w rzeczywistości presja krajowa i międzynarodowa spowoduje działania skutkujące redukcją emisji rtęci. Na etapie II niniejszego opracowania zostaną ocenione strategie redukcji emisji rtęci, a na etapie III zostanie przeprowadzona analiza kosztów i korzyści scenariusza EXEC zwiększonej redukcji emisji rtęci.

Bibliografia

- Combe E.C., 1997, *Wstęp do materiałoznawstwa stomatologicznego*, Wydawnictwo Medyczne Sanmedica, Warszawa,
- COWI, 2002, *Heavy metals in waste*, Report for European Commission DG Environment, COWI Engineering, Environmental Science and Economics Consultancy Group, Copenhagen, http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/heavy_metalsreport.pdf,
- EC, 2001d, *IPPC Reference Document on Best Available Techniques in the Chlor-Alkali Manufacturing industry*, December 2001, European Commission, ftp://ftp.jrc.es/pub/eippcb/doc/cak_bref_1201.pdf,
- EPA, 2005, *Mercury Emissions from Crematoria*, US Environmental Protection Agency, 17 May 2005,
- EPER, 2006, *The European Pollutant Emission Register*, <http://eper.ec.europa.eu/eper/>,
- E-PRTR, 2009, *The European Pollutant Release and Transfer Register*, <http://prtr.ec.europa.eu>,
- Euro Chlor, 2005, *Chlorine Industry Review 2004-2005*, <http://www.eurochlor.org/upload/documents/document163.pdf>,
- Euro Chlor, 2006, *Chlorine Industry Review 2005-2006*, <http://www.eurochlor.org/upload/documents/document241.pdf>,
- Euro Chlor, 2007, *Chlorine Industry Review 2006-2007*, <http://www.eurochlor.org/upload/documents/document268.pdf>,
- Euro Chlor, 2008, *Chlorine Industry Review 2007-2008*, <http://www.eurochlor.org/upload/documents/document289.pdf>,
- Euro Chlor, 2009, *Chlorine Industry Review 2008-2009*, <http://www.eurochlor.org/upload/documents/document352.pdf>,
- GIOŚ, 2007, *Raport o funkcjonowaniu systemu gospodarki zużytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym w 2006 roku*, Główny Inspektor Ochrony Środowiska, Warszawa, kwiecień 2007r., http://www.mos.gov.pl/g2/big/2009_07/ae724b8dd55acc561f301b575e4bc13c.pdf,
- GIOŚ, 2008, *Raport o funkcjonowaniu systemu gospodarki zużytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym w 2007 roku*, Główny Inspektor Ochrony Środowiska, Warszawa, kwiecień 2008r., http://www.mos.gov.pl/g2/big/2009_07/ae46b75ecbc58ef5efa9f4d7aec00941.pdf,
- GIOŚ, 2009, *Raport o funkcjonowaniu systemu gospodarki zużytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym w 2008 roku*, Główny Inspektor Ochrony Środowiska, Warszawa, czerwiec 2009r., http://www.gios.gov.pl/dokumenty/raportDKR_20090724.pdf,
- Głodek A., Pacyna J.M., 2009, *Mercury emission from coal-fired power plants in Poland*, Atmos. Environ., 43, 5668-5673 (2009),
- GUS, 2005, *Ochrona Środowiska*, Rocznik Statystyczny, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa,

Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. Etap I.

- GUS, 2008, *Ochrona Środowiska*, Rocznik Statystyczny, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa,
- Hagen D.A., Vincent J.W., Welle P.G., 1999, *Economic Benefits of Reducing Mercury Deposition in Minnesota*, Minnesota Pollution Control Agency and The Legislative Commission on Minnesota Resources, June 1999, <http://www.pca.state.mn.us/publications/reports/mercury-economicbenefits.pdf>
- HEIMTSA, 2009, *A baseline scenario for a business-as-usual development of all relevant activities*, HEIMTSA D5.1.1 Report, Stuttgart,
- Hławiczka S., 2001, *Aktualizacja wskaźników emisji stosowanych w krajowej inwentaryzacji emisji metali ciężkich oraz porównanie ze wskaźnikami emisji z innych krajów europejskich dla potrzeb Konwencji ZPDO*,
- Hławiczka S., 2008, *Rtęć w środowisku atmosferycznym*, IPIŚ PAN, Zabrze,
- Hławiczka S., Cenowski M., 2001, *Inwentaryzacja emisji zanieczyszczeń powietrza na potrzeby Konwencji Genewskiej za rok 1999 – emisja ośmiu metali ciężkich*, Raport IETU, Katowice,
- Hławiczka S., Cenowski M., Fudała J., 2006b, *Inwentaryzacja emisji niemetanowych lotnych związków organicznych i metali ciężkich za rok 2005*, Raport IETU, Katowice,
- Hunt A., 2004, *Final report on the GREENSENSE project*, DG Research, European Commission, <http://people.bath.ac.uk/hssam/greensense/home.html>,
- IOŚ, 2003, *Inwentaryzacja emisji zanieczyszczeń powietrza za rok 2001 na potrzeby statystyki krajowej i zobowiązań międzynarodowych w ramach Konwencji w sprawie transgranicznego przenoszenia zanieczyszczeń powietrza na dalekie odległości*, Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa, lipiec 2003, <http://emisje.ios.edu.pl/kcie/Download/InwentaryzacjaEMEP2001.pdf>
- IOŚ, 2007, *Inwentaryzacja emisji do powietrza SO₂, NO₂, NH₃, CO, pyłów, metali ciężkich, NMLZO i TZO w Polsce za rok 2005*, Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa, luty 2007, <http://emisje.ios.edu.pl/kcie/Download/InwentaryzacjaEMEP2005.pdf>,
- IOŚ, 2009a, *Inwentaryzacja emisji do powietrza SO₂, NO₂, CO, NH₃, pyłów, metali ciężkich, NMLZO i TZO w Polsce za rok 2005 (rekalkulacja)*, Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa 2009, http://emisje.ios.edu.pl/kcie/Download/Raport_EMEP_2005_PL.pdf,
- IOŚ, 2009b, *Inwentaryzacja emisji do powietrza SO₂, NO₂, CO, NH₃, pyłów, metali ciężkich, NMLZO i TZO w Polsce za rok 2006 (rekalkulacja)*, Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa 2009, http://emisje.ios.edu.pl/kcie/Download/Raport_EMEP_2006_PL.pdf,
- IOŚ, 2009c, *Inwentaryzacja emisji do powietrza SO₂, NO₂, CO, NH₃, pyłów, metali ciężkich, NMLZO i TZO w Polsce za rok 2007*, Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa, luty 2009, http://emisje.ios.edu.pl/kcie/Download/Raport_EMEP_2007_PL.pdf,
- IPCC, 2007, *Fourth Assessment Report, Working Group III Report "Mitigation of Climate Change 2007"*, Intergovernmental Panel on Climate Change,
- Jańczuk Z. (red.), 2004, *Stomatologia zachowawcza. Zarys kliniczny*. Podręcznik dla studentów stomatologii, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa

Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. Etap I.

Juda-Rezler K., 2000, *Oddziaływanie zanieczyszczeń powietrza na środowisko*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa,

Kindbom K., Munthe J., 2007, *Product-related emissions of Mercury to Air in the European Union*, IVL Swedish Environmental Research Institute,
<http://www3.ivl.se/rapporter/pdf/B1739.pdf>,

Koniecznyński J., Zajusz-Zubek E., 2007, *Badania emisji właściwości fizykochemicznych zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego. Występowanie rtęci w produktach spalania węgla i produktach oczyszczania spalin*, BK 228/RIE-2/2007,

Krajowy Plan Gospodarki Odpadami 2010. Projekt, Warszawa, lipiec 2006,
<http://environet.eu/pub/pubpol/Kpgo2010.pdf>,

Maxson P., 2006, *Mercury flows and safe storage of surplus mercury*. Report by Concorde East/West Sprl for DG Environment of the European Commission,
http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/hg_flows_safe_storage.pdf,

Maxson P., 2007, *Mercury in dental use: Environmental implications for the European Union*, European Environmental Bureau, Belgium, May 2007,
http://www.zeromercury.org/EU_developments/Maxson%20Dental%2014May2007%20-%20A5colour.pdf,

Maxson P., Verberne F., 2000, *Mercury concerns in decommissioning chlor-alkali facilities in Western Europe*, ERM and Concorde East/West Sprl for the Netherlands Ministry of Environment VROM, The Hague, September 2000,

MG, 2007, *Polityka energetyczna Polski do 2030 roku. Projekt. wrzesień 2007r.*, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa,

MG, 2009, *Polityka energetyczna Polski do 2030 roku. październik 2009r.*, Załącznik 2. Prognoza zapotrzebowania na paliwa i energię, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa,

MŚ, 2005, *Najlepsze Dostępne Techniki (BAT) Wytyczne dla Branży Chemicznej w Polsce, Przemysł Chloro-Alkaliczny*, Ministerstwo Środowiska, Warszawa, sierpień 2005,
www.pipc.org.pl/plik.php?id=58,

MZ, 2006, *Stanowisko Ministra Zdrowia w sprawie wyrobów medycznych zawierających rtęć. Rtęć w wyrobach medycznych*, 19.05.2006,
<http://bip.mz.gov.pl/index?mr=m741&ms=&ml=pl&mi=170&mx=0&mt=&my=254&ma=6232>,

OSPAR, 2006, *Overview assessment: Implementation of OSPAR Recommendation 2003/4 on Controlling the Dispersal of Mercury from Crematoria*, OSPAR Commission,

Pacyna E.G., Pacyna J.M., Fudała J., Strzelecka-Jastrząb E., Hławiczka S., Panasiuk D., 2006, *Mercury emissions to the atmosphere from antropogenic sources in Europe in 2000 and their scenarios until 2020*, Sci. Total Environ., 370, 147-156 (2006),

Pacyna E.G., Pacyna J.M., Fudała J., Strzelecka-Jastrząb E., Hławiczka S., Panasiuk D., Nitter S., Pregger T., Pfeiffer H., Friedrich R., 2007, *Current and future emissions of selected heavy metals to the atmosphere from anthropogenic sources in Europe*, Atmos. Environ., 41, 8557-8566 (2007),

Pacyna J.M., 2008, *Publishable Final Activity Report*, DROPS Report, NILU, Kjeller,

Pacyna J.M., Panasiuk D., Fudała J., Strzelecka-Jastrząb E., Hławiczka S., 2004, *Socio-economic scenarios of mercury emission reduction in Europe and the Mediterranean Sea countries*, MERCYMS WP-4 Report, Kjeller-Katowice,

Pacyna J.M., Munthe J., Wilson S., Maxson P., Sundseth K., Pacyna E.G., Harper E., Kindbom K., Wängberg I., Panasiuk D., Głodek A., Leaner J., Dabrowski J., 2008a, *Technical Background Report to the Global Atmospheric Mercury Assessment*, Arctic Monitoring and Assessment Programme/ UNEP Chemical Branch, http://www.chem.unep.ch/mercury/Atmospheric_Emissions/Technical_background_report.pdf,

Pacyna J.M., Sundseth K., Pacyna E.G., Munthe J., Belhaj M., Astrom S., Panasiuk D., Głodek A., 2008b, *UNEP Report on A general qualitative assessment of the potential costs and benefits associated with each of the strategic objectives set out in Annex 1 of the report of the first meeting of the Open Ended Working Group*, UNEP-CBA Report, Kjeller,

Pacyna J.M., Sundseth K., Pacyna E.G., Munthe J., Belhaj M., Astrom S., Panasiuk D., Głodek A., 2008c, *Socio-economic costs of continuing the status-quo of mercury pollution*, GLOCSA-SE Report, Nordic Council of Ministers, TemaNord 2008:580, Copenhagen, <http://www.norden.org/no/publikasjoner/publikasjoner/2008-580>,

Panasiuk D., 2005, *Report on national and international treaties and regulations concerning the heavy metals emission reduction*, ESPREME Report D01e, Katowice,

Panasiuk D., Pacyna J.M., Głodek A., Piątek R., Pacyna E.G., Strzelecka-Jastrząb E., Fudała J., Hławiczka S., 2006, *Scenarios for heavy metals, dioxins/furans and PCBs emissions to air in Europe for years 2010 and 2020*, DROPS D1.2 Report, Katowice,

Piątkowska D. (red.), 2002, *Zarys kariologii*, Med Tour Press International Wydawnictwo Medyczne, Warszawa,

Pye S., Jones G., Stewart R., Woodfield M., Kubica K., Kubica R., Pacyna J., 2006, *Costs and environmental effectiveness of options for reducing mercury emissions*, AT/ED48706/Final report v2, January 2006,

Rabl A., 2006, *Database of reviewed health end points and CRF's*, The EU DROPS project, Deliverable No. D2.1, Charles University Environment Center, Prague,

Rabl A., Spadaro J.V., 2007, *Global Health Impacts and Costs due to Mercury Emissions*, http://www.arirabl.com/publications/myPapers/Hg_Costs_Spadaro+Rabl07.pdf,

Rae D., Graham L., 2004, *Benefits of reducing Mercury in Saltwater ecosystems, A case study*. US EPA, Office of Wetlands, Oceans, and Watersheds, <http://www.cleanairnow.org/pdfs/officewatermerc.pdf>,

Scasny M., Maca V., Melichar J., 2008, *Data set values for benefit valuation and costs-of-illness related to relevant health impacts*. The EU DROPS project, Deliverable No. D2.2, Norwegian Institute for Air Research, Kjeller, Norway,

Spadaro J.V., Rabl A., 2008, *Global Health Impacts and Costs Due to Mercury Emissions*, Risk Analysis, Vol. 28, No. 3, 2008, [http://web.me.com/arirabl/Site/Publications_files/Spadaro+Rabl%20Hg08%20\(+Fig\).pdf](http://web.me.com/arirabl/Site/Publications_files/Spadaro+Rabl%20Hg08%20(+Fig).pdf)

Seńczuk W. (red.), 2002, *Toksykologia. Podręcznik dla studentów, lekarzy i farmaceutów*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa,

Analiza kosztów i korzyści dla zdrowia ludzkiego i środowiska związanych z redukcją emisji rtęci w Polsce. Etap I.

Strzelecka-Jastrzab E., Fudała J., Panasiuk D., Pacyna J.M., Hławiczka S., 2004, *Atmospheric Mercury Emission Projection for the years 2005, 2010 and 2020 in Europe and the Mediterranean Sea Countries*, MERCYMS WP-4 Annual Report, Katowice-Kjeller,

Strzelecka-Jastrzab E., Panasiuk D., Pacyna J.M., Pacyna E.G., Fudała J., Hławiczka S., Cenowski M., Dyduch B., Głodek A., 2007, *Emission projections for the years 2010 and 2020 and assessment of the emission reduction scenario implementation costs*, DROPS D1.3 Report, Katowice,

Sundseth K., Pacyna J.M., Panasiuk D., 2008, *Integrated system implementation*, DROPS D5.1 Report, Kjeller,

Toksykologia szczegółowa, materiały dydaktyczne Centrum Nauk Sądowych Uniwersytetu Warszawskiego, informacja dostępna na stronie:

http://www.cns.uw.edu.pl/skrypt/Biologia/Toksykologia_Szczeg.pdf,

UNEP, 2006, *Summary of supply, trade and demand information on mercury*, UNEP Chemical Branch, Geneva,

<http://www.chem.unep.ch/mercury/HgSupplyTradeDemandJM.pdf>,

WIOŚ Warszawa, 2009, *Zestawienie składowisk za rok 2008*, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Warszawie,

http://www.wios.warszawa.pl/portal/pl/22/261/Zestawienie_skladowisk_za_rok_2008.html,

Zajusz-Zubek E., Koniecznyński J., 2008, *Występowanie rtęci w produktach spalania węgla i produktach oczyszczania spalin*, w: Koniecznyński J. (red.), *Ochrona powietrza w teorii i praktyce*, Tom I, Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN, Zabrze, 2008.