



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 III

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



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

Katowice, wrzesień 2010

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 III

**Analiza kosztów i korzyści scenariusza redukcji emisji
metali ciężkich i drobnego pyłu**

Dyrektor NILU Polska:
mgr inż. Leszek Sebesta

Kierownik pracy:
dr inż. Damian Panasiuk

Skład zespołu autorskiego raportu z Etapu III:

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 73 stron.

W ramach etapu III *Analiza kosztów i korzyści scenariusza redukcji emisji metali ciężkich i drobnego pyłu* przygotowano scenariusze (EXEC i MFTR) emisji rtęci do powietrza, wód i gleby do roku 2020. Została także przeprowadzona szczegółowa analiza kosztów i korzyści powiązanej ze sobą redukcji emisji rtęci, innych metali ciężkich oraz drobnego pyłu PM_{2,5} do powietrza dla społeczeństwa Polski - dla scenariusza zwiększonej kontroli emisji (EXEC).

Prognozy emisji zostały oparte na inwentaryzacji emisji rtęci do powietrza, wód i gleby dla roku bazowego 2008, przedstawionej w raporcie z etapu I niniejszego opracowania. Całkowita antropogeniczna emisja rtęci do powietrza z obszaru Polski wynosiła 17,70 ton, a emisja do wód i gleby - 7,97 ton, łącznie 25,67 ton. Nie rozpatrywano reemisji rtęci już zakumulowanej w środowisku.

Wielkość krajowej emisji rtęci z procesów przemysłowych wymaga weryfikacji. Wydaje się, że emisja z elektrowni i elektrociepłowni spalających węgiel kamienny jest zawyżona. Najnowsze badania wskazują na mniejszą zawartość rtęci w polskich węglach kamiennych niż w węglach brunatnych. Przyjmując zmodyfikowane wskaźniki, raportowana emisja z energetyki wyniosłaby ok. 4 zamiast 8 ton rtęci rocznie.

Założenia scenariusza EXEC wynikają z nowych wymagań prawnych. Zgodnie z dyrektywą IPPC nr 96/61/WE oraz dokumentami referencyjnymi (BREF) do niej oczekiwane jest wprowadzenie najlepszych dostępnych technik dla zmniejszenia emisji rtęci z procesów przemysłowych. Obowiązujące polskie rozporządzenie zaostrza od 2016r. standardy emisyjne z instalacji dla wprowadzania gazów i pyłów do powietrza. Dodatkowe wymagania wprowadzi dyrektywa o emisjach przemysłowych (IED). Wartości stężeń pyłu i rtęci w otaczającym powietrzu określa natomiast dyrektywa nr 2008/50/WE.

W przypadku produktów zawierających rtęć nowe przepisy ustalają poziomy zbierania baterii i akumulatorów oraz zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego, terminy wycofywania tradycyjnych żarówek (wzrost sprzedaży świetlówek kompaktowych) oraz zakaz wprowadzania do obrotu rtęci w termometrach lekarskich oraz w przeznaczonych do sprzedaży dla konsumentów manometrach, aparatach do pomiaru ciśnienia krwi i barometrach.

Scenariusz EXEC (*EXtended Emission Control*, zwiększonej kontroli emisji) jest prognozą kontynuacji rozwoju gospodarczego, zakładającą wdrożenie dyrektyw UE i konwencji międzynarodowych. Dla tego scenariusza oszacowano, że w 2020r. największy krajowy problem nadal stanowić będzie emisja do powietrza z procesów przemysłowych, w tym energetyki i ciepłownictwa. Znacząco zmniejszy się emisja z użytkowania produktów zawierających rtęć, co będzie spowodowane niższym zużyciem rtęci do wytwarzania użytkowanych produktów oraz wyższymi poziomami zbierania tych produktów.

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

Obniży się także znacznie emisja rtęci z praktyki dentystycznej, co wynikać będzie ze zmniejszenia zużycia amalgamatu stomatologicznego oraz właściwego postępowania z odpadami zakaźnymi, spalonymi w nowych zakładach termicznego przekształcania odpadów. Całkowita emisja rtęci do powietrza wyniesie 6,26 ton Hg.

Emisję rtęci do wód i gleby oszacowano 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. Istotnie zmniejszy się ilość rtęci stopniowo uwalnianej ze składowisk odpadów komunalnych. Wynikać to będzie ze zmniejszonego użytkowania rtęci w produktach jak również ze wzrostu liczby nowoczesnych spalarni odpadów. Całkowita emisja rtęci do wód i gleby wyniesie 2,67 ton Hg.

Według scenariusza EXEC wynikiem rocznej działalności gospodarczej i zachowań konsumentów będzie łączna emisja rtęci do środowiska oszacowana na 8,9 ton Hg, co stanowi prawie trzykrotny spadek emisji w stosunku do roku bazowego. Strumień ten nie obejmuje reemisji rtęci wcześniej zakumulowanej w środowisku.

Scenariusz MFTR (*Maximum Feasible Technical Reduction*) jest prognozą maksymalnej technicznie możliwej redukcji emisji, w której w porównaniu do scenariusza EXEC zostaną zastosowane dodatkowo działania nakierowane specjalnie na redukcję i przeciwdziałanie emisji rtęci. Dla tego scenariusza oszacowano, że w 2020r. największym problemem pozostanie emisja z procesów przemysłowych.

Pozostałe źródła emisji stanowiąc będą niewielki udział w strukturze emisji rtęci. Niewielkie zużycie rtęci do produkcji, jedynie lamp wyładowczych, spowoduje dalsze obniżenie emisji rtęci z użytkowania produktów zawierających rtęć. Zakaz stosowania amalgamatu dentystycznego w wypełnieniach dentystycznych spowoduje wyeliminowanie problemu emisji rtęci ze spalania resztek amalgamatu z odpadami zakaźnymi. Całkowita emisja rtęci do powietrza wyniesie 2,83 ton Hg.

Emisja rtęci do wód i gleby ulegnie dalszemu obniżeniu. Niewielki zakres stosowania rtęci w produktach sprawi, że znacząco zmniejszy się potencjalne stopniowe uwalnianie się rtęci ze składowisk odpadów komunalnych. Całkowita emisja rtęci do wód i gleby wyniesie 0,82 ton Hg. Według scenariusza MFTR wynikiem rocznej działalności gospodarczej i zachowań konsumentów będzie antropogeniczna emisja rtęci do środowiska oszacowana na 3,65 ton Hg, co stanowi siedmiokrotny spadek emisji w stosunku do roku bazowego.

Prognoza emisji rtęci do środowiska dla scenariuszy EXEC i MFTR do 2020r. oraz zebrane w projektach DROPS i GLOCBA-SE dane o kosztach krańcowych emisji rtęci (dla ekspozycji przez spożywanie pokarmów oraz oddychanie) zostały wykorzystane do oszacowania rocznych kosztów zanieczyszczenia rtęcią w Polsce. Na koszty te składają się straty związane z obniżeniem ilorazu inteligencji IQ społeczeństwa, pozostałe koszty zdrowotne (związane z chorobami serca i nowotworami) oraz koszty dla środowiska naturalnego.

Przy założeniu kosztu krańcowego 8.000 euro/kg Hg koszty zdrowotne wynikające z obniżenia ilorazu inteligencji w Polsce zostały oszacowane dla scenariusza EXEC na 286 mln złotych rocznie oraz dla scenariusza MFTR na 117 mln złotych rocznie. Pozostałe koszty zdrowotne są związane z chorobami układu krążenia (nadciśnienie, zawały serca i przypadki przedwczesnej śmierci) oraz nowotworami. Koszty te oszacowano jako 7 razy wyższe od

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

tych, które związane są z obniżeniem inteligencji. Całkowite koszty zdrowotne zanieczyszczenia rtęcią dla scenariusza EXEC zostały oszacowane na 2,3 mld złotych oraz dla scenariusza MFTR na 935 mln złotych.

Istnieją także negatywne efekty oddziaływania rtęci na dzikie zwierzęta (bioakumulacja rtęci w rybach i oddziaływanie rtęci na zwierzęta spożywające ryby). Całkowite koszty zanieczyszczenia rtęcią środowiska przyjęto jako 4-krotnie wyższe od kosztów zdrowotnych. Koszty te oszacowano dla scenariusza EXEC na 9 mld złotych rocznie oraz dla scenariusza MFTR na 3,7 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 dentystycznej.

Dla scenariusza zwiększonej kontroli emisji EXEC oszacowano także poziom kosztów i korzyści powiązanej ze sobą redukcji emisji rtęci, innych metali ciężkich oraz drobnego pyłu PM_{2,5} do powietrza dla społeczeństwa Polski. Do szacowania kosztów wdrożenia scenariusza wzięto pod uwagę koszty inwestycyjne i operacyjne instalacji ekologicznych. Koszty szacowane były dla lat 2005-2015 (inwestycje spełniające wymogi BAT) oraz lat 2016-2020 (technologie BAT oraz dodatkowe techniki redukcji emisji).

Wielkość rocznych kosztów inwestycyjnych i operacyjnych wdrożenia scenariusza EXEC dla danego sektora zależy od aktywności (zużycie paliw, wielkość produkcji) oraz kosztów jednostkowych. Dla obu etapów wdrażania scenariusza EXEC, najwyższe roczne koszty sektorowe dotyczą procesów spalania węgla kamiennego i brunatnego w dużych i średnich źródłach spalania, procesów spalania węgla w małych źródłach spalania oraz procesów produkcji żelaza i stali.

W pierwszym etapie inwestycji (2005-2015) łączne krajowe koszty inwestycyjne i operacyjne programu redukcji emisji metali ciężkich w przemyśle szacowane są na 1,2 mld zł rocznie. W kolejnym etapie (2016-2020) prognozowana suma kosztów wynikających z wdrażania instalacji ekologicznych dla scenariusza EXEC wyniesie 1,9 mld zł rocznie.

Korzyści wynikające z wdrożenia scenariusza EXEC są rezultatem inwentaryzacji pozytywnych efektów związanych z redukcją emisji drobnego pyłu PM_{2,5} i metali ciężkich. Dla oszacowania korzyści zdrowotnych została wzięta pod uwagę ekspozycja ludzi na zanieczyszczenia poprzez opóźniony efekt wchłaniania zakumulowanych zanieczyszczeń przez żywność i wodę oraz przez oddychanie. Dla rozciągniętej w czasie ekspozycji zanieczyszczeń poprzez żywność i wodę została zastosowana stopa dyskontowa 4%. Przyjmując redukcję emisji zanieczyszczeń do roku 2020 w stosunku do roku bazowego, oszacowano korzyści dla okresów 2005-2015 i po 2015r.

Wyniki analizy kosztów i korzyści pokazują, że korzyści dla życia i zdrowia człowieka z wdrożenia scenariusza EXEC w Polsce przewyższają koszty w całym okresie 2005-2020. Do roku 2015 korzyści wynikające z wdrożenia tego scenariusza zwiększonej kontroli emisji wynoszą 14,2 mld zł rocznie przy kosztach 1,2 mld zł rocznie. W okresie po 2015r. korzyści wynikające z redukcji emisji metali ciężkich i drobnego pyłu wynoszą 27,8 mld zł rocznie przy 15-krotnie niższych kosztach.

SPIS TREŚCI

Cel pracy.....	9
Wstęp.....	9
1. Emisja rtęci do środowiska z Polski dla roku bazowego.....	10
1.1. Emisja do powietrza z procesów przemysłowych.	10
1.2. Emisja do powietrza z użytkowania produktów zawierających rtęć.	11
1.3. Emisja rtęci z praktyki dentystycznej.	13
1.4. Emisja do wód z procesów przemysłowych.	14
1.5. Emisja do wód i gleby ze składowisk odpadów komunalnych.....	15
1.6. Potrzeba weryfikacji krajowej inwentaryzacji emisji rtęci.	16
2. Nowe wymagania prawne.	20
2.1. Wytyczne BAT dla instalacji	20
2.2. Standardy emisyjne	21
2.3. Standardy imisyjne.....	26
2.4. Przepisy dotyczące produktów zawierających rtęć.....	30
3. Scenariusz EXEC emisji rtęci do roku 2020.	34
3.1. Scenariusz EXEC emisji do powietrza z procesów przemysłowych.....	34
3.2. Scenariusz EXEC emisji do powietrza z użytkowania produktów zawierających rtęć.....	38
3.3. Scenariusz EXEC emisji rtęci z praktyki dentystycznej.....	41
3.4. Scenariusz EXEC emisji do wód z procesów przemysłowych.....	43
3.5. Scenariusz EXEC emisji do wód i gleby ze składowisk odpadów komunalnych.	44
3.6. Prognoza emisji rtęci z Polski w 2020r. dla scenariusza EXEC.....	44
4. Scenariusz MFTR emisji rtęci do roku 2020.....	46
4.1. Scenariusz MFTR emisji do powietrza z procesów przemysłowych.....	46
4.2. Scenariusz MFTR emisji do powietrza z użytkowania produktów zawierających rtęć.....	50
4.3. Scenariusz MFTR emisji rtęci z praktyki dentystycznej.....	51
4.4. Scenariusz MFTR emisji do wód z procesów przemysłowych.	52
4.5. Scenariusz MFTR emisji do wód i gleby ze składowisk odpadów komunalnych.	53
4.6. Prognoza emisji rtęci z Polski w 2020r. dla scenariusza MFTR.....	54
5. Analiza kosztów i korzyści scenariuszy redukcji emisji metali ciężkich i drobnego pyłu.	55
5.1. Koszty zanieczyszczenia rtęcią dla poszczególnych scenariuszy....	55
5.2. Scenariusz EXEC emisji metali ciężkich i drobnego pyłu z procesów przemysłowych do powietrza.....	60
5.3. Koszty scenariusza EXEC redukcji emisji metali ciężkich i pyłu z procesów przemysłowych do powietrza.....	61
5.4. Korzyści zdrowotne scenariusza EXEC redukcji emisji metali ciężkich i pyłu z procesów przemysłowych do powietrza.	64
Wnioski.....	67
Bibliografia.....	69

Spis tabel

nr	tytuł	str.
Tabela 1.	Emisja rtęci do powietrza z procesów przemysłowych w Polsce wg rekalkulacji emisji dla 2005r. oraz średnioroczna emisja dla lat 2005-2007 (IOŚ, 2009a,b,c; Panasiuk i in., 2009).	10
Tabela 2.	Emisja rtęci do powietrza w Polsce z użytkowania produktów zawierających rtęć wprowadzonych na rynek w 2008r. (Panasiuk i in., 2009).	12
Tabela 3.	Emisja do powietrza, recykling i bezpieczne składowanie oraz pozostałe miejsca zgromadzenia rtęci z użytkowania produktów zawierających rtęć wprowadzonych na polski rynek w 2008r. (Panasiuk i in., 2009).	13
Tabela 4.	Emisja rtęci i jej związków do wody w 2007r. z polskich zakładów przemysłowych ujętych w bazie danych E-PRTR (2009); Panasiuk i in. (2009).	14
Tabela 5.	Ilość rtęci trafiająca na składowiska odpadów komunalnych w Polsce z użytkowania produktów zawierających rtęć wprowadzonych na rynek w 2008r. (Panasiuk i in., 2009).	15
Tabela 6.	Emisja rtęci do powietrza z procesów przemysłowych w Polsce wg korekty inwentaryzacji emisji dla 2007r. oraz inwentaryzacji dla 2008r. (IOŚ, 2010).	16
Tabela 7.	Średnia zawartość rtęci w polskim węglu kamiennym i brunatnym.	18
Tabela 8.	Standardy emisyjne pyłu ze źródeł istniejących.	22
Tabela 9.	Standardy emisyjne pyłu ze źródeł nowych, dla których wnioski o wydanie pozwolenia na budowę złożono przed dniem 27 listopada 2002r.	23
Tabela 10.	Standardy emisyjne pyłu ze źródeł nowych, dla których wnioski o wydanie pozwolenia na budowę złożono po dniu 26 listopada 2002r.	24
Tabela 11.	Dopuszczalne wielkości emisji dla pyłu dla kotłów wykorzystujących paliwa stałe wg tekstu dyrektywy o emisjach przemysłowych przyjętego przez Parlament Europejski.	25
Tabela 12.	Standardy emisyjne dla pyłu PM10, PM2,5 oraz rtęci i jej związków.	28
Tabela 13.	Prognoza emisji rtęci do powietrza z procesów przemysłowych w Polsce w 2020r. dla scenariusza EXEC (kg/rok).	37
Tabela 14.	Emisja rtęci do powietrza w Polsce z użytkowania produktów zawierających rtęć wprowadzonych na rynek w 2020r. dla scenariusza EXEC.	40
Tabela 15.	Emisja do powietrza, recykling i bezpieczne składowanie oraz pozostałe miejsca zgromadzenia rtęci z użytkowania produktów zawierających rtęć wprowadzonych na polski rynek na rynek w 2020r. dla scenariusza EXEC.	41
Tabela 16.	Emisja rtęci i jej związków do wody w 2020r. z polskich zakładów przemysłowych ujętych w bazie danych E-PRTR dla scenariusza EXEC.	43

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

Tabela 17.	Ilość rtęci trafiająca na składowiska odpadów komunalnych w Polsce z użytkowania produktów zawierających rtęć wprowadzonych na rynek w 2020r. dla scenariusza EXEC.	44
Tabela 18.	Prognoza emisji rtęci do powietrza z procesów przemysłowych w Polsce w 2020r. dla scenariusza MFTR (kg/rok).	49
Tabela 19.	Emisja rtęci do powietrza w Polsce z użytkowania produktów zawierających rtęć wprowadzonych na rynek w 2020r. dla scenariusza MFTR.	50
Tabela 20.	Emisja do powietrza, recykling i bezpieczne składowanie oraz pozostałe miejsca zgromadzenia rtęci z użytkowania produktów zawierających rtęć wprowadzonych na polski rynek na rynek w 2020r. dla scenariusza MFTR.	51
Tabela 21.	Emisja rtęci i jej związków do wody w 2020r. z polskich zakładów przemysłowych ujętych w bazie danych E-PRTR dla scenariusza MFTR.	52
Tabela 22.	Ilość rtęci trafiająca na składowiska odpadów komunalnych w Polsce z użytkowania produktów zawierających rtęć wprowadzonych na rynek w 2020r. dla scenariusza MFTR.	53
Tabela 23.	Prognozy emisji rtęci dla poszczególnych scenariuszy.	55
Tabela 24.	Koszty zanieczyszczenia rtęcią związane z obniżeniem ilorazu inteligencji IQ dla poszczególnych scenariuszy.	56
Tabela 25.	Całkowite koszty zdrowotne zanieczyszczenia rtęcią dla poszczególnych scenariuszy.	58
Tabela 26.	Całkowite koszty zanieczyszczenia rtęcią środowiska dla poszczególnych scenariuszy.	59
Tabela 27.	Całkowita emisja metali ciężkich i drobnego pyłu w Polsce do 2020r. (tony/rok).	61
Tabela 28.	Roczne koszty inwestycyjne i operacyjne wdrożenia scenariusza EXEC redukcji emisji metali ciężkich i drobnego pyłu w Polsce do 2020r. (tys. zł).	62

Spis rysunków

nr	tytuł	str.
Rys. 1.	Emisja rtęci do powietrza, wód i gleby w Polsce dla roku bazowego 2008 i scenariusza EXEC.	45
Rys. 2.	Emisja rtęci do powietrza, wód i gleby w Polsce dla roku bazowego 2008 i scenariusza MFTR.	54
Rys. 3.	Całkowite koszty zanieczyszczenia rtęcią środowiska dla poszczególnych scenariuszy.	60
Rys. 4.	Roczne koszty sektorowe wdrożenia scenariusza EXEC redukcji emisji metali ciężkich i drobnego pyłu w Polsce do 2020r.	63
Rys. 5.	Korzyści zdrowotne redukcji emisji metali ciężkich w Polsce, wynikające z unikniętego narażenia na spożywanie zanieczyszczeń	65

Rys. 6.	wraz z żywnością i wodą. Korzyści zdrowotne redukcji emisji metali ciężkich i drobnego pyłu w Polsce, wynikające z unikniętego narażenia na wchłanianie zanieczyszczeń przez oddychanie.	65
Rys. 7.	Wyniki analizy kosztów i korzyści wdrożenia scenariusza EXEC redukcji emisji metali ciężkich i drobnego pyłu w Polsce do 2020r.	66

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 III *Analiza kosztów i korzyści scenariusza redukcji emisji metali ciężkich i drobnego pyłu* była analiza kosztów i korzyści powiązanej ze sobą redukcji emisji rtęci, innych metali ciężkich oraz drobnego pyłu do powietrza dla społeczeństwa Polski dla scenariusza zwiększonej kontroli emisji (EXEC). Przygotowano także prognozy emisji rtęci do powietrza, wód i gleby dla scenariusza EXEC oraz scenariusza maksymalnej możliwej redukcji emisji (MFTR).

W analizie kosztów i korzyści zostały uwzględnione współkorzyści dla zdrowia ludzkiego z redukcji emisji pyłu i innych metali ciężkich. Dodatkowe korzyści społeczne wynikają z faktu, że celem większości proponowanych technik redukcji emisji rtęci jest odpylanie gazów spalinowych. Zakres zleconych prac nie obejmował analizy kosztów redukcji emisji rtęci do wód i gleby.

Wstęp

W raporcie z etapu I niniejszego opracowania (Panasiuk i in., 2009) została oszacowana emisja rtęci do powietrza, wód i gleby dla roku bazowego 2008 oraz scenariusza status-quo (utrzymania bieżących praktyk i metod kontroli emisji). Dla tak przyjętych założeń obliczono, że całkowita antropogeniczna emisja rtęci wzrośnie z 25,7 ton w roku bazowym do 26,6 ton w 2020r. Całkowite koszty zdrowotne zanieczyszczenia rtęcią dla scenariusza status-quo zostały oszacowane na 6,8 mld złotych, a całkowite koszty środowiskowe na 27 mld złotych rocznie. Inwentaryzację emisji dla roku bazowego oraz konieczność weryfikacji emisji rtęci z procesów przemysłowych (spalania węgla kamiennego w energetyce) przedstawia rozdział 1.

W obecnym raporcie podjęto się prognozy emisji rtęci z Polski dla kolejnych dwóch scenariuszy:

- EXEC (*EXtended Emission Control*, zwiększonej kontroli emisji) - prognozy kontynuacji rozwoju gospodarczego, zakładającej wdrożenie dyrektyw UE i konwencji międzynarodowych (rozdział 3),
- MFTR (*Maximum Feasible Technical Reduction*) - prognozy maksymalnej technicznie możliwej redukcji emisji, w której zostaną zastosowane dodatkowo działania nakierowane specjalnie na redukcję i przeciwdziałanie emisji rtęci (rozdział 4).

Scenariusze te są zbieżne z koncepcją scenariuszy dla globalnej emisji rtęci w ramach projektu GLOMER (Pacyna i in., 2008a). Wykorzystują one także niektóre założenia scenariuszy *POT/BAU+Climate* i MFTR dla emisji z procesów przemysłowych z krajów europejskich opracowanych w ramach projektów MERCYMS (Pacyna i in., 2004) i DROPS (Panasiuk i in., 2007) oraz założenia scenariuszy dla emisji rtęci z Polski z użytkowania produktów zawierających rtęć (Głodek i in., 2010). Założenia scenariusza EXEC uwzględniają nowe wymagania prawne opisane w rozdziale 2.

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

Podstawą do opracowania scenariuszy emisji rtęci do powietrza, wód i gleby do roku 2020 są dane o emisji dla roku bazowego 2008 oszacowane w raporcie z etapu I niniejszego opracowania (Panasiuk i in., 2009). Całkowita antropogeniczna emisja rtęci do powietrza z obszaru Polski dla roku bazowego została oszacowana na 17,70 ton, na co składała się emisja z procesów przemysłowych, z użytkowania produktów zawierających rtęć oraz z praktyki dentystycznej. Nie uwzględniono emisji rtęci z zakładów termicznego przekształcania (spalarni) komunalnych osadów ściekowych.

Całkowita antropogeniczna emisja rtęci do wód i gleby z obszaru Polski wynikająca z działalności prowadzonej w roku bazowym 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 w zwłokach grzebanych. Łączna emisja rtęci do środowiska w roku bazowym wyniosła 25,67 ton. Nie rozpatrywano reemisji rtęci już zakumulowanej w środowisku.

1.1. Emisja do powietrza z procesów przemysłowych.

Dane o emisji rtęci do powietrza z procesów przemysłowych w Polsce dla roku bazowego wyznaczono na podstawie krajowej inwentaryzacji emisji metali ciężkich przygotowanej przez Instytut Ochrony Środowiska. W raporcie z etapu I przyjęto emisję 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. Uwzględniono ją w emisji rtęci do powietrza z użytkowania produktów zawierających rtęć.

Dla przyjętego roku bazowego roczna całkowita emisja rtęci z procesów przemysłowych i spalania paliw w sektorze mieszkaniowym (bez spalania odpadów komunalnych) wyniosła 15,75 ton. Dane o emisjach z poszczególnych sektorów działalności przemysłowej (kategorii SNAP) zaprezentowano w tabeli poniżej.

Tabela 1. Emisja rtęci do powietrza z procesów przemysłowych w Polsce wg rekalkulacji emisji dla 2005r. oraz średnioroczna emisja dla lat 2005-2007 (IOŚ, 2009a,b,c; Panasiuk i in., 2009).

Kod SNAP97	Sektor	rekalkulacja inwentaryz. dla roku 2005 (IOŚ,2009a) kg/rok	średnia emisja z lat 2005-2007 (IOŚ, 2009a,b,c) kg/rok
	CAŁKOWITA EMISJA		
	- razem ze spalaniem odpadów komunalnych	15429,8	15795,5
	- bez spalania odpadów komunalnych	15379,9	15748,6
01	PROCESY SPALANIA W SEKTORZE PRODUKCJI I TRANSFORMACJI ENERGII	8996,2	9141,2

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

01 01	Elektrownie i elektrociepłownie węglowe (zawodowe)	8036,9	8144,7
01 02	Ciepłownie (rejonowe, komunalne i przemysłowe)	861,9	837,2
01 04	Przemiany paliw stałych	27,2	37,7
01 05	Kopalnictwo surowców energetycznych	70,3	121,6
02	PROCESY SPALANIA W SEKTORZE KOMUNALNYM I MIESZKANIOWYM	1185,3	1304,2
02 01	Ciepłownie sektora usług (razem z małymi ciepłowniami)	204,8	233,0
02 02	Gospodarstwa domowe	826,2	902,0
02 03	Rolnictwo, leśnictwo i inne	154,3	169,2
03	PROCESY SPALANIA W PRZEMYSŁE	4174,5	4284,2
03 01	Spalanie w kotłach, turbinach gazowych i silnikach (bez ciepłowni przemysłowych)	461,1	475,5
03 02	Procesy spalania bez kontaktu	1111,3	1088,9
03 03 04	Pierwotna produkcja ołowiu	187,4	209,8
03 03 05	Pierwotna produkcja cynku	910,6	769,7
03 03 06	Pierwotna produkcja miedzi	55,6	54,4
03 03 08	Wtórna produkcja cynku	0,6	0,6
03 03 11	Produkcja cementu	1416,4	1653,8
03 03 14	Produkcja szkła płaskiego	31,7	31,7
04	PROCESY PRODUKCYJNE	1024,0	1019,0
04 02 01	Produkcja koksu dla przemysłu metali żelaznych	255,6	283,0
04 02 06	Stalownie konwertorowo-tlenowe	4,9	5,6
04 02 07	Piece elektryczne	344,3	403,4
04 02 09	Spiekanie	61,7	72,8
04 04 13	Produkcja chloru metodą rtęciową	357,5	254,2
09	ZAGOSPODAROWANIE ODPADÓW	49,9	46,9
09 02 01	Spalanie odpadów komunalnych	49,9	46,9

Największy krajowy problem stanowi emisja z energetyki i ciepłownictwa - 9,1 ton rocznie według inwentaryzacji IOŚ (2009a,b,c). Emisja z pozostałych sektorów przemysłowych wynosi 5,3 ton. Emisja z procesów spalania w sektorze komunalnym i mieszkaniowym jest szacowana na 1,3 ton.

Najnowszy raport IOŚ (2010) zawiera korektę inwentaryzacji emisji dla 2007r. oraz inwentaryzację dla 2008r. Niższa emisja została oszacowana dla produkcji chloru metodą rtęciową i przemian paliw stałych, wyższa emisja dla pierwotnej produkcji cynku, patrz rozdział 1.6.

1.2. Emisja do powietrza z użytkowania produktów zawierających rtęć.

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). Szczegółowe założenia zostały przedstawione w raporcie z etapu I. Emisję wyznaczono na podstawie danych o ilości rtęci wprowadzonej na rynek wraz z

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

produktami oraz wskaźników dystrybucji i emisji. Rozpatrywano następujące grupy produktów: baterie, sprzęt oświetleniowy, pozostały sprzęt elektryczny i elektroniczny oraz urządzenia kontrolno-pomiarowe.

Zużycie rtęci do produkcji produktów wprowadzonych na rynek polski w 2008r. oszacowano na 9,4 ton. Obliczenia emisji wykonano dla następujących sposobów uwalniania rtęci z produktów: w wyniku ich stłuczenia, poprzez spalanie odpadów komunalnych, poprzez składowanie odpadów oraz złomowanie stali.

Dystrybucję rtęci poprzez wymienione wyżej sposoby uwalniania obliczono za pomocą wskaźników dystrybucji wykorzystując dane o:

- ilości odpadów komunalnych unieszkodliwianych termicznie – 0,4% (GUS, 2008).
- poziomach zbierania sprzętu oświetleniowego oraz pozostałego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (GIOŚ, 2009), baterii i akumulatorów przenośnych oraz urządzeń kontrolno-pomiarowych (przekazanie do recyklingu lub bezpieczne składowanie).

Przyjęto, że reszta produktów trafia na składowiska odpadów komunalnych lub pozostaje w użyciu przez społeczeństwo.

Dla analizowanych grup produktów oszacowano emisję rtęci do powietrza jako roczną, pojawiającą się w ciągu pierwszego roku użytkowania produktów, oraz późniejszą emisję, wynikającą ze stopniowego uwalniania się rtęci w kolejnych latach, patrz tabela 2.

Tabela 2. Emisja rtęci do powietrza w Polsce z użytkowania produktów zawierających rtęć wprowadzonych na rynek w 2008r. (Panasiuk i in., 2009).

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

Dla przyjętego roku bazowego oszacowano:

- emisję rtęci do powietrza w pierwszym roku użytkowania produktów wprowadzonych na rynek w 2008r. - 0,32 ton,
- emisję rtęci do powietrza w ciągu pierwszych 10 lat - 0,46 ton.

W ciągu pierwszych 10 lat, 2,9 ton rtęci zawartej w produktach zostanie poddana recyklingowi lub bezpiecznie składowana. Pozostałe 6,0 ton Hg trafi na składowiska odpadów komunalnych lub będzie zawarta w produktach pozostających w użyciu, patrz tabela poniżej.

Tabela 3. Emisja do powietrza, recykling i bezpieczne składowanie oraz pozostałe miejsca zgromadzenia rtęci z użytkowania produktów zawierających rtęć wprowadzonych na polski rynek w 2008r. (Panasiuk i in., 2009).

	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

1.3. Emisja rtęci z praktyki dentystycznej.

Szczegółowe założenia do obliczeń emisji rtęci w Polsce z praktyki dentystycznej zostały przedstawione w raporcie z etapu I. Dla roku bazowego oszacowano:

- roczną emisję rtęci z procesów spalania odpadów amalgamatu (1,45 ton) oraz z wypełnień dentystycznych w procesach kremacji zwłok (0,04 ton).
- potencjalne stopniowe uwalnianie się rtęci do wód gruntowych ze zwłok (0,16 ton).

Stosowanie amalgamatu stomatologicznego w gabinetach dentystycznych w Polsce skutkuje wprowadzeniem na rynek ok. 10 ton rtęci rocznie (szacunek na podstawie danych Maxsona, 2007). 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. Spośród tej masy nadmiar sporządzonej mieszanki (2 tony rtęci) jest odbierany jako odpady niebezpieczne. Przyjęto, 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).

Emisję do powietrza z procesów kremacji zwłok obliczono dla roku 2006, kiedy w Polsce poddano procesom kremacji 5% zwłok. Przyjęto za Maxsonem (2007), że emisja rtęci do powietrza z krematoriów stanowi 80% masy rtęci zawartej w zwłokach, a reszta jest deponowana w glebie.

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

Praktyka dentystyczna skutkuje także emisjami do wód i gleby, w wyniku procesów uwalniania się rtęci ze zwłok grzebanych w ziemi oraz z odpadów wytwarzanych w gabinetach dentystycznych. Ilość rtęci uwalnianej ze zwłok wyznaczono na podstawie danych z 2006r. o liczbie zwłok grzebanych w ziemi w Polsce przy założeniu Maxsona (2007), że 20% rtęci stopniowo uwalnia się z wypełnień dentystycznych do wód gruntowych, a reszta pozostaje w glebie.

1.4. Emisja do wód z procesów przemysłowych.

Szczegółowe dane o emisji rtęci i jej związków do wody z procesów przemysłowych i komunalnych oczyszczalni ścieków w Polsce zostały przedstawione w raporcie z etapu I. Według danych Europejskiego Rejestru Uwalniania i Transferu Zanieczyszczeń (E-PRTR) całkowita emisja rtęci do wód w 2007r. wyniosła 2,97 ton, patrz tabela 4.

Tabela 4. Emisja rtęci i jej związków do wody w 2007r. z polskich zakładów przemysłowych ujętych w bazie danych E-PRTR (2009); Panasiuk i in. (2009).

Kod działalności E-PRTR i rodzaj działalności	Emisja do wody w 2007r. (ton/rok)	
	bezpośrednia	pośrednia
CAŁKOWITA EMISJA RTĘCI DO WODY	2,47	0,50
1. PRZEMYSŁ ENERGETYCZNY	0,08	0,00
2. WYTWARZANIE I PRZETWÓRSTWO METALI	0,16	–
3. PRZEMYSŁ MINERALNY	0,02	–
4. PRZEMYSŁ CHEMICZNY	1,04	0,12
4.a. Podstawowe chemikalia organiczne	0,00	0,12
4.b.- 4.c. Podstawowe chemikalia nieorganiczne lub nawozy sztuczne	1,03	–
5. GOSPODARKA ODPADAMI I ŚCIEKAMI	1,17	0,37
5.c.- 5.d. Instalacje do usuwania odpadów innych niż niebezpieczne (>50t dziennie) i składowiska odpadów (>10t dziennie)	–	0,23
5.f. Oczyszczalnie ścieków komunalnych o wydajności > 100 tys. równoważnej liczby mieszkańców (RLM)	1,07	–
5.g. Niezależnie od zakładów eksploatowane oczyszczalnie ścieków przemysłowych	0,08*	0,14**

(–) nie wykazano emisji, (*) 0,06 t z przem. chemicznego, (**) całość z PCC Rokita S.A. - chem.

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

Przemysł jest głównym źródłem emisji rtęci do wód. Bezpośrednia emisja z przemysłu chemicznego i niezależnie od zakładów eksploatowanych oczyszczalni tego przemysłu wyniosła 1,10 ton Hg, a pośrednia emisja z tych źródeł - 0,26 ton Hg rocznie.

Dla wszystkich raportowanych zakładów przemysłowych:

- emisja z dużych i średnich zakładów przemysłowych razem z oczyszczalniami ścieków przemysłowych - bezpośrednia (1,40 ton) i pośrednia (0,27 ton), razem 1,67 ton,
- emisja ze składowisk odpadów przemysłowych, innych niż niebezpieczne - pośrednia 0,23 ton,

Zrzuty rtęci do wody z małych zakładów przemysłowych, szpitali, praktyki dentystycznej i od ludności zostały ujęte w:

- emisji z oczyszczalni ścieków komunalnych w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców - bezpośrednia 1,07 ton.

Dane o emisjach dla kolejnych lat zawiera Krajowy Rejestr Uwalniania i Transferu Zanieczyszczeń (PRTR, 2010).

1.5. Emisja do wód i gleby ze składowisk odpadów komunalnych.

Ilość rtęci trafiającej na składowiska odpadów komunalnych z produktów zawierających rtęć wprowadzonych na rynek polski w 2008r. została oszacowana za pomocą metody Kindbom i Munthe (2007) i przedstawiona w raporcie z etapu I. Dla przyjętych założeń oszacowano:

- ilość rtęci trafiającą na składowiska odpadów w ciągu pierwszego roku (3,73 ton),
- potencjalne stopniowe uwalnianie się rtęci (4,84 ton) z produktów trafiających na składowiska odpadów w ciągu 10 lat.

Dane o emisjach dla poszczególnych grup produktów zawiera tabela 5.

Tabela 5. Ilość rtęci trafiająca na składowiska odpadów komunalnych w Polsce z użytkowania produktów zawierających rtęć wprowadzonych na rynek w 2008r. (Panasiuk i in., 2009).

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 RTĘCI	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

Odpady produktów trafiających na składowiska odpadów są źródłem potencjalnego uwalniania się rtęci do wód i gleby. Według danych dla woj. mazowieckiego (WIOŚ Warszawa, 2009) 80% odpadów komunalnych unieszkodliwionych w 2008r. trafiło na

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

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 mogą być nie przystosowane do usuwania metali ciężkich. Problemem jest także zagospodarowanie lub spalanie osadów ściekowych zawierających metale ciężkie.

1.6. Potrzeba weryfikacji krajowej inwentaryzacji emisji rtęci.

Najnowszy raport IOŚ (2010) zawiera korektę inwentaryzacji emisji rtęci do powietrza z procesów przemysłowych i spalania paliw w sektorze mieszkaniowym dla 2007r. oraz inwentaryzację dla 2008r., patrz tabela 6. Zostały utrzymane wskaźniki emisji wprowadzone w inwentaryzacjach dla lat 2005-2007 (IOŚ, 2009a,b,c). Korekta inwentaryzacji dla 2007r. wynika z korekty danych o aktywnościach (wielkości produkcji).

Tabela 6. Emisja rtęci do powietrza z procesów przemysłowych w Polsce wg korekty inwentaryzacji emisji dla 2007r. oraz inwentaryzacji dla 2008r. (IOŚ, 2010).

Kod SNAP97	Sektor	korekta inwentaryz. dla roku 2007 (kg/rok)	inwentaryz. dla roku 2008 (kg/rok)
	CAŁKOWITA EMISJA		
	- razem ze spalaniem odpadów komunalnych	16116,4	15687,0
	- bez spalania odpadów komunalnych	16068,2	15642,1
01	PROCESY SPALANIA W SEKTORZE PRODUKCJI I TRANSFORMACJI ENERGII	9206,7	8807,6
01 01	Elektrownie i elektrociepłownie węglowe (zawodowe)	8304,6	7913,2
01 02	Ciepłownie (rejonowe, komunalne i przemysłowe)	761,5	785,5
01 04	Przemiany paliw stałych	43,3	0,4
01 05	Kopalnictwo surowców energetycznych	61,3	108,5
02	PROCESY SPALANIA W SEKTORZE KOMUNALNYM I MIESZKANIOWYM	1261,5	1362,4
02 01	Ciepłownie sektora usług (razem z małymi ciepłowniami)	223,0	229,7
02 02	Gospodarstwa domowe	876,4	950,8
02 03	Rolnictwo, leśnictwo i inne	162,1	181,9
03	PROCESY SPALANIA W PRZEMYŚLE	4737,4	4630,8
03 01	Spalanie w kotłach, turbinach gazowych i silnikach (bez ciepłowni przemysłowych)	377,1	201,3
03 02	Procesy spalania bez kontaktu	1120,7	1123,3
03 03 04	Pierwotna produkcja ołowiu	240,2	257,7
03 03 05	Pierwotna produkcja cynku	1016,3	1033,4
03 03 06	Pierwotna produkcja miedzi	51,8	49,3
03 03 08	Wtórna produkcja cynku	0,6	0,6

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

03 03 11	Produkcja cementu	1900,0	1927,2
03 03 14	Produkcja szkła płaskiego	30,8	38,0
04	PROCESY PRODUKCYJNE	862,6	841,3
04 02 01	Produkcja koksu dla przemysłu metali żelaznych	305,0	294,9
04 02 06	Stalownie konwertorowo-tlenowe	6,2	5,2
04 02 07	Piece elektryczne	443,3	450,2
04 02 09	Spiekanie	69,5	63,1
04 04 13	Produkcja chloru metodą rtęciową	38,6	27,9
09	ZAGOSPODAROWANIE ODPADÓW	48,2	44,9
09 02 01	Spalanie odpadów komunalnych	48,2	44,9

Niższa emisja rtęci do powietrza została oszacowana przez IOŚ (2010) dla produkcji chloru metodą rtęciową (z 254,2 kg średniorocznie dla lat 2005-2007 do 27,9 kg w 2008r.). Emisja z przemian paliw stałych zbliżyła się do zera, wyższa emisja dla pierwotnej produkcji cynku. Znacząco zwiększyła się emisja z pierwotnej produkcji cynku: z 769,7 do 1033,4 kg.

Zawartość rtęci w polskich węglach

Wielkość krajowej emisji rtęci z procesów przemysłowych wymaga weryfikacji. Wydaje się, że emisja z elektrowni i elektrociepłowni spalających węgiel kamienny (5,8 - 6,3 ton Hg w latach 2005-2008) jest zawyżona. Najnowsze badania wskazują na mniejszą zawartość rtęci w polskich węglach kamiennych niż w węglach brunatnych.

Rtęć jest naturalnym składnikiem zanieczyszczającym, obecnym w węglu, gdzie występuje w kilku formach. Większość związków rtęci w węglu (65-70%) występuje w połączeniu z siarką, najczęściej pirytem. Pozostała ilość rtęci występuje z popiołem mineralnym i frakcją organiczną w węglu. Zaawansowane techniki oczyszczania paliwa pozwalają zmniejszyć udział rtęci w węglu o 30-60%.

Zawartość rtęci w paliwach stałych jest zróżnicowana. Minimalne zawartości rtęci w węglu kamiennym są niższe od zawartości w węglu brunatnym. Wartości raportowane dla Europy wykazują, że stężenie rtęci w węglach kamiennych wynosi 10-1500 ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$), podczas gdy dla węgla brunatnych podawane jest 20-1500 ppb (Pacyna i Pacyna, 2005). Dane dotyczące zawartości rtęci w polskich węglach są również zróżnicowane. Przegląd danych o stężeniach rtęci w paliwach zawierają prace Hławiczki (2008) oraz Głodek i Pacyny (2009).

Wyniki badań Bojakowskiej i Sokołowskiej (2001) dla 150 próbek węgla wykazały średnie stężenia rtęci w węglach kamiennych na poziomie 85 ppb oraz w węglach brunatnych - 322 ppb, patrz tabela 7. Najwyższą zawartość rtęci zanotowano: dla węgla kamiennych ze złóż górnośląskich - 758 ppb (kopalnia Halemba), ze złóż lubelskich - 561 ppb (kopalnia Bogdanka) oraz dla węgla brunatnych - 1030 ppb (kopalnia Bełchatów). Średnia zawartość rtęci w węglach brunatnych jest 4-krotnie wyższa od średniej dla węgla kamiennych (Bojakowska i in., 2010).

Inne dostępne dane wykazują, że średnia zawartość rtęci w polskim węglu kamiennym wynosi 141 ppb (Bojarska, 2006). Najniższą zanotowaną zawartość rtęci dotyczyła węgla z kopalni Piekary (62 ppb), zaś najwyższa - kopalni Knurów (302 ppb). Wyniki badań Wojnar i Wisz (2006) nad zawartością rtęci w węglach spalanych w elektrowniach na terenie Polski wykazały stężenia dla węgla kamiennego w zakresie 53-141 ppb (średnio 100 ppb) oraz dla

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

węgla brunatnego: 117-370 ppb (średnio 250 ppb). Badaniami objęto 800 próbek węgla pochodzących z kilkunastu elektrowni na terenie Polski, pobranych podczas pomiarów ciepłych kotłów energetycznych.

Tabela 7. Średnia zawartość rtęci w polskim węglu kamiennym i brunatnym.

(Bojakowska i Sokołowska, 2001)		(Bojarska, 2006)		(Wojnar i Wisz, 2006)	
zagłębnie/ złoże	ppb	kopalnie	ppb	elektrownie	ppb
węgiel kamienny					
<i>średnia</i>	85	<i>średnia</i>	141	<i>średnia</i>	100
górnosląskie	60	Piekary	62	nr 1	64 - 100
- Krupiński	13	Wieczorek	104	nr 2	97 - 141
- Jas-Mos	37	Staszic	113	nr 3	84 - 120
- Silesia	49	Wesoła	113	nr 4	53 - 92
- Brzeszcze	73	Murcki	145	nr 5	100 - 105
- Jaworzno	106	Mysłowice	151	nr 6	93 - 132
- Halemba	113	Wujek	163	nr 7	66 - 109
lubelskie	105	Knurów	302	nr 8	54 - 124
dolnosląskie	399			nr 9	56 - 90
węgiel brunatny					
<i>średnia</i>	322			<i>średnia</i>	250
Lubstów	199			nr 10	172 - 283
Kazimierz	202			nr 11	117 - 370
Koźmin	216				
Turów	225				
Adamów	401				
Bełchatów	416				

Zakresy stężeń na podstawie tych badań podają Pye i in. (2006) oraz Olkuski (2007): 50-150 ppb dla węgla kamiennego oraz 120-370 ppb dla węgla brunatnego. Podobnie badania Konieczynskiego i Zajusz-Zubek (2007) wykazały, że rtęć występuje w węglu kamiennym w niższym stężeniu (133-238 ppb) niż w węglu brunatnym z Bełchatowa (122-420 ppb).

Odmienne są wyniki uzyskane przez Mniszka i Zielonkę (1995) dla 180 oznaczeń rtęci w węglu kamiennym i 25 oznaczeń w węglu brunatnym. Uzyskano zakresy stężeń: w węglach kamiennych 95-615 ppb (średnio 196 ppb) oraz w przypadku węgla brunatnych 80-205 ppb (średnio 120 ppb). Równie wysoki był poziom stężeń rtęci w węglach kamiennych używanych w paleniskach domowych, jakie uzyskali w swoich badaniach Hławiczka i in. (2001b): 123-396 ppb.

Alternatywne obliczenia emisji rtęci z energetyki

Większość przedstawionych wyżej źródeł wskazuje, że stężenie rtęci w polskich węglach brunatnych jest wyższe niż w węglach kamiennych z polskich złóż. Istnieje zatem potrzeba

weryfikacji wskaźników emisji metali ciężkich stosowanych w krajowych inwentaryzacjach emisji IOŚ. Jest to istotne dla przyjęcia właściwego stanowiska Polski w negocjacjach nad światową konwencją rtęciową.

Przegląd wartości wskaźników emisji stosowanych od 1999r. został przedstawiony w raporcie z etapu I. Stosowane obecnie wskaźniki emisji pochodzą w przeważającej części z 2002r. Wówczas to Hławiczka (2001) dokonał weryfikacji stosowanych wskaźników i zaproponował nowe w celu uwzględnienia instalacji odsiarczania spalin. Dotyczyło to emisji rtęci z procesów spalania węgla kamiennego i brunatnego w elektrowniach i elektrociepłowniach zawodowych (SNAP 0101) oraz ciepłowniach rejonowych (grupa SNAP 0102).

Dla inwentaryzacji emisji metali ciężkich w latach 2005-2006 IOŚ (2009a,b) przeprowadził rekalkulację. Między innymi został obniżony wskaźnik emisji rtęci dla produkcji cementu (SNAP 030311) z 0,490 do 0,112 g/tonę produkcji (kg/Gg) i w efekcie raportowana emisja z tego sektora spadła z 6,2 do 1,4-1,9 ton rtęci rocznie. Zastosowano także nowe obniżone wskaźniki emisji rtęci dla 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 utrzymany w inwentaryzacjach dla lat 2007-2008 (IOŚ, 2009c, 2010).

Biorąc pod uwagę niższą zawartość rtęci w polskich węglach kamiennych (0,05-0,20 g/t) wykazywaną w najnowszej literaturze, istnieje potrzeba weryfikacji wskaźników emisji rtęci z energetyki. Wskaźnik emisji po zastosowaniu metod jej kontroli 0,0064 g/GJ odpowiada emisji 0,11-0,19 g rtęci na tonę węgla (110-190 ppb). Nie jest zatem widoczna redukcja emisji ze spalania węgla o wykazywanej obecnie średniej zawartości rtęci 50-150 ppb.

Poradnik GIOŚ (2007b) proponuje wskaźnik emisji CORINAIR dla kotłów >50 MW wyposażonych w odpylacz i odsiarczanie spalin na poziomie 0,02 – 0,08 g/t dla wszystkich rodzajów węgla. Przyjmując 80% redukcję emisji rtęci możliwe jest osiągnięcie wskaźników emisji:

- 0,01-0,04 g/t dla węgla kamiennego,
- 0,02-0,08 g/t dla węgla brunatnego.

Przyjmując powyższe średnie wartości emisji i zużycie paliw na produkcję energii elektrycznej, emisja w 2005r. wyniosłaby:

- z elektrowni i elektrociepłowni zawodowych spalających węgiel kamienny - 0,8 ton rocznie (40 mln ton węgla rocznie x 0,02 g/t),
- z elektrowni i elektrociepłowni zawodowych spalających węgiel brunatny - 3,0 ton rocznie (60 mln ton węgla rocznie x 0,05 g/t).

W efekcie raportowana emisja z energetyki wyniosłaby ok. 4 zamiast 8 ton rtęci rocznie. Zawyżenie raportowanej emisji rtęci do powietrza z Polski nie jest pożądane dla naszego kraju w negocjacjach nad światową konwencją rtęciową.

W analizach należy wziąć pod uwagę także rosnący import węgla kamiennego, który może mieć inną zawartość rtęci. W 2008r. import węgla po raz pierwszy w historii przekroczył wielkość polskiego eksportu. W 2009r. importowano 10 mln ton, w tym 7 mln ton węgla z Rosji, a reszta z USA, Kolumbii i Czech. Według importerów import węgla w 2010r. wyniesie maksymalnie 7-8 mln ton (4-5 mln ton węgla energetycznego oraz 3 mln ton węgla koksowego). Rosyjski węgiel kontraktowany przez polskie elektrownie ma niską zawartość siarki.

2. Nowe wymagania prawne.

Niniejszy rozdział przedstawia przepisy prawne wprowadzane i projektowane do wprowadzenia w Polsce po roku 2008, których celem jest przeciwdziałanie lub redukcja emisji rtęci i pyłu. Część rtęci ze spalania paliw emitowana jest w postaci gazowej. W wyniku spalania paliw stałych rtęć uwalniana jest także wraz z frakcją pyłów. Rtęć w spalinach odlotowych adsorbuje na cząsteczkach pyłu, których część zatrzymywana jest przez urządzenia odpylające, a reszta emitowana do powietrza.

2.1. Wytyczne BAT dla instalacji

Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001r. Prawo ochrony środowiska (Dz. U. Nr 62, poz. 627 z późn. zm.) wprowadziła obowiązek uzyskania pozwoleń zintegrowanych, przy spełnieniu wymagań ochrony środowiska wynikających z najlepszych dostępnych technik (*Best Available Techniques, BAT*).

Ustawa z dnia 18 maja 2005r. o zmianie ustawy – Prawo ochrony środowiska oraz niektórych innych ustaw (Dz. U. Nr 113, poz. 954) określa, że najlepsze dostępne techniki powinny być zgodne z BAT opisanymi w dokumentach referencyjnych BREF (*BAT Reference Document*), publikowanych przez Komisję Europejską (wdrożenie dyrektywy IPPC nr 96/61/WE). Przegląd najlepszych dostępnych technologii z dokumentów BREF dla redukcji emisji z procesów przemysłowych do powietrza i wód zawiera raport z etapu II (Panasiuk i in., 2010).

Zgodnie z *Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 26 lipca 2002r. w sprawie rodzajów instalacji mogących powodować znaczne zanieczyszczenie poszczególnych elementów przyrodniczych albo środowiska jako całości (Dz. U. Nr 122, poz. 1055)* pozwolenia zintegrowanego (stosowania najlepszych dostępnych technik) wymagają m.in. wymienione poniżej sektory, analizowane w raportach MERCYPOL z etapu I i II (Panasiuk i in., 2009; 2010):

- w przemyśle energetycznym - prowadzenie instalacji do spalania paliw o mocy cieplnej ≥ 50 MW,
- w produkcji żelaza i stali - prowadzenie instalacji do prażenia lub spiekania rud metali oraz pierwotnego lub wtórnego wytopu surowki żelaza lub stali surowej, w tym do ciągłego odlewania o zdolności produkcyjnej ponad 2,5 tony wytopu na godzinę,
- w produkcji metali nieżelaznych - prowadzenie instalacji do produkcji metali nieżelaznych oraz wtórnego wytopu metali nieżelaznych lub ich stopów powyżej 4 ton wytopu na dobę dla ołowiu i kadmu lub powyżej 20 ton wytopu na dobę dla pozostałych metali,
- w produkcji cementu - prowadzenie instalacji do produkcji klinkieru cementowego w piecach obrotowych o zdolności produkcyjnej ponad 500 ton na dobę,
- w produkcji chloru - prowadzenie instalacji do wytwarzania, przy zastosowaniu procesów chemicznych, podstawowych produktów lub półproduktów chemii organicznej m.in. chloru. Dyrektywa IPPC jest jedynym prawnie obowiązującym instrumentem regulującym stopniowe wycofywanie technologii rtęciowej w krajach UE.
- w przemyśle chemicznym - prowadzenie instalacji do wytwarzania, z zastosowaniem procesów chemicznych, podstawowych produktów lub półproduktów chemii

organicznej i nieorganicznej, nawozów sztucznych na bazie fosforu, azotu lub potasu, środków ochrony roślin lub produktów biobójczych,

- w gospodarce odpadami – prowadzenie instalacji do odzysku lub unieszkodliwiania odpadów innych niż niebezpieczne (>50 t/dobę) i składowania odpadów (>10 t/dobę), oraz do termicznego przekształcania odpadów komunalnych o zdolności przetwarzania ponad 3 tony na godzinę.

Zmiany w dyrektywie IPPC ma wprowadzić nowa dyrektywa o emisjach przemysłowych (*Industrial Emission Directive, IED*). W projekcie dyrektywy zaproponowano rozszerzenie zakresu jej stosowania – patrz rozdział 2.2. Wykaz instalacji podlegających wymogom dyrektywy IPPC zostanie poszerzony o kilka rodzajów instalacji, w tym także o instalacje spalania paliw o mocy cieplnej od 20 MW, co oznacza stosowanie także dla nich wymagań zawartych w BREF-ach. Poszerzenie zakresu stosowania obejmie również m.in. następujące sektory przemysłowe:

- zewnętrzne oczyszczalnie ścieków przemysłowych,
- produkcja chemikaliów stosowanych jako paliwa lub smary,
- produkcja substancji na skalę przemysłową przy użyciu procesów chemicznych lub biologicznych,
- nowe rodzaje działalności w gospodarce odpadami - w unieszkodliwianiu lub odzyskiwaniu odpadów innych niż niebezpieczne, o wydajności przekraczającej 50 ton dziennie: obróbka wstępna odpadów przeznaczonych do współspalania, obróbka żużlu i popiołów, obróbka złomu.

2.2. Standardy emisyjne

Obowiązujące standardy emisyjne z instalacji

Standardy emisyjne z instalacji dla wprowadzania do powietrza SO₂, NO_x i pyłów dla energetyki oraz gazów i pyłów dla instalacji spalania i współspalania odpadów określa *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2005r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji (Dz. U. Nr 260, poz. 2181)* - wdrożenie dyrektyw 2000/76/WE (duże źródła spalania) i 2001/80/WE (spalanie odpadów). Rozporządzenie weszło w życie w dniu 1 stycznia 2006r. Wymagane poziomy emisji pyłów określone są w zależności od rodzaju działalności, terminu oddania instalacji do eksploatacji oraz wielkości źródła emisji. Generalnie im wyższa nominalna moc cieplna źródła, tym bardziej restrykcyjne standardy emisyjne. Poniżej zostały przedstawione wymagania prawne dla emisji pyłów.

Jako *źródło* określa się stacjonarne urządzenia techniczne, w których następuje proces spalania paliw w celu wytworzenia energii. Standardy emisyjne pyłu ze *źródeł istniejących* podaje załącznik nr 1 pkt. III do rozporządzenia. Są to źródła emisji, dla których pierwsze pozwolenie na budowę lub odpowiednik tego pozwolenia wydano przed 1 lipca 1987r. Standardy emisyjne dla tych źródeł podaje tabela 8.

Dla niektórych źródeł wprowadzono derogacje, w zakresie:

- pyłu - w okresie od 1 stycznia 2008r. do 31 grudnia 2017r. (lub krócej, jeżeli zostało to indywidualnie określone) dla 29 ciepłowni wymienionych w załączniku nr 1 pkt IV.3. rozporządzenia,

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

- dwutlenku siarki i pyłu - w okresie od 1 stycznia 2008r. do 31 grudnia 2010r. (lub krócej, jeżeli zostało to indywidualnie określone) dla 77 elektrowni, elektrociepłowni i ciepłowni wymienionych w załączniku nr 1 pkt IV.4 rozporządzenia.

Tabela 8. Standardy emisyjne pyłu ze źródeł istniejących.

Nominalna moc cieplna źródła w MW	Standardy emisyjne pyłu w mg/m ³ _u , przy zawartości 6% tlenu w gazach odlotowych				
	Źródła istniejące oddane do użytkowania przed 29 marca 1990r.			Źródła istniejące oddane do użytkowania po 28 marca 1990r.	
	Źródła objęte derogacją	od 01.01.2007 do 31.12.2015	od 01.01.2016	do 31.12.2015	od 01.01.2016
Węgiel kamienny					
< 5	700	700	200	630	200
5-50	400	400 ¹⁾	100	400	100 ²⁾
50-500	350	100 ⁴⁾	100	100	100
≥ 500	350	50 ^{4,5)}	50 ⁵⁾	50 ⁵⁾	50 ⁵⁾
Węgiel brunatny					
< 5	700	700	200	630	200
5-50	400	400 ¹⁾	100	400	100 ²⁾
50-500	225	100 ⁴⁾	100	100	100
≥ 500	225	50 ^{4,5)}	50 ⁵⁾	50 ⁵⁾	50 ⁵⁾

Objaśnienia:

- ¹⁾ standard emisyjny pyłu ze źródeł, które oddano do użytkowania przed 29 marca 1990r., dla których prowadzący takie źródła zobowiązał się w pisemnej deklaracji, złożonej właściwemu organowi ochrony środowiska nie później niż do 30 czerwca 2004r., że źródło będzie użytkowane nie dłużej niż do 31 grudnia 2015r., a czas jego użytkowania w okresie od 1 stycznia 2007r. do 31 grudnia 2015r. nie przekroczy 20 000 godzin, wynosi w okresie od 1 stycznia 2007r. do 31 grudnia 2015r. 700 mg/m³_u, przy zawartości 6% tlenu w gazach odlotowych,
- ²⁾ standard emisyjny pyłu ze źródeł wymienionych w załączniku nr 1 pkt IV.3. rozporządzenia wynosi, do czasu określonego w tym punkcie, 400 mg/m³_u, przy zawartości 6% tlenu w gazach odlotowych,
- ⁴⁾ wartości obowiązują od 1 stycznia 2008r.,
- ⁵⁾ dla źródeł, w których spalane jest paliwo stałe posiadające w stanie roboczym: wartość opałową mniejszą niż 5 800 kJ/kg, zawartość wilgoci większą niż 45% wagowych, łączną zawartość wilgoci i popiołu większą niż 60% wagowych i zawartość tlenu wapnia większą niż 10%, standard emisyjny wynosi 100 mg/m³_u, przy zawartości 6% tlenu w gazach odlotowych.

Dla źródeł istniejących (tabela powyżej) większe odstępstwa od standardów emisyjnych możliwe są dla instalacji objętych derogacjami, maksymalnie do końca 2017r. Dla źródeł o mocy cieplnej < 5 MW bardziej restrykcyjne wymagania dotyczą źródeł oddanych do użytkowania po 1990r. Od 2016r. dodatkowemu obniżeniu poziomu emisji pyłu podlegają instalacje o mocy cieplnej < 50 MW.

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

Standardy emisyjne pyłu ze źródeł nowych podają kolejne załączniki. Załącznik 2 pkt. III do rozporządzenia dotyczy źródeł, dla których wniosek o wydanie pozwolenia na budowę złożono po 1 lipca 1987r., ale przed 27 listopada 2002r. i źródła te zostały oddane do użytkowania nie później niż 27 listopada 2003r. Standardy emisyjne dla tych źródeł podaje tabela 9.

Tabela 9. Standardy emisyjne pyłu ze źródeł nowych, dla których wniosek o wydanie pozwolenia na budowę złożono przed dniem 27 listopada 2002r.

Nominalna moc cieplna źródła w MW	Standardy emisyjne pyłu w $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{u}}$, przy zawartości 6% tlenu w gazach odlotowych					
	Źródła oddane do użytkowania przed 29 marca 1990r.		Źródła oddane do użytkowania po 28 marca 1990r., dla których decyzję o pozwoleniu na budowę			
			wydano przed 7 października 1998r.		wydano po 6 października 1998r.	
	do 31.12.2015	od 1.01.2016	do 31.12.2015	od 1.01.2016	do 31.12.2015	od 1.01.2016
Węgiel kamienny						
< 5	700	200	630	200	630	200
5-50	400	100	400	100	400	100
50-500	100	100	100	100	50	50
≥ 500	50	50	50	50	50	50
Węgiel brunatny						
< 5	630	200	630	200	630	200
5-50	400	100	400	100	400	100
50-500	100	100	100	100	50	50
≥ 500	50	50	50	50	50	50

Dla źródeł z lat 1987 - 2002 (tabela powyżej) o mocy cieplnej < 5 MW bardziej restrykcyjne wymagania dotyczą źródeł oddanych do użytkowania po 1990r. W przypadku instalacji o mocy 50-500 MW dotyczy to źródeł oddanych do użytkowania po 1998r.

Od 2016r. dodatkowemu obniżeniu poziomu emisji pyłu podlegają instalacje o mocy cieplnej < 50 MW. Dla wszystkich źródeł sprzed 2002r. o mocy ≥ 500 MW, za wyjątkiem instalacji objętych derogacją, standardy emisyjne pyłu są takie same do 2015r. oraz od 2016r. i wynoszą $50 \text{ mg}/\text{m}^3_{\text{u}}$.

Standardy emisyjne pyłu ze źródeł nowych, dla których wniosek o wydanie pozwolenia na budowę złożono po dniu 26 listopada 2002r., lub które zostały oddane do użytkowania po dniu 27 listopada 2003r. podaje załącznik nr 3 pkt III do rozporządzenia w sprawie standardów emisyjnych z instalacji. Standardy emisyjne dla tych źródeł podaje tabela 10.

Tabela 10. Standardy emisyjne pyłu ze źródeł nowych, dla których wnioski o wydanie pozwolenia na budowę złożono po dniu 26 listopada 2002r.

Nominalna moc cieplna źródła w MW	Standardy emisyjne pyłu w $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{u}}$, przy zawartości 6% tlenu w gazach odlotowych
	Źródła nowe, dla których wnioski o wydanie pozwolenia na budowę złożono po dniu 26 listopada 2002r.
Paliwa stałe	
< 50	100
50-100	50
> 100	30

W stosunku do źródeł z lat 1987-2002 wymienionych w tabeli 9, dla źródeł po 2002r. (tabela 10) bardziej restrykcyjne standardy emisyjne dotyczą źródeł o mocy cieplnej powyżej 100 MW i poniżej 5 MW. Dla źródeł o mocy 5 - 100 MW od początku obowiązują standardy, które dla źródeł z tabeli 9 będą obowiązywać dopiero po 2016r.

Rozporządzenie określa także dopuszczalne stężenie rtęci $0,05 \text{ mg Hg}/\text{m}^3_{\text{u}}$ w gazach odlotowych ze spalania i współspalania odpadów. Wartość dopuszczalnego stężenia rtęci została podana dla instalacji spalania odpadów (załącznik nr 5 do rozporządzenia), pieców do produkcji klinkieru cementowego, w którym współspalane są odpady (załącznik nr 6 pkt II.1), oraz innych instalacji, w których współspalane są odpady (załącznik nr 6 pkt II.3).

Projekt rozporządzenia z 7 stycznia 2009r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji, zmienia niektóre przepisy zawarte w obowiązującym rozporządzeniu w sprawie standardów emisyjnych z instalacji. Zmiany te polegają głównie na doprecyzowaniu wymagań dotyczących emisji lotnych związków organicznych, jak również doprecyzowaniu przepisów dotyczących spalania paliw i odpadów dotyczących rozruchu i zatrzymywania instalacji, spalania w źródłach wielopaliwowych, przerw w dostawach paliw o małej zawartości siarki, uznawania standardów emisji za dotrzymane, warunków wstrzymywania podawania odpadów do instalacji spalania.

W projekcie rozporządzenia z 2009r. standardy emisyjne pyłu ze źródeł nowych, dla spalania paliw stałych, nie uległy zmianie. Rozszerzeniu uległ zapis dotyczący standardu emisyjnego dla źródeł o mocy < 5 MW, wynoszący $700 \text{ mg}/\text{m}^3_{\text{u}}$, który w projekcie rozporządzenia dotyczy łącznego spalania oprócz węgla kamiennego także biomasy (Załącznik nr 2, pkt III).

Dyrektywa o emisjach przemysłowych

Zmiany w standardach emisyjnych ma wprowadzić nowa dyrektywa o emisjach przemysłowych (*IED, Industrial Emission Directive*). Jest to połączenie dyrektywy IPPC nr 96/61/WE oraz dyrektyw dotyczących dużych źródeł spalania (2000/76/WE) i spalania odpadów (2001/80/WE). Projekt dyrektywy IED został przedstawiony przez Komisję Europejską w grudniu 2007r. W dniu 7 lipca 2010r. Parlament Europejski przyjął dyrektywę, która oczekuje na decyzję Rady Europejskiej (do końca września nie uzyskała akceptacji). Jej wymagania mają zacząć obowiązywać od 1 stycznia 2016r.

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

Istotne zmiany dla kategorii dużych źródeł spalania (*Large Combustion Plants*) dotyczą kwalifikacji źródeł spalania. W nowej dyrektywie każde źródło spalania jest traktowane osobno i każde z tych źródeł jest przedmiotem wymagań w zakresie standardów emisyjnych. Dyrektywa o emisjach przemysłowych proponuje nowe podejście, które w umowny sposób można określić jako „źródło emisji = komin”, co ze względu na fakt, że standardy emisyjne są tym ostrzejsze, im wyższa jest moc instalacji spalania, powoduje podniesienie wymagań w zakresie standardów emisyjnych (Wasilewski, 2010).

Według tekstu dyrektywy przyjętego przez Parlament Europejski zaostrzeniu ulegają standardy emisyjne dla SO₂, NO_x i pyłów wraz z wymogiem prowadzenia ciągłych pomiarów stężenia tych zanieczyszczeń dla źródeł o mocy od 100 MW. Proponowane zmiany dotyczące standardów emisyjnych dla spalania paliw stałych, z załącznika V, zaprezentowano w tabeli 11.

Tabela 11. Dopuszczalne wielkości emisji dla pyłu dla kotłów wykorzystujących paliwa stałe wg tekstu dyrektywy o emisjach przemysłowych przyjętego przez Parlament Europejski.

Nominalna moc cieplna źródła w MWc	Dopuszczalne wielkości emisji pyłu w mg/Nm ³	
	Instalacje spalania o których mowa w art. 30 ust. 2 dyrektywy*	Instalacje spalania o których mowa w art. 30 ust. 3 dyrektywy**
Węgiel kamienny i brunatny		
50-100	30	20
100-300	25	20
> 300	20	10

Objaśnienia:

* - instalacje spalania, zawierające warunki zapewniające, że emisje do powietrza z tych obiektów nie przekraczają wielkości emisji ustanowionych w załączniku V, część 1 dyrektywy. Dotyczy to instalacji, które otrzymały pozwolenie lub złożyły kompletny wniosek przed dniem określonym w art. 72, ust. 2 dyrektywy (1 stycznia 2016r.), bez uszczerbku dla zobowiązań państw członkowskich dotyczących terminów przeniesienia do prawa krajowego i zastosowania obowiązujących dyrektyw.

** - pozostałe instalacje spalania, nie ujęte w (*), zawierające warunki zapewniające, że emisje do powietrza z tych obiektów nie przekraczają wielkości emisji ustanowionych załączniku nr V, część 2 dyrektywy.

Wprowadzono wymóg, aby co najmniej raz w roku przeprowadzać pomiary emisji rtęci całkowitej dla źródeł opalanych węglem. Ponadto dyrektywa o emisjach przemysłowych utrzymuje stężenie rtęci 0,05 mg Hg/Nm³ dla spalania odpadów (załącznik nr VI, część 3, pkt 1.3) oraz współspalania odpadów (załącznik nr VI, część 4, pkt 2.2 i 3.3).

Według tekstu dyrektywy przyjętego przez Parlament Europejski państwa członkowskie zachowały możliwość wydłużenia okresów przejściowych lub ustanowienia łagodniejszych

limitów emisji przemysłowych. W art. 32 uwzględnione zostały postulaty Polski wydłużające okresy przejściowe dla dużych instalacji spalania do 30 czerwca 2020r. Dotyczy to źródeł poniżej 500 MW, dla których pierwsze pozwolenie wydano przed 27 listopada 2002r. Dla instalacji tych muszą być przygotowane przejściowe plany krajowe z pułapem rocznych emisji. Zgodnie z art. 33 starsze elektrownie i elektrociepłownie uzyskują zwolnienie z przestrzegania dopuszczalnych limitów emisji pod warunkiem, że zostaną wyłączone z eksploatacji do końca 2023r. lub po przepracowaniu 17 500 godzin funkcjonowania po 1 stycznia 2016r. Poza tym zgodnie z art. 35 ciepłownie o mocy cieplnej poniżej 200 MW mogą być zwolnione do końca 2022r. z przestrzegania dopuszczalnych wielkości emisji, jeśli co najmniej 50% produkcji ciepła użytkowego instalacji dostarczanych jest do publicznej sieci ciepłowniczej. Dla wszystkich grup dopuszczalne wielkości emisji pyłu nie mogą być wyższe od obowiązujących 31 grudnia 2015r., w szczególności zgodnie z wymogami dyrektyw 2001/80/WE (spalanie odpadów) i 2008/1/WE (ujednolicona wersja dyrektywy IPPC nr 96/61/WE).

Ze względu na bardzo rygorystyczne wymagania, jakie stawiał projekt dyrektywy z 2007r., w przypadku wejścia w życie jej postanowień, konieczne byłoby zmniejszenie średnio o połowę norm emisji dwutlenku siarki, tlenków azotu oraz pyłów z około tysiąca zakładów na terenie kraju, co w wielu przypadkach oznaczałoby konieczność budowania nowych zakładów, w miejsce starych. Projekt dyrektywy nie zakładał okresu przejściowego dostosowania starszych zakładów oraz pracujących mniej niż 20 tys. godzin rocznie do jej zapisów. Jedynie zakłady ciepłownicze, które przynajmniej połowę swojej produkcji dostarczają dla mieszkańców, miały dostać okres przejściowy na dostosowanie się do nowych norm do 2019r.

Szacunki Ministerstwa Środowiska wykazywały, że dotychczasowe inwestycje przemysłu, mające na celu dostosowanie się do przepisów ochrony powietrza UE to 7,7 mld euro do 2016r., a po uwzględnieniu projektu dyrektywy IED suma ta wzrastałaby do 20,2 mld euro. Projekt dyrektywy sprawiłby, że nie byłoby możliwe spalanie węgla bez wysoko sprawnych instalacji odsiarczania, odazotowania i odpylania spalin (Kozmana, 2010).

2.3. Standardy imisyjne.

W zakresie standardów imisyjnych podstawę prawną w Unii Europejskiej stanowiła dotychczas dyrektywa 96/62/WE w sprawie ustalania i zarządzania jakością powietrza (dyrektywa ramowa) oraz wydane na jej podstawie dyrektywy-córki regulujące standardy imisyjne dla poszczególnych substancji. Dyrektywa ta została zastąpiona przez dyrektywę 2008/50/WE. Wspomniane unijne dyrektywy i prawodawstwo krajowe podają następujące poziomy lub wartości stężeń pyłu i rtęci w otaczającym powietrzu:

- *poziomy/wartości dopuszczalne* (dla PM10 i PM2,5) - zawartość substancji w powietrzu ustalona w celu unikania, zapobiegania lub ograniczania szkodliwego oddziaływania na ludzkie zdrowie i/lub środowisko jako całość, który powinien być osiągnięty w założonym terminie i nie być przekraczany w czasie późniejszym. W przypadku PM10 wartości są identyczne dla terenu uzdrowisk i obszarów ochrony uzdrowiskowej oraz pozostałej części kraju,
- *górne i dolne progi oszacowania* (dla PM10 i PM2,5) - oznaczają procentową część poziomu dopuszczalnego substancji w powietrzu. Stosowane są jako podstawa klasyfikacji

stref, sporządzanych na potrzeby systemu oceny jakości powietrza, dla określenia przekroczeń danej substancji. W przypadku, gdy dostępna jest wystarczająca liczba danych przekroczenia górnego i dolnego progu oszacowania określone są na podstawie stężeń w ciągu poprzednich pięciu lat. Próg oszacowania uznaje się za przekroczony, jeżeli został przekroczony przynajmniej w ciągu 3 odrębnych lat w okresie poprzednich 5 lat.

- *poziomy alarmowe* (dla PM₁₀) – poziomy, których nawet krótkotrwałe przekroczenie może powodować zagrożenie dla zdrowia ludzi. Są to wartości progowe informowania społeczeństwa o ryzyku wystąpienia przez trzy kolejne doby niekorzystnych skutków zdrowotnych,

- *wartości odniesienia* (dla PM₁₀ i rtęci) - wyrażane jako poziomy substancji w powietrzu, zróżnicowane dla terenu kraju, obszarów parków narodowych, obszarów ochrony uzdrowiskowej. Stanowią kryterium uwzględniane przy wydawaniu pozwoleń na wprowadzanie gazów i pyłów do powietrza oraz pozwoleń zintegrowanych,

- *wartości docelowe* (dla PM_{2,5}) - poziomy substancji, które mają być osiągnięte w określonym czasie za pomocą ekonomicznie uzasadnionych działań technicznych i technologicznych,

- *krajowy cel redukcji narażenia* (dla PM_{2,5}) - oznacza procentowe ograniczenie wskaźnika średniego narażenia AEI ludności państwa członkowskiego na działanie ustalone dla roku odniesienia, w celu ograniczenia szkodliwego oddziaływania na zdrowie ludzkie, które należy osiągnąć w miarę możliwości w określonym terminie. Wskaźnik średniego narażenia (*AEI, Average Exposure Indicator*) jest liczony jako 3-letnia średnia krocząca z wartości średnich rocznych uśrednionych dla wszystkich krajowych punktów pomiarowych,

- *pułap stężenia ekspozycji* (dla PM_{2,5}) – oznacza poziom substancji wyznaczony na podstawie krajowej wartości wskaźnika średniego narażenia, w celu ograniczenia szkodliwego wpływu na zdrowie ludzi, który ma być osiągnięty w określonym terminie. Jest to wartość wskaźnika AEI, która nie powinna być przekraczana od 2015r.

Dyrektywa 1999/30/WE podawała wartości dopuszczalne dla pyłu PM₁₀ w otaczającym powietrzu, które powinny być osiągnięte w etapach do 1 stycznia 2005r. oraz do 1 stycznia 2010r., wraz z dolnymi i górnymi progami oszacowania. W dyrektywie 2004/107/WE określono wartości docelowe dla ołowiu, niklu, kadmu i arsenu, w celu unikania i ograniczania szkodliwego oddziaływania na ludzkie zdrowie oraz zapobiegania mu. W dyrektywie tej ustanowiono także referencyjną metodę poboru próbek i analizy zawartości rtęci w otaczającym powietrzu i jej depozycji.

Dyrektywy te zostały wdrożone do polskiego prawodawstwa przez obowiązujące:

- *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 3 marca 2008r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. Nr 47, poz. 281)* – poziomy dopuszczalne pyłu zawieszonego PM₁₀ w powietrzu,
- *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 17 grudnia 2008r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz. U. Nr 5, poz. 31)* – górne i dolne progi oszacowania dla oceny jakości powietrza w strefach,
- *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 stycznia 2010r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. Nr 16, poz. 87)* – wartości

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

odniesienia dla terenu kraju, oznaczenie numeryczne substancji oraz okresy, dla których są uśredniane wartości odniesienia, z wyłączeniem obszarów ochrony uzdrowiskowej.

Standardy imisyjne obowiązujące obecnie w Polsce podaje tabela 12.

Tabela 12. Standardy imisyjne dla pyłu PM10, PM2,5 oraz rtęci i jej związków.

Substancja/parametr	Stężenie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
	Rozporząd. z 3.03.2008 i 17.12.2008	Rozporząd. z 26.01.2010	Dyrektywa 2008/50/WE			
			od 1.01.2005	od 1.01.2010	od 1.01.2015	od 1.01.2020
Pył ogółem						
wartość odniesienia opadu substancji pyłowej rocznie		200 g/m^2				
PM 10						
poziom alarmowy	200					
poziom dopuszczalny:						
- 24-godzinny	50			50		
- w roku kalendarzowym	40			40		
górnny próg oszacowania:						
- 24-godzinny	30			35		
- w roku kalendarzowym	14			28		
dolny próg oszacowania:						
- 24-godzinny	20			25		
- w roku kalendarzowym	10			20		
wartość odniesienia zawartości w powietrzu:						
- 1-godzinna		280				
- w roku kalendarzowym		40				
PM 2,5						
wartość docelowa:						
- w roku kalendarzowym				25		
wartość dopuszczalna:						
- w roku kalendarzowym					25 *	20 **
krajowy cel redukcji narażenia						≤ 18
górnny próg oszacowania						17
dolny próg oszacowania						12
pułap stężenia ekspozycji						20
Hg (suma rtęci i jej związków)						
wartość odniesienia zawartości w powietrzu:						
- 1-godzinna		0,70				
- w roku kalendarzowym		0,04				

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

Oznaczenia:

* Faza 1- margines tolerancji: 20% w dniu 11 czerwca 2008r., zmniejszenia od dnia 1 stycznia następnego roku, a następnie co 12 miesięcy o równe roczne udziały procentowe aż do osiągnięcia 0% w dniu 1 stycznia 2015r.

** Faza 2 - orientacyjna wartość dopuszczalna zostanie zweryfikowana przez Komisję w 2013r. w świetle dalszych informacji na temat skutków dla zdrowia i środowiska, wykonalności technicznej oraz doświadczenia w zakresie wartości docelowej w państwach członkowskich.

W rocznej ocenie jakości powietrza za 2008r. w przypadku pyłu PM10 klasyfikacja stref na pierwszym poziomie (wg parametrów) opierała się na dwóch wartościach kryterialnych: stężeniach 24-godzinnych i średnich rocznych, obowiązujących na obszarze całego kraju (bez odrębnych norm dla uzdrowisk).

Wynikiem oceny było zaliczenie substancji (pyłu PM10), do jednej z klas:

- klasa A - jeżeli stężenia substancji na terenie strefy nie przekraczały poziomów dopuszczalnych,
- klasa C - jeżeli stężenia substancji na terenie strefy przekraczały poziomy dopuszczalne.

Dla pyłu PM10 spośród 170 stref podlegających ocenie w 2008r., w oparciu o stężenia 24-godzinne do klasy A zaliczono 105 stref (62%), a do klasy C z przekroczeniami – 65 stref (38%). Na podstawie stężeń średnich rocznych do klasy A zaliczono 150 stref (88%) i do klasy C zaliczono 20 stref (12%). Nie wyznaczano stref odpowiadających klasie B (PMŚ, 2009).

Liczba stref zaliczonych do klasy C w wyniku oceny opartej na 24-godzinnych stężeniach pyłu jest ponad trzykrotnie większa w porównaniu z liczbą stref uzyskaną na podstawie stężeń średnich rocznych. Podobne relacje obserwowano także w poprzednich latach. Są one wynikiem problemów z dotrzymaniem rygorystycznej normy dla stężeń 24-godz. dla pyłu PM 10 (PMŚ, 2009).

W dniu 11 czerwca 2008 roku weszła w życie *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2008/50/WE z dnia 21 maja 2008r. w sprawie jakości powietrza i czystszej powietrza dla Europy (Dz.U. UE L 152/2008)*, zwana dyrektywą CAFE (Clean Air for Europe), która narzuca niezwykle ostre stężenia dopuszczalne dla drobnych pyłów PM 2,5 i wymusza znaczące ograniczenie narażenia ludności na ich oddziaływanie, patrz tabela 12. W dyrektywie określono nowe normy dla drobnego pyłu zawieszzonego PM2,5 oraz związane z tym wymogi monitorowania. Wartości dopuszczalne i docelowe powinny być przestrzegane w otaczającym powietrzu na całym terytorium, z wyjątkiem miejsc pracy. W dyrektywie określono również wymogi dotyczące oceny w pobliżu źródeł punktowych, aby zagwarantować stosowne poinformowanie na obszarach, gdzie przewiduje się podwyższone poziomy stężenia.

Dyrektywa wymagała wprowadzenia przez państwa członkowskie w życie przepisów niezbędnych do jej wykonania do dnia 11 czerwca 2010r. Nie została dotychczas wdrożona do prawodawstwa polskiego. W celu transpozycji dyrektywy przygotowano projekt ustawy z dnia 28 stycznia 2010r. o zmianie ustawy Prawo ochrony środowiska oraz niektórych innych ustaw.

2.4. Przepisy dotyczące produktów zawierających rtęć.

Baterie i akumulatory

Dopuszczalna zawartość rtęci w bateriach i akumulatorach została określona w przepisach prawnych opisanych w raporcie z etapu I (Panasiuk i in. 2009).

W dyrektywie 2006/66/WE zostały określone docelowe minimalne poziomy zbierania baterii i akumulatorów w Unii Europejskiej:

- 25% poziom zbierania do 2012r.,
- 45% poziom zbierania do 2016r.

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 20% poziom odzysku i recyklingu w 2009r.

Ustawa z dnia 24 kwietnia 2009r. o bateriach i akumulatorach (Dz. U. Nr 79, poz. 666) i *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 3 grudnia 2009r. w sprawie rocznych poziomów zbierania zużytych baterii przenośnych i zużytych akumulatorów przenośnych (Dz. U. Nr 215, poz. 1671)* będące wdrożeniem dyrektywy 2006/66/WE określiły roczne poziomy zbierania w kolejnych latach: w 2010r. - 18%, w 2011r. - 22%, w 2012r. - 25%, w 2013r. - 30%, w 2014r. - 35%, w 2015r. - 40%, w 2016r. i kolejnych latach - 45%.

W 2008r. w systemie selektywnej zbiórki stworzonym przez Organizację Odzysku REBA zebrano 14,5% baterii sprzedanych. Niezbędna jest rozbudowa systemu zbierania, aby osiągnąć wymagane poziomy zbierania.

Roczne sprawozdania o rodzaju, ilości i masie wprowadzonych do obrotu baterii i akumulatorów przenośnych oraz osiągniętych poziomach zbierania dadzą informację o masie baterii guzikowych zawierających rtęć (rtęciowych, odpad 16 06 03* i 20 01 33*), baterii ołowiowych (16 06 01* i 20 01 33*), niklowo-kadmowych (16 06 02* i 20 01 33*), cynkowo-manganowych (alkalicznych, 16 06 04 i 20 01 34), baterii guzikowych nie zawierających rtęci (srebrowych), baterii cynkowo-węglowych, cynkowo-powietrznych oraz pozostałych: litowych, litowo-jonowych, niklowo-wodorkowych (odpad 16 06 05 i 20 01 34) wprowadzonych na polski rynek. Informacja o poziomach zbierania baterii i akumulatorów przenośnych w 2010r. i w kolejnych latach zostanie zawarta w rocznych raportach o funkcjonowaniu gospodarki bateriami i akumulatorami oraz zużytymi bateriami i zużytymi akumulatorami.

Ustawa o bateriach i akumulatorach zobowiązuje także do osiągnięcia min. 50% poziomu wydajności recyklingu zużytych baterii i akumulatorów innych niż kwasowo-ołowiowe i niklowo-kadmowe. Sposoby obliczania zostały określone w drodze rozporządzenia. Dla osiągnięcia poziomu wydajności recyklingu zużytych baterii i akumulatorów innych niż kwasowo-ołowiowe i niklowo-kadmowe potrzebne są zmiany w technologiach przetwarzania oraz modernizacja instalacji. Żadna z istniejących obecnie w Polsce instalacji recyklingu tego typu baterii nie daje możliwości osiągnięcia takiego poziomu wydajności.

Sprzęt oświetleniowy

Dopuszczalna zawartość par rtęci w lampach została określona w przepisach prawnych opisanych w raporcie z etapu I.

Poziomy zbierania określono w *Ustawie z dn. 29 lipca 2005r. o zużyтым sprzęcie elektrycznym i elektronicznym (Dz. U. Nr 180, poz. 1495, z późn. zm.)* będącej wdrożeniem dyrektywy 2002/96/WE. Sprzęt oświetleniowy został objęty przepisami dla sprzętu elektrycznego i elektronicznego oraz zaliczony do grupy nr 5 tego sprzętu.

Ustawa z dnia 21 listopada 2008r. o zmianie ustawy o zużyтым 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 obowiązujące od 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,

Grupa nr 5 rodzaj 1 (oprawy oświetleniowe do lamp fluorescencyjnych nie stosowane w gospodarstwach domowych) nie zostały objęte rocznymi poziomami zbierania.

Według raportu GIOŚ (2010) w 2009r. zebrano 5 119 ton zużytego sprzętu oświetleniowego rodzajów 2-5 przy 2 927 tonach sprzętu wprowadzonego na rynek. Osiągnięty 175% poziom zbierania wynika z porównania masy sprzętu wprowadzonego w latach poprzednich i wycofanego w 2009r. do masy sprzętu wprowadzonego w jednym roku. W 2009r. zebrano także 3 183 ton sprzętu oświetleniowego rodzaju 1 i 6. Raport nie podaje poziomu zbierania samego sprzętu oświetleniowego rodzaju 6. Dla całego sprzętu oświetleniowego (grupa nr 5) osiągnięto 30% poziom zbierania.

Ustawa o zużyтым sprzęcie elektrycznym i elektronicznym zobowiązuje także do osiągnięcia 80% poziomu recyklingu części składowych, materiałów i substancji pochodzących z zużytych lamp wyładowczych. 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.*

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 intencją ustawodawcy żarówki mają być stopniowo zastąpione przez energooszczędne lampy wyładowcze (świelówki kompaktowe). Według harmonogramu wdrażania wymogów ekoprojektu mają być stopniowo wycofane kolejne typy żarówek przezroczystych:

- żarówki o mocy ≥ 65 W (≥ 725 lm) klasy C i niższej – od 1 września 2010r.,

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

- żarówki o mocy ≥ 45 W (≥ 450 lm) klasy C i niższej – od 1 września 2011r.,
- żarówki o mocy ≥ 7 W (≥ 60 lm) klasy C i niższej – od 1 września 2012r.,
- wszystkie żarówki o mocy ≥ 7 W (≥ 60 lm), klasa B – od 1 września 2016r.

Jednocześnie będzie zwiększał się udział kompaktowych lamp fluorescencyjnych (świełówek) o zawartości rtęci mniejszej od 1,23 mg na lampę.

Obowiązujące w Polsce *Rozporządzenie Komisji (WE) nr 245/2009 z dnia 18 marca 2009 r. w sprawie wykonania dyrektywy 2005/32/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla lamp fluorescencyjnych bez wbudowanego statecznika, dla lamp wyładowczych dużej intensywności, a także dla stateczników i opraw oświetleniowych służących do zasilania takich lamp (Dz.U. UE L 76/2009)* wymaga wycofania ze sprzedaży:

- lamp fluorescencyjnych T8 (średnicy 26 mm) z luminoforem halofosforanowym oraz lamp T8 i T5 (śr. 16 mm) mających wskaźnik oddawania barw <80 , od 13 kwietnia 2010r.,
- lamp fluorescencyjnych T10 i T12 (śr. 38 mm) z luminoforem halofosforanowym, od 13 kwietnia 2012r.,
- wysokoprężnych lamp rtęciowych, od 13 kwietnia 2015r.

Obecnie energooszczędne lampy fluorescencyjne o najmniejszej zawartości rtęci zawierają 1,4 mg rtęci na lampę, a lampy dużej intensywności – 12 mg.

Pozostały sprzęt elektryczny i elektroniczny

Zakaz stosowania rtęci w sprzęcie elektrycznym i elektronicznym określono w przepisach prawnych opisanych w raporcie z etapu I.

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 obowiązujące od 2009r. dla:

- wielkogabarytowych urządzeń gospodarstwa domowego (grupa 1) np. mikrofalówek,
- małogabarytowych urządzeń gospodarstwa domowego (grupa 2),
- sprzętu teleinformatycznego i telekomunikacyjnego (grupa 3), np. komputerów,
- sprzętu audiowizualnego (grupa 4),
- narzędzi elektrycznych i elektronicznych, z wyjątkiem wielkogabarytowych stacjonarnych narzędzi przemysłowych (grupa 6), np. narzędzi spawalniczych,
- zabawek, sprzętu rekreacyjnego i sportowego (grupa 7),
- przyrządów do nadzoru i kontroli (grupa 9), np. termostatów, wyłączników i przekaźników.

Wyroby medyczne (grupa 8) i automaty do wydawania (grupa 10) nie zostały objęte rocznymi poziomami zbierania. Grupy te zostały wyłączone z obowiązku osiągnięcia poziomów zbierania, gdyż są to urządzenia, które w większości trafiają do innych odbiorców niż gospodarstwa domowe oraz mają bardzo długą żywotność.

W uzasadnieniu do rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 22 grudnia 2008r. wskazano, że biorąc pod uwagę, że do końca 2008r. Polska musi osiągnąć poziom zbierania 4 kg/mieszkańca/rok zużytego sprzętu pochodzącego z gospodarstw domowych, należy zebrać ok. 152 tys. ton sprzętu gospodarstwa domowego. Spełnienie uchwalonych poziomów zbierania dla 2009r. miało 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.

Według raportu GIOŚ (2010) w 2009r. zebrano 109 tys. ton zużytego sprzętu elektronicznego przy 448 tys. ton sprzętu wprowadzonego na rynek. Masa zebranego sprzętu była dwukrotnie wyższa niż w 2008r., a jednocześnie wprowadzono na rynek o 20% mniej sprzętu. W efekcie średni poziom zbierania sprzętu elektrycznego i elektronicznego wyniósł 23,9%. Wymagany prawnie 24% poziom zbierania przekroczone dla grup 3, 4 i 7. W grupach 1, 2, 6 i 9 poziom zbierania zużytego sprzętu wahał się w przedziale 19-24%, a najniższy był dla grup 8 i 10 bez ustalonych poziomów zbierania.

Z gospodarstw domowych zebrano 103 tys. ton zużytego sprzętu, czyli 2,70 kg w przeliczeniu na 1 mieszkańca. W sytuacji mniejszej masy sprzętu wprowadzonego na rynek (słabszy wzrost gospodarczy) dla osiągnięcia wymaganego ustawą poziomu 4 kg/mieszkańca rocznie niezbędne jest uzyskanie średniego 35% poziomu zbierania zużytego sprzętu. Minister Środowiska został upoważniony do wydania rozporządzenia określającego obligatoryjne roczne poziomy zbierania zużytego sprzętu pochodzącego z gospodarstw domowych.

Ustawa o zużytym sprzęcie elektrycznym i elektronicznym zobowiązuje także do osiągnięcia następujących poziomów:

- dla zużytego sprzętu grup 1 i 10 - 80% poziom odzysku i 75% poziom recyklingu części składowych, materiałów i substancji pochodzących z zużytego sprzętu,
- dla zużytego sprzętu grup 3 i 4 – 75% poziom odzysku i 65% poziom recyklingu,
- dla zużytego sprzętu grup 2, 5, 6, 7 i 9 – 70% poziom odzysku i 50% poziom recyklingu,

Zgodnie z obowiązującym *Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 15 czerwca 2009r. w sprawie sposobów obliczania poziomów odzysku i recyklingu zużytego sprzętu (Dz. U. Nr 99, poz. 837)*:

- poziom recyklingu P_R liczony jest jako masa zużytego sprzętu poddanego recyklingowi (M_R) i przekazanego do ponownego użycia (M_U) do masy zużytego sprzętu zebranego i przekazanego do prowadzącego zakład przetwarzania odpadów (M_Z),
- poziom odzysku P_O liczony jest jako suma M_R , M_U i masy zużytego sprzętu poddanego procesom odzysku innym niż recykling (M_O) do masy M_Z .

Urządzenia kontrolno-pomiarowe

Zakaz wprowadzania do obrotu od 2009r. rtęci w termometrach lekarskich oraz w przeznaczonych do sprzedaży dla konsumentów manometrach, aparatach do pomiaru ciśnienia krwi i barometrach został określony w rozporządzeniu opisanym w raporcie z etapu I.

Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 23 sierpnia 2007r. w sprawie szczegółowego sposobu postępowania z odpadami medycznymi (Dz. U. Nr 162, poz. 1153) określa sposób zbierania odpadów zaliczonych do grupy odpadów specjalnych (w tym termometrów rtęciowych), które powinny zbierać się selektywnie (w żółtych workach) w miejscach ich powstawania.

3. Scenariusz EXEC emisji rtęci do roku 2020.

Scenariusz EXEC (*EXtended Emission Control*, zwiększonej kontroli emisji) jest prognozą kontynuacji rozwoju gospodarczego, zakładającą wdrożenie dyrektyw UE i konwencji międzynarodowych (nowych metod redukcji emisji rtęci). Ze względu na wymagania stawiane przez dyrektywę IPPC nr 96/61/WE oraz dokumenty referencyjne do niej (BREF) oczekiwane jest wprowadzenie najlepszych dostępnych technik (*Best Available Techniques, BAT*) dla zmniejszenia emisji rtęci z procesów przemysłowych. Prognozy emisji w 2020r. dla omawianego scenariusza EXEC w skali globalnej oraz dla regionów świata przedstawione zostały przez Pacynę i in. (2008a).

3.1. Scenariusz EXEC emisji do powietrza z procesów przemysłowych.

Scenariusze emisji rtęci do roku 2020 z zakładanymi działaniami i technologiami redukcji emisji przygotowano w oparciu o podział na sektory zastosowany w projekcie unijnym DROPS (Panasiuk i in., 2006), z uwzględnieniem nowych wymagań prawnych. Prognozy zmian współczynników emisji rtęci wynikają z zapisów rozporządzenia w sprawie standardów emisyjnych z instalacji z 2005r., tekstu dyrektywy o emisjach przemysłowych (IED) przyjętego przez Parlament Europejski oraz danych Strzeleckiej-Jastrząb i in. (2007) dla innych sektorów.

Scenariusz EXEC wykorzystuje oficjalną prognozę zużycia energii w Polsce do 2030r. Poza sektorem spalania paliw i produkcji chloru zostały wykorzystane prognozy produkcji przemysłowej do 2020r. takie jak w scenariuszu status-quo (Panasiuk i in., 2009).

Spalanie paliw

Produkcja energii elektrycznej i ciepła jest dominującym źródłem emisji rtęci z procesów przemysłowych w Polsce. Prognoza zużycia paliw w tym sektorze zawarta jest w „*Polityce Energetycznej Polski do 2030 roku*” (MG, 2009) przyjętej 10 listopada 2009r. przez Radę Ministrów RP. W prognozie tej do 2020r. spodziewany jest 28% spadek zużycia węgla kamiennego i brunatnego do produkcji energii elektrycznej (z 38 do 27 Mtoe rocznie). Węgiel zostanie zastąpiony głównie przez nowe źródła odnawialne i pierwszą elektrownię atomową. Przewidywany 73% udział węgla w strukturze produkcji energii elektrycznej w 2020r. jest znacząco niższy niż w 2006r.

Prognozowane jest także 10% zmniejszenie zużycia węgla w ciepłowniach rejonowych, sektorze mieszkaniowym oraz zakładach przemysłowych (z 19 do 17 Mtoe rocznie). Rosnące zapotrzebowanie na paliwa do celów innych niż produkcja energii elektrycznej będzie zaspokojone przez zwiększone zużycie produktów naftowych i gazu oraz nowe źródła odnawialne.

Dla sektora spalania paliw prognozowane jest wprowadzenie najlepszych dostępnych technik prowadzących do zmniejszenia emisji rtęci zgodnie z dokumentem referencyjnym BREF (*BAT Reference Document*) do dyrektywy IPPC dla dużych obiektów energetycznego spalania (*BREF for Large Combustion Plants*; EC, 2005a). Od 1 stycznia 2016r. zaostrome standardy emisyjne wprowadzają *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2005r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji (Dz. U. Nr 260, poz. 2181)* oraz tekst dyrektywy o emisjach przemysłowych (IED) przyjęty w dniu 7 lipca 2010r. przez Parlament Europejski (patrz rozdziały 2.1 i 2.2).

Przewiduje się stosowanie wstępnych metod redukcji emisji jak wzbogacanie węgla czy w zależności od możliwości, zmianę rodzaju stosowanego paliwa. Prognozuje się również wyposażenie elektrowni węglowych w metody wtórne redukcji emisji w postaci filtrów tkaninowych (FF) oraz odpylaczy elektrostatycznych (ESP) współpracujących z systemami odsiarczania spalin (FGD). Niektóre elektrownie będą wyposażone w równoczesną kontrolę SO₂, NO_x i rtęci (metody katalityczne), w metody niekatalityczne oraz techniki usuwania metali ciężkich (węgiel aktywny, sorbenty impregnowane siarką lub selenem). Zmniejszy się także udział spalania węgla w kotłach pyłowych na rzecz technologii spalania w złożu fluidalnym. Pojawia się demonstracyjne instalacje wychwytu i składowania CO₂ (CCS), takie jak instalacja CCS w elektrowni Bełchatów dla bloku o mocy 858 MW dofinansowana w 2009r. kwotą 180 mln euro z Europejskiego Programu Energetycznego na rzecz Naprawy Gospodarczej (*European Energy Programme for Recovery, EEPR*).

W przypadku małych i średnich źródeł spalania węgla prognozowane jest wypełnienie wymagań rozporządzeń dot. standardów emisyjnych oraz dyrektywy 2008/50/WE (patrz rozdział 2.3). Zostaną wprowadzone programy ochrony powietrza (POP) dla stref oraz lokalne programy ograniczania niskiej emisji (PONE). Zmiana paliwa na gazowe lub olejowe wystąpi w mniejszej liczbie gospodarstw domowych. Częściej będą instalowane wysokosprawne ekologiczne kotły węglowe wraz z kwalifikowanymi paliwami węglowymi (eko-groszek).

Prognozowana dla scenariusza EXEC emisja rtęci z procesów stacjonarnego spalania paliw w 2020r. (*grupy SNAP 01, 02, 0301 i 0302*) wynosi 4,7 ton, co stanowi 60% spadek emisji w tym sektorze w stosunku do roku bazowego.

Produkcja żelaza i stali

W prognozie produkcji tego sektora spodziewany jest 2% wzrost produkcji do 2020r w stosunku do roku bazowego, taki jak w scenariuszu status-quo. Założenie to wynika z prognoz Laplace Conseil dla sektora produkcji stali w Europie bez krajów byłego Związku Radzieckiego.

Najlepsze dostępne techniki BAT dla sektora produkcji żelaza i stali opisane są w dokumencie BREF dla przetwórstwa żelaza i stali (*BREF for Iron and Steel Production*; EC, 2001a). W procesach spiekania zakłada się wprowadzenie systemów mokrych płuczek oraz filtrów tkaninowych z dodatkowym zastosowaniem sorbentów węglowych. Do 2020r. będą zastosowane procesy utleniania katalitycznego. W wielkich piecach do oczyszczania spalin powszechnie stosowane będą płuczki i systemy mokrych elektrofiltrów. Stalownie konwertorowo-tlenowe będą wyposażone we wstępny procesie odpylania w suche elektrofiltry oraz płuczki, a na dalszych etapach odpylania w filtry tkaninowe lub elektrofiltry.

Stalownie z elektrycznymi piecami łukowymi będą wyposażone w odpowiednie systemy zbierania pyłu i odpylanie przez filtry tkaninowe.

Prognozowana dla scenariusza EXEC emisja rtęci w sektorze produkcji żelaza i stali (*grupa SNAP 0402*) wynosi 0,3 ton, co stanowi 60% spadek emisji w tym sektorze w stosunku do roku bazowego.

Produkcja metali nieżelaznych

Scenariusz EXEC dla sektora produkcji metali nieżelaznych został przygotowany w oparciu o założenia prezentowane w projekcie MERSA (Panasiuk i in., 2008). W prognozie dla tego sektora spodziewane jest, że poziom produkcji pozostanie bez zmian w stosunku do roku bazowego. Zmiany współczynników emisji dla tego sektora przyjęto w oparciu o pracę Strzeleckiej-Jastrzab i in.(2007).

Wytyczne dla najlepszych dostępnych technik BAT w produkcji metali nieżelaznych opisane zostały w dokumencie BREF dla tego sektora (*BREF for Non-Ferrous Metals Industries*) (EC, 2001b). W tym scenariuszu, zgodnie z zapisami dyrektywy IPPC spodziewane jest wprowadzenie do 2020r. najlepszych dostępnych technik BAT pozwalających usuwać rtęć z gazów procesowych i zredukować ilość rtęci, jaka powstaje przy produkcji kwasu siarkowego. Dodatkowo stosowane będą filtry tkaninowe o wysokiej skuteczności. W procesach produkcji miedzi zalecane są filtry tkaninowe, w których zastosowano nowoczesne, wysokowydajne materiały o właściwie zaprojektowanej i utrzymanej konstrukcji z systemami sygnalizacji uszkodzenia worków oraz metodami bezpośredniego (automatycznego) ich oczyszczania. W procesach produkcji ołowiu i cynku zalecane jest stosowanie przed instalacjami kwasu siarkowego kombinacji elektrofiltrów suchych, płuczek mokrych, systemu usuwania rtęci i elektrofiltrów mokrych.

Prognozowana dla scenariusza EXEC emisja rtęci w sektorze produkcji metali nieżelaznych (*grupy SNAP 030304 - 030308*) wynosi 0,4 ton, co stanowi 60% spadek emisji w tym sektorze w stosunku do roku bazowego.

Produkcja cementu

W sektorze produkcji cementu wykorzystano prognozy prezentowane w raporcie IPCC (2007). Według tych danych, zgodnie ze scenariuszem A1 zakładającym szybki wzrost ekonomiczny do 2030r., prognozowany jest 6% wzrost produkcji w krajach OECD, co stanowi kontynuację założeń aktywności dla scenariusza status-quo.

Wytyczne dla najlepszych dostępnych technik BAT w produkcji cementu opisane zostały w dokumencie BREF dla przemysłu cementowo-wapienniczego (*BREF for Cement and Lime Manufacturing Industries*; EC, 2001c). W tym scenariuszu zgodnie z zapisami dyrektywy IPPC zakłady będą wyposażone w odpylacze elektrostatyczne i filtry tkaninowe. Stosowane będą techniki ograniczania emisji pyłu (minimalizacja lub zapobieganie emisji nieorganizowanej) oraz systemy filtrów tkaninowych lub elektrofiltrów o budowie modułowej wyposażonych w sygnalizację uszkodzenia worków. W wielu zakładach stosowane będą techniki odsiarczania tj. mokre skrubery. Do 2020r. wiele zakładów będzie wyposażonych w techniki do usuwania metali ciężkich tj. wtrysk węgla aktywnego i odpylanie.

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

Prognozowana dla scenariusza EXEC emisja rtęci w sektorze produkcji cementu (*grupa SNAP 030311*) wynosi 0,7 ton, co stanowi 60% spadek emisji w tym sektorze w stosunku do roku bazowego.

Produkcja chloru

Istotną różnicę w stosunku do roku bazowego oraz scenariusza status-quo stanowi oczekiwane wycofanie technologii rtęciowej w produkcji chloru. Ta technologia nie jest rozpatrywana jako BAT i zgodnie z zapisami decyzji PARCOM nr 90/3 spodziewane było jej całkowite wycofanie do 2010r.

Produkcja chloru z zastosowaniem metody rtęciowej (ogniwo Castnera) jest znaczącym źródłem emisji rtęci. Wycofanie technologii rtęciowej powinno wyeliminować problem emisji rtęci w tym sektorze. Jedynym prawnie obowiązującym instrumentem regulującym stopniowe wycofywanie technologii rtęciowej w krajach UE jest dyrektywa IPPC. W dokumencie BREF dla przemysłu chloro-alkalicznego (*BREF for Chlor-Alkali Manufacturing Industry*; EC, 2001d) elektrolizery rtęciowe oraz technologia przeponowa z wykorzystaniem azbestu nie są uznane za jako techniki BAT. Tylko technologie membranowe oraz bezazbestowe technologie przeponowe są uważane za najlepsze dostępne techniki. W scenariuszu dla tego sektora zakłada się zakończenie produkcji chloru metodą rtęciowa we wszystkich krajach UE.

Dla scenariusza EXEC nie jest prognozowana emisja rtęci z sektora produkcji chloru (*grupa SNAP 040413*).

Emisja z procesów przemysłowych

Wielkość emisji do powietrza z procesów przemysłowych pomniejszono o emisję ze spalania (termicznego przekształcania) odpadów komunalnych (*grupa SNAP 090201*), aby uniknąć podwójnego liczenia tej emisji. Uwzględniona ona została w emisji rtęci do powietrza z użytkowania produktów zawierających rtęć (rozdział 3.2). Wynik prognoz zaprezentowano w tabeli 13.

Tabela 13. Prognoza emisji rtęci do powietrza z procesów przemysłowych w Polsce w 2020r. dla scenariusza EXEC (kg/rok).

Kod SNAP97	Sektor	średnia emisja z lat 2005-2007 (IOŚ, 2009a,b,c) kg/rok	Hg emisja EXEC 2020 kg/rok
	CAŁKOWITA EMISJA		
	- razem ze spalaniem odpadów komunalnych	15795,5	-
	- bez spalania odpadów komunalnych	15748,6	6132,0
01	PROCESY SPALANIA W SEKTORZE PRODUKCJI I TRANSFORMACJI ENERGII	9141,2	2808,4
01 01	Elektrownie i elektrociepłownie węglowe	8144,7	2345,7

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

	(zawodowe)		
01 02	Ciepłownie (rejonowe, komunalne i przemysłowe)	837,2	376,7
01 04	Przemiany paliw stałych	37,7	20,3
01 05	Kopalnictwo surowców energetycznych	121,6	65,7
02	PROCESY SPALANIA W SEKTORZE KOMUNALNYM I MIESZKANIOWYM	1304,2	827,9
02 01	Ciepłownie sektora usług (razem z małymi ciepłowniami)	233,0	104,8
02 02	Gospodarstwa domowe	902,0	608,9
02 03	Rolnictwo, leśnictwo i inne	169,2	114,2
03	PROCESY SPALANIA W PRZEMYŚLE	4284,2	2183,6
03 01	Spalanie w kotłach, turbinach gazowych i silnikach (bez ciepłowni przemysłowych)	475,5	320,9
03 02	Procesy spalania bez kontaktu	1088,9	735,0
03 03 04	Pierwotna produkcja ołowiu	209,8	83,9
03 03 05	Pierwotna produkcja cynku	769,7	307,9
03 03 06	Pierwotna produkcja miedzi	54,4	21,8
03 03 08	Wtórna produkcja cynku	0,6	0,2
03 03 11	Produkcja cementu	1653,8	701,2
03 03 14	Produkcja szkła płaskiego	31,7	12,7
04	PROCESY PRODUKCYJNE	1019,0	312,0
04 02 01	Produkcja koksu dla przemysłu metali żelaznych	283,0	115,5
04 02 06	Stalownie konwertorowo-tlenowe	5,6	2,3
04 02 07	Piece elektryczne	403,4	164,6
04 02 09	Spiekanie	72,8	29,7
04 04 13	Produkcja chloru metodą rtęciową	254,2	0,0
09	ZAGOSPODAROWANIE ODPADÓW	46,9	-
09 02 01	Spalanie odpadów komunalnych	46,9	-

Scenariusz EXEC do 2020r. przewiduje całkowitą emisję rtęci z procesów przemysłowych bez spalania odpadów komunalnych na poziomie 6,1 ton, co stanowi ponad 60% spadek emisji w stosunku do roku bazowego.

3.2. Scenariusz EXEC emisji do powietrza z użytkowania produktów zawierających rtęć

Emisja rtęci do powietrza z użytkowania produktów zawierających rtęć w 2020r. została obliczona z wykorzystaniem modelu dystrybucji i emisji zaproponowanego przez Kindbom i Munthe (2007), patrz raport z etapu I (Panasiuk i in., 2009). Uwzględniono nowe wymagania prawne opisane w rozdziale 2.4 oraz wykorzystano niektóre założenia scenariuszy dla emisji rtęci z Polski z użytkowania produktów zawierających rtęć (Głodek i in., 2010).

Zużycie rtęci

Zużycie rtęci do wytworzenia produktów zawierających rtęć wprowadzonych na rynek polski w 2020r. oszacowano na 5,4 ton. W 2020r. zostanie osiągnięty średni unijny poziom zużycia baterii (11 szt./mieszkańca), ale jednocześnie w ich produkcji oczekiwana jest redukcja

zapotrzebowania na rtęć. Wzrost produkcji bezrtęciowych baterii guzikowych (srebrowych, cynkowo-powietrznych i alkalicznych) spowoduje redukcję zużycia rtęci w tym sektorze o 50% do 2020r. w porównaniu z rokiem bazowym.

W grupie sprzętu oświetleniowego spodziewany jest wzrost zużycia rtęci do produkcji świetlówek kompaktowych przy jednoczesnym spadku zużycia rtęci do produkcji świetlówek liniowych i wysokoprężnych lamp wyładowczych. Wzrośnie udział lamp fluorescencyjnych o niskiej zawartości rtęci (od 1,23 mg rtęci w świetlówce kompaktowej do 12 mg rtęci w świetlówce liniowej dużej intensywności). W efekcie oczekiwane jest utrzymanie poziomu zużycia rtęci do produkcji sprzętu oświetleniowego.

Do 2020r. zmniejszy się zużycie rtęci w sprzęcie elektrycznym i elektronicznym w efekcie wdrożenia prawodawstwa zabraniającego wprowadzania do obrotu sprzętu zawierającego rtęć, za wyjątkiem jednorodnych elementów sprzętu (maksymalnie 0,1% rtęci wagowo) oraz sprzętu oświetleniowego. Oczekiwana jest 55% redukcja zużycia rtęci w tym sektorze w porównaniu z rokiem bazowym.

Również w grupie urządzeń kontrolno-pomiarowych przewidywane jest zmniejszenie zużycia rtęci. Wycofanie ze sprzedaży dla konsumentów urządzeń kontrolno-pomiarowych (termometrów rtęciowych, manometrów, aparatów do pomiaru ciśnienia krwi i barometrów) oraz zaopatrywanie placówek medycznych w urządzenia bezrtęciowe może doprowadzić do zmniejszenia zużycia rtęci w tym sektorze o 70% w perspektywie do roku 2020.

Wymogi legislacyjne stawiane przez UE spowodują ponad 40% spadek zużycia rtęci do wytworzenia wyżej wymienionych grup produktów.

Poziomy zbierania odpadów

Dystrybucję rtęci poprzez wymienione w tabeli 14 (na kolejnej stronie) sposoby uwalniania obliczono przyjmując nowe wskaźniki dystrybucji:

- poziomy zbierania (do recyklingu lub bezpiecznego składowania): baterii i akumulatorów przenośnych - 45%, sprzętu oświetleniowego, pozostałego sprzętu elektrycznego i elektronicznego - po 40% oraz urządzeń kontrolno-pomiarowych - 50%,
- ilość rtęci trafiająca do procesów złomowania stali (sprzętu elektrycznego i elektronicznego) – 1%,
- ilość rtęci w spalanych (unieszkodliwianych termicznie) odpadach komunalnych - 20% strumienia odpadów niesegregowanych,

pozostawiając niezmiennymi wskaźniki dystrybucji dla uwalniania rtęci w wyniku stłuczenia produktów oraz gromadzenia przez społeczeństwo (produkty aktualnie użytkowane lub po okresie użytkowania, ale przed ich usunięciem jako odpady), patrz raport z etapu I.

Założono, że zostanie osiągnięty 45% poziom zbierania baterii wymagany w Unii Europejskiej od 2016r. Przyjęto także prognozę 40% poziomu zbierania zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego. Jest to poziom uzyskany w Niemczech w 2006r.. Gwarantuje on osiągnięcie średniego wskaźnika 4 kg/mieszkańca rocznie selektywnej zbiórki zużytego sprzętu pochodzącego z gospodarstw domowych (gdy w 2009r. do obrotu wprowadzono 12 kg sprzętu/mieszkańca; GIOŚ, 2010). W przypadku wzrostu masy sprzętu elektrycznego i elektronicznego wprowadzanego do obrotu (w Niemczech 22 kg sprzętu/miesz.) przyjęty poziom zbierania dałby średni wskaźnik zbiórki zużytego sprzętu na poziomie 8 kg/mieszkańca rocznie. Założono także, że w mniejszym procencie sprzęt elektryczny i

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

elektroniczny zawierający rtęć będzie poddawany złomowaniu poza wyspecjalizowanymi zakładami przetwarzania.

W przypadku urządzeń kontrolno-pomiarowych przyjęto, że poziom zbierania zużytych produktów sięgnie 50%, co przy 5% poziomie uwolnień rtęci ze zniszczonych urządzeń i 35% poziomie akumulacji urządzeń w społeczeństwie oznacza, że jedynie 10% strumienia rtęci trafi do odpadów niesegregowanych.

Przewiduje się, że w 2020r. będzie działało 10 spalarni (zakładów termicznego przekształcania) odpadów: w Warszawie (wydajność 320 tys. ton odpadów rocznie), w aglomeracji śląskiej, Łodzi, Trójmieście i Krakowie (po 250 tys. ton), w Poznaniu (200 tys. ton), w Szczecinie i aglomeracji bydgosko-toruńskiej (po 180 tys. ton), w Koszalinie (120 tys. ton) oraz w Białymstoku (100 tys. ton). Osiem miast ubiega się o środki z Funduszu Spójności w ramach PO Infrastruktura i Środowisko, Warszawa i Trójmiasto chcą wybudować spalarnie w ramach partnerstwa publiczno-prywatnego, a Olsztyn zrezygnował z budowania spalarni odpadów. Łączna planowana wydajność zakładów termicznego przekształcania odpadów wynosi 2 mln ton rocznie, czyli ok. 20% masy odpadów w Polsce do składowania lub spalania (po selektywnej zbiórce zużytego sprzętu).

Emisja rtęci

Emisję rtęci wyznaczono stosując odpowiednie wskaźniki emisji zaproponowane przez Kindbom i Munthe (2007), patrz raport z etapu I. Uwzględniając wyższe wymagania prawne dla spalania odpadów przyjęto wskaźnik emisji rtęci równy 0,03. W nowych zakładach termicznego przekształcania odpadów komunalnych osiągalna jest 95-99% redukcja emisji rtęci.

Dla scenariusza EXEC oszacowano:

- emisję rtęci do powietrza w pierwszym roku użytkowania produktów wprowadzonych na rynek w 2020r. - 0,07 ton,
- emisję rtęci do powietrza w ciągu pierwszych 10 lat - 0,10 ton.

Tabela 14. Emisja rtęci do powietrza w Polsce z użytkowania produktów zawierających rtęć wprowadzonych na rynek w 2020r. dla scenariusza EXEC.

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	68	101
Baterie	2	4
uszkodzenie produktów zawier. rtęć	0	0
spalanie odpadów komunalnych	1	1
składowanie odpadów komunalnych	1	3
Urządzenia kontrolno-pomiarowe	6	9
uszkodzenie produktów zawier. rtęć	2	3
spalanie odpadów komunalnych	1	1

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

składowanie odpadów komunalnych	3	5
Sprzęt oświetleniowy	33	50
uszkodzenie produktów zawier. rtęć	7	11
spalanie odpadów komunalnych	3	5
składowanie odpadów komunalnych	22	34
Sprzęt elektryczny i elektroniczny	27	38
uszkodzenie produktów zawier. rtęć	1	1
spalanie odpadów komunalnych	2	3
składowanie odpadów komunalnych	12	19
złomowanie stali	12	16

W ciągu pierwszych 10 lat, 3,3 ton rtęci zawartej w produktach zostanie poddana recyklingowi lub bezpiecznie składowana. Pozostałe 2,0 ton Hg trafi na składowiska odpadów komunalnych lub będzie zawarta w produktach pozostających w użyciu, patrz tabela 15.

Tabela 15. Emisja do powietrza, recykling i bezpieczne składowanie oraz pozostałe miejsca zgromadzenia rtęci z użytkowania produktów zawierających rtęć wprowadzonych na polski rynek w 2020r. dla scenariusza EXEC.

	w ciągu pierwszego roku (ton)	w ciągu pierwszych 10 lat (ton)
Emisja do powietrza	0,07	0,10
Recykling i bezpieczne składowanie rtęci	2,49	3,29
Składowanie odpadów komunalnych + rtęć zawarta w produktach pozostających w użyciu	2,84	2,01
RAZEM	5,40	5,40

W rozdziale 3.5 zostały przedstawione dane o ilości rtęci trafiającej z produktami na składowiska odpadów w ciągu 10 lat (1,2 ton Hg). Rtęć ta potencjalnie może stopniowo uwolnić się do wód i gleby.

3.3. Scenariusz EXEC emisji rtęci z praktyki dentystycznej.

Emisja rtęci do powietrza

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.

W scenariuszu EXEC dla 2020r. prognozuje się, że emisja rtęci do powietrza w klinikach i gabinetach dentystycznych zostanie zmniejszona poprzez zastępowanie wypełnień amalgamatowych wypełnieniami z materiałów kompozytowych. Stare wypełnienia amalgamatowe będą usuwane z zastosowaniem separatorów, sprayu wodnego i ssaków.

Separatory umożliwiają prowadzenie w sposób ciągły separacji amalgamatu ze spluwaczki, a także separowania powietrza zasysanego z ust. Pozostałe resztki starych wypełnień i nadmierna ilość amalgamatu przy sporządzeniu nowych wypełnień będą zbierane do szczelnych pojemników z płynem ograniczającym parowanie rtęci.

Zakłada się, że stosowanie amalgamatu stomatologicznego w gabinetach dentystycznych w Polsce będzie skutkowało wprowadzeniem na rynek ok. 6 ton rtęci rocznie - szacunek na podstawie prognoz Maxsona (2007) i EC (2006d). Szacuje się, że z tej masy 20% stanowi dodatkowe zużycie rtęci przy sporządzaniu nadmiernej ilości mieszanki (1,2 ton Hg), która odbierana jako odpad niebezpieczny. Pozostała ilość zużywana jest w 28% na nowe wypełnienia, a 72% jest zastąpieniem poprzednich wypełnień, patrz raport z etapu I. Przenosząc te zależności na rynek polski można założyć, że 1,3 ton Hg jest gromadzonych w społeczeństwie jako nowe wypełnienia, a 3,5 ton Hg zostaje w gabinetach po zastąpieniu poprzednich wypełnień.

Przyjęto także, że w większości gabinetów stosowane będą systemy ssaków i separatorów amalgamatu, co pozwoli zatrzymać 2,1 ton Hg i przekazać jako odpady niebezpieczne. W pozostałych gabinetach, bez systemów separacji, pozostała rtęć z odpadów starego amalgamatu stanowiąca 1,4 ton Hg, będzie w połowie zbierana jako odpad niebezpieczny - kod 18 01 10* i utylizowana (0,7 ton Hg), a w połowie spalana z odpadami zakaźnymi (0,7 ton Hg). Założono, że odpady, które dotychczas były spalane w małych spalarniach i spalarniach szpitalnych trafią do nowych zakładów termicznego przekształcania odpadów z 97% redukcją emisji rtęci. Emisję do powietrza ze spalania odpadów zakaźnych z resztkami amalgamatu oszacowano na 0,02 ton Hg. Jest to istotna redukcja tej emisji, która dla roku bazowego została oszacowana na 1,45 ton przy założeniu 50% redukcji emisji rtęci w spalarniach odpadów zakaźnych.

W przypadku emisji rtęci do powietrza z procesów kremacji zwłok założono, tak jak dla scenariusza status-quo, że ilość zwłok poddawanych procesom kremacji wzrośnie w 2020r. do 10% (ok. 40 tys. zwłok), 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. Przyjmuje się, że 75% ludzi ma wypełnienia amalgamatowe, jednakże stopniowe wymienianie plomb na wypełnienia kompozytowe sprawi, że średnia zawartość rtęci w zwłokach wyniesie 1,8 g.

Przy tych założeniach ilość rtęci, która może uwolnić się z procesów kremacji w 2020r. wynosi 53 kg. Założono, że przepisy nałożone na krematoria pomogą osiągnąć 85% redukcję emisji rtęci. Prognozowana emisja rtęci z procesów kremacji w 2020r. wynosi 8 kg, co stanowi 80% spadek emisji w stosunku do roku bazowego.

Potencjalne uwalnianie się rtęci z wypełnień dentystycznych

Praktyka dentystyczna skutkuje także emisjami do wód i gleby, w wyniku procesów uwalniania się rtęci ze zwłok grzebanych w ziemi. Założono, że ze względu na prognozowany wzrost liczby zwłok poddawanych kremacji (z 5% w roku bazowym do 10% w 2020r.), ilość zwłok grzebanych w ziemi zmniejszy się (do 330 tys. zwłok). Przyjęto także, że 75% ludzi ma wypełnienia amalgamatowe, a średnia zawartość rtęci w zwłokach spadnie do 1,8 g. W efekcie zmniejszy się ilość rtęci zakumulowana w zwłokach.

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

Według Maxsona (2007) 20% rtęci ze zwłok grzebanych w ziemi stopniowo uwalnia się do wód gruntowych, a reszta pozostaje w glebie. Przy tych założeniach do środowiska trafia 0,45 ton Hg, z których 0,09 ton Hg może uwolnić się do wód gruntowych, a reszta pozostanie w glebie.

Podsumowując, dla 2020r. oszacowano:

- roczną emisję rtęci z procesów spalania odpadów amalgamatu (0,02 ton) oraz z wypełnień dentystrycznych w procesach kremacji zwłok (0,01 ton),
- potencjalne stopniowe uwalnianie się rtęci do wód gruntowych ze zwłok (0,09 ton).

3.4. Scenariusz EXEC emisji do wód z procesów przemysłowych.

Ilość rtęci i jej związków uwalnianej do wody z dużych i średnich zakładów przemysłowych oszacowano w oparciu o dane dla roku bazowego 2007 (E-PRTR, 2009; Panasiuk i in., 2009) oraz zmiany współczynników emisji zastosowane w projekcie HEIMTSA (2009) dla scenariusza bazowego, patrz tabela 16.

Tabela 16. Emisja rtęci i jej związków do wody w 2020r. z polskich zakładów przemysłowych ujętych w bazie danych E-PRTR dla scenariusza EXEC.

Kod działalności E-PRTR i rodzaj działalności	Emisja do wody w 2007r. (ton/rok)	
	bezpośrednia	pośrednia
CAŁKOWITA EMISJA RTĘCI DO WODY	1,14	0,23
1. PRZEMYSŁ ENERGETYCZNY	0,04	0,00
2. WYTWARZANIE I PRZETWÓRSTWO METALI	0,07	–
3. PRZEMYSŁ MINERALNY	0,01	–
4. PRZEMYSŁ CHEMICZNY	0,48	0,06
4.a. Podstawowe chemikalia organiczne	0,00	0,06
4.b.- 4.c. Podstawowe chemikalia nieorganiczne lub nawozy sztuczne	0,47	–
5. GOSPODARKA ODPADAMI I ŚCIEKAMI	0,54	0,17
5.c.- 5.d. Instalacje do usuwania odpadów innych niż niebezpieczne (>50t dziennie) i składowiska odpadów (>10t dziennie)	–	0,11
5.f. Oczyszczalnie ścieków komunalnych o wydajności > 100 tys. równoważnej liczby mieszkańców (RLM)	0,49	–
5.g. Niezależnie od zakładów eksploatowane oczyszczalnie ścieków przemysłowych	0,04	0,06

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

Dla scenariusza EXEC oszacowano średnio 54% redukcję emisji rtęci do wody w stosunku do roku bazowego. Według tych prognoz w 2020r. wystąpi:

- emisja do wód z procesów przemysłowych - 0,87 ton,
- emisja do wód z oczyszczalni ścieków komunalnych - 0,49 ton,

razem 1,36 ton.

3.5. Scenariusz EXEC emisji do wód i gleby ze składowisk odpadów komunalnych.

Ilość rtęci trafiającej na składowiska odpadów komunalnych z produktów zawierających rtęć wprowadzonych na rynek polski w 2020r. została oszacowana w rozdziale 3.2. Dla przyjętych założeń oszacowano:

- ilość rtęci trafiającą na składowiska odpadów w ciągu pierwszego roku (0,94 ton),
- potencjalne stopniowe uwalnianie się rtęci (1,22 ton) z produktów trafiających na składowiska odpadów w ciągu 10 lat.

Dane o potencjalnym uwalnianiu się rtęci do wód i gleby ze składowisk odpadów komunalnych, dla poszczególnych grup produktów zawiera tabela 17.

Tabela 17. Ilość rtęci trafiająca na składowiska odpadów komunalnych w Polsce z użytkowania produktów zawierających rtęć wprowadzonych na rynek w 2020r. dla scenariusza EXEC.

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 RTĘCI	938	1 219
Baterie	176	193
Urządzenia kontrolno-pomiarowe	64	86
Sprzęt oświetleniowy	448	605
Sprzęt elektryczny i elektroniczny	250	334

Największa masa rtęci trafiająca na składowiska odpadów pochodzi ze sprzętu oświetleniowego, najmniejsza z urządzeń kontrolno-pomiarowych.

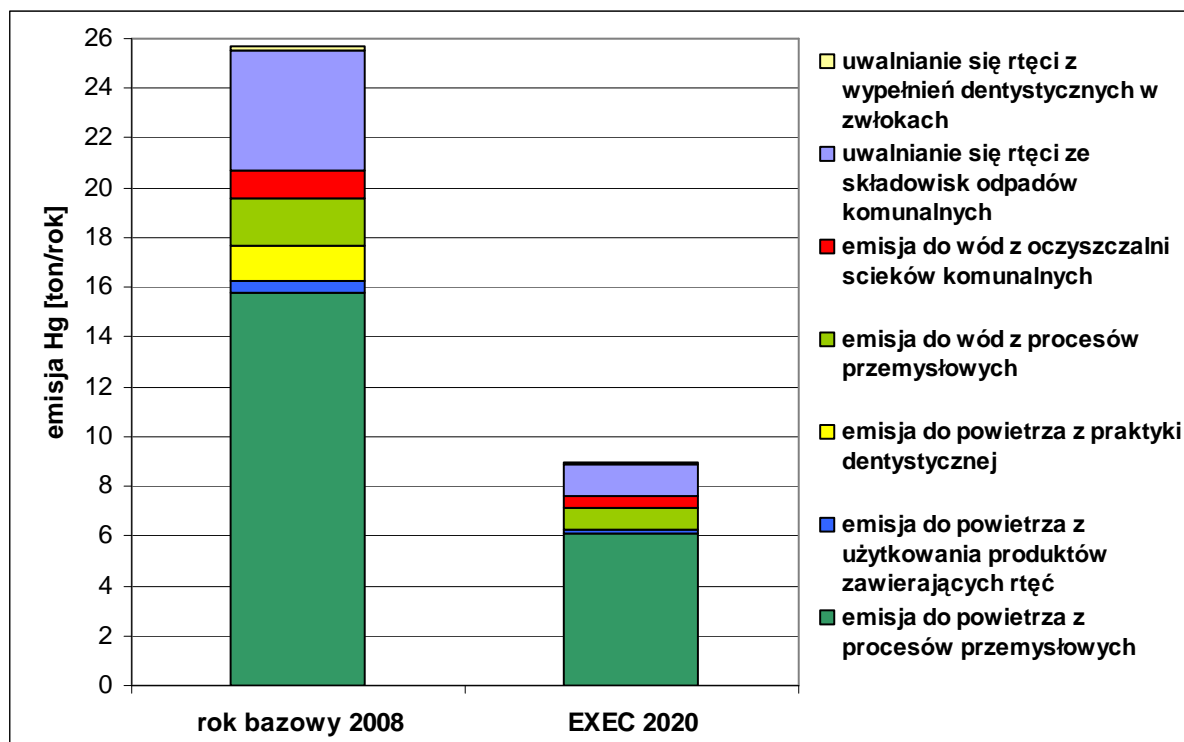
3.6. Prognoza emisji rtęci z Polski w 2020r. dla scenariusza EXEC.

Na podstawie scenariusza EXEC emisji rtęci do powietrza, wód i gleby w Polsce dla roku 2020 można stwierdzić, że największy krajowy problem nadal stanowić będzie emisja do powietrza z procesów przemysłowych (6,1 ton Hg), w tym z energetyki i ciepłownictwa (2,8 ton Hg), patrz rys. 1.

Znacząco zmniejszy się emisja do powietrza z użytkowania produktów zawierających rtęć (0,1 ton Hg). Będzie to spowodowane zmniejszeniem zużycia rtęci do wytwarzania

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

produktów oraz wyższymi poziomami zbierania odpadów tych produktów. Zwiększy się także liczba nowoczesnych spalarni odpadów.



Rys. 1. Emisja rtęci do powietrza, wód i gleby w Polsce dla roku bazowego 2008 i scenariusza EXEC.

Należy przywrócić się kwestii potencjalnego uwalniania się rtęci ze składowisk odpadów komunalnych (1,2 ton Hg z produktów trafiających na składowiska odpadów w ciągu 10 lat). Rtęć ze składowisk odpadów w części będzie odprowadzana do oczyszczalni ścieków komunalnych i w efekcie trafi do wód powierzchniowych, do gleby wraz z osadami ściekowymi lub do powietrza w wyniku spalania tych osadów.

Istotnie zmniejszy się udział emisji rtęci do powietrza ze spalania odpadów starego amalgamatu wraz z odpadami zakaźnymi oraz emisja z procesów kremacji zwłok (łącznie 0,03 ton Hg). Wynikać to będzie ze zmniejszonego zużycia amalgamatu dentystycznego oraz stosowania metod separacji amalgamatu w gabinetach stomatologicznych. Wzrośnie także udział odpadów zakaźnych spalanych we właściwy sposób w nowych zakładach termicznego przekształcania odpadów.

Zauważalna będzie nadal emisja rtęci do wód. Zrzuty ścieków z dużych i średnich zakładów przemysłowych oraz składowisk odpadów przemysłowych będą generować emisję do wód 0,9 ton Hg rocznie. Oczyszczalnie ścieków komunalnych w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców przyczynią się natomiast do emisji 0,5 ton Hg do wód. Potencjalne uwalnianie się rtęci z wypełnień dentystycznych w zgrzebanych zwłokach oszacowano na 0,1 ton Hg.

Wynikiem rocznej działalności gospodarczej i zachowań konsumentów będzie łączna emisja rtęci do środowiska oszacowana na 8,9 ton Hg, co stanowi trzykrotny spadek emisji w

stosunku do roku bazowego. Strumień ten nie obejmuje reemisji rtęci wcześniej zakumulowanej w środowisku.

4. Scenariusz MFTR emisji rtęci do roku 2020.

Scenariusz MFTR (*Maximum Feasible Technical Reduction*) jest prognozą maksymalnej technicznie możliwej redukcji emisji, w której w porównaniu do scenariusza EXEC zostaną zastosowane dodatkowo techniki nakierowane specjalnie na redukcję emisji rtęci. Są to tzw. *emerging techniques* - najnowsze nowo rozwijane technologie, takie jak wysokoefektywne odpylanie połączone z odsiarczaniem spalin oraz wtryskiem sorbentów węglowych lub zastosowaniem węgla aktywnego na złożach filtracyjnych. Wdrożone zostaną także działania zapobiegające powstawaniu emisji rtęci (ograniczanie stosowania rtęci w produktach i jej odzysk oraz zmiany technologiczne w przemyśle).

4.1. Scenariusz MFTR emisji do powietrza z procesów przemysłowych.

Scenariusze MFTR wraz z proponowanymi działaniami i technologiami redukcji emisji rtęci do roku 2020 przygotowano w oparciu o podział na sektory projektu DROPS (Panasiuk i in., 2006) analogicznie do wcześniej przedstawionego scenariusza EXEC. Zmiany współczynników emisji wynikają z proponowanych działań będących kontynuacją dyrektywy o emisjach przemysłowych (IED) oraz danych Strzeleckiej-Jastrząb i in. (2007).

Scenariusz ten wykorzystuje jedną z prognoz zużycia energii przygotowaną przez zespół Międzynarodowej Agencji Energetycznej (IEA, 2010). Dla innych sektorów przemysłu zostały wykorzystane prognozy Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu (IPCC, 2007). Tak jak w scenariuszu EXEC zostanie zaprzestana produkcja chloru metodą rtęciową.

Spalanie paliw

W scenariuszu MFTR prognozuje się, że produkcja energii elektrycznej i ciepła nadal pozostanie dominującym źródłem emisji rtęci z procesów przemysłowych w Polsce. Prognoza zużycia paliw w tym sektorze została oparta na scenariuszu 450 ppm z raportu IEA (2010), zakładającego wdrożenie dodatkowych działań w celu stabilizacji światowego stężenia CO₂ w atmosferze na poziomie 450 części milionowych. W scenariuszu tym spodziewany jest 24% spadek produkcji energii elektrycznej z węgla kamiennego i brunatnego (z 143,4 TWh w 2008r. do 108,6 TWh w 2025r.) przy jednoczesnym wzroście całkowitej produkcji energii. W efekcie w 2025r. przewidywany jest 68% udział węgla w strukturze produkcji energii elektrycznej. Kontynuowane będzie zastępowanie produkcji energii z paliw stałych głównie przez nowe źródła odnawialne (energię wiatrową, słoneczną, wodną i wykorzystanie biomasy) oraz energię atomową. W scenariuszu tym przewidywany jest także 50% spadek zapotrzebowania na energię z węgla poza produkcją energii elektrycznej (z 16,4 Mtoe w 2008r. do 8,2 Mtoe w 2025r.).

Przewiduje się stosowanie wstępnych metod redukcji emisji jak wzbogacanie węgla czy w zależności od możliwości, zamianę rodzaju stosowanego paliwa. Do 2020r. elektrownie będą stopniowo wyposażane w obecnie nowo wprowadzane techniki (*emerging techniques*). W elektrowniach węglowych z kotłami pyłowymi będą stosowane wysokoskuteczne systemy odpylania i odsiarczania oraz równoczesna kontrola SO₂, NO_x i rtęci (metody katalityczne),

jak również metody niekatalityczne. W następnym etapie powszechnie stosowane będą techniki usuwania metali ciężkich (węgiel aktywny, sorbenty impregnowane siarką oraz filtry aktywowane selenem).

Zmniejszy się także udział spalania węgla w kotłach pyłowych na rzecz technologii spalania w złożu fluidalnym i czystych technologii węglowych. Wprowadzana stopniowo technologia zintegrowanego zgazowania paliw (*Integrated gasification combined cycle, IGCC*) pozwoli na pełniejsze wykorzystanie zasobów surowcowych oraz zapewni wysoką skuteczność procesu wraz z niezwykle niskim poziomem zanieczyszczeń.

Przewiduje się, że dwie polskie inwestycyjne dostaną dofinansowanie po 1 mld euro w ramach unijnego Programu Demonstracyjnego CCS (*carbon capture and storage*, wychwytywanie i składowanie CO₂) dla 10-12 instalacji:

- PGE Elektrownia Bełchatów – nowy blok 858 MWe (*post-combustion capture*),
- zeroemisyjny kompleks energetyczno-chemiczny w Kędzierzynie-Koźlu o mocy 309 MWe realizowany przez Zakłady Azotowe Kędzierzyn i Południowy Koncern Energetyczny (*IGCC, pre-combustion capture*).

Do 2015r. planowana jest budowa i uruchomienie instalacji demonstracyjnych. Następnie przewidywane jest testowanie i rozpowszechnianie technologii CCS - wyżej wymienionych oraz wychwytywanie CO₂ po spalaniu w tlenie (*oxy-fuel combustion*) i podziemnego zgazowania węgla kamiennego.

W przypadku małych i średnich źródeł spalania węgla nastąpi szersza zamiana paliwa węglowego na gazowe i olejowe, wykorzystanie odnawialnych źródeł energii (kolektory słoneczne, energia wiatru i biomasa) oraz kompleksowa termomodernizacja budynków. W pozostałych gospodarstwach domowych będą instalowane wysokosprawne ekologiczne kotły węglowe wraz z kwalifikowanymi paliwami węglowymi (eko-groszek).

Prognozowana dla scenariusza MFTR emisja rtęci z procesów stacjonarnego spalania paliw w 2020r. (*grupy SNAP 01, 02, 0301 i 0302*) wynosi 2,0 ton, co stanowi ponad 80% spadek emisji w tym sektorze w stosunku do roku bazowego.

Produkcja żelaza i stali

W prognozie produkcji dla tego sektora wykorzystano prognozy prezentowane w raporcie IPCC (2007). Scenariusz B2 zakłada umiarkowany wzrost populacji, średni poziom rozwoju ekonomicznego i wolniejsze oraz bardziej zróżnicowane zmiany technologiczne niż w scenariuszu A1 szybkiego wzrostu ekonomicznego. Według tego scenariusza do 2030r. prognozowany jest 10% spadek produkcji dla krajów OECD. Odnosząc założenia tego scenariusza dla roku 2020 spodziewany spadek produkcji w tym okresie wyniesie 6%.

W pierwszym etapie wszystkie techniki opisane we wcześniejszym scenariuszu EXEC będą wprowadzone w istniejących piekarniach, wielkich piecach oraz stalowniach konwertorowo-tlenowych. Dodatkowo jako materiał wsadowy w zasadowym procesie tlenowym stosowany będzie złom stalowy o kontrolowanej zawartości rtęci. Do 2020r. będą częściowo wprowadzone nowe techniki produkcji żelaza - głównie technologie redukcyjnego wytapiania żelaza.

Prognozowana dla scenariusza EXEC emisja rtęci w sektorze produkcji żelaza i stali (*grupa SNAP 0402*) wynosi 0,1 ton, co stanowi 80% spadek emisji w tym sektorze w stosunku do roku bazowego.

Produkcja metali nieżelaznych

Scenariusz MFTR dla sektora produkcji metali nieżelaznych został przygotowany w oparciu o założenia prezentowane w projekcie MERSA (Panasiuk i in., 2008). W prognozie dla tego sektora spodziewane jest, że poziom produkcji pozostanie bez zmian w stosunku do roku bazowego. Zmiany współczynników emisji dla tego sektora przyjęto w oparciu o pracę Strzeleckiej-Jastrząb i in.(2007).

Do 2020r. będą powszechnie stosowane najlepsze dostępne techniki BAT dla redukcji emisji rtęci, takie jak wysoko skuteczne metody odpylania. Skuteczność usuwania rtęci może być podwyższana poprzez dodawanie węgla aktywnego do strumienia oczyszczanych gazów. Proponowane jest także stosowanie metod wykorzystujących konwersję chemiczną rtęci i jej związków do usuwania rtęci z gazów procesowych i wytwarzanego kwasu siarkowego, takich jak proces Boliden/Norzink, proces Bolchem, proces Outkumpu. Proponuje się także stosowanie metod niechemicznych (adsorpcyjnych i jonowymiennych), pozwalających zmniejszyć zawartość rtęci w kwasie siarkowym, takich jak proces wymiany jonowej Superlig lub proces z użyciem jodku potasu. Jako przyszłościowe w tym sektorze uważa się także metody z użyciem filtru selenowego i płuczki selenowej.

Prognozowana dla scenariusza EXEC emisja rtęci w sektorze produkcji metali nieżelaznych (*grupy SNAP 030304 - 030308*) wynosi 0,3 ton, co stanowi 70% spadek emisji w tym sektorze w stosunku do roku bazowego.

Produkcja cementu

W sektorze produkcji cementu wykorzystano prognozy prezentowane w raporcie IPCC (2007). Według tych danych, dla scenariusza B2 zakładającego średni poziom rozwoju ekonomicznego do 2030r. prognozowany jest 2% spadek produkcji dla krajów OECD. Odnosząc założenia tego scenariusza dla roku 2020 spodziewany spadek produkcji w tym okresie wyniesie 1%.

W sektorze produkcji cementu wszystkie zakłady wyposażone będą w pierwotne metody redukcji emisji, techniki zmniejszania niezorganizowanej emisji pyłów, techniki odpylania (elektrofiltry i filtry tkaninowe) oraz technologie odsiarczania. Wiele zakładów będzie stosować technologie filtrów z węglem aktywnym. Do 2020r. wszystkie zakłady będą wyposażone w systemy nakierowane na redukcję emisji rtęci. W procesie produkcji chloru, wszystkie procesy rtęciowe będą zastąpione technologią membranową lub innymi technologiami bezrtęciowymi (bezażbestowa technologia przeponowa).

Prognozowana dla scenariusza EXEC emisja rtęci w sektorze produkcji cementu (*grupa SNAP 030311*) wynosi 0,3 ton, co stanowi 80% spadek emisji w tym sektorze w stosunku do roku bazowego.

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

Emisja z procesów przemysłowych

Tak samo jak w scenariuszu EXEC wielkość emisji do powietrza z procesów przemysłowych pomniejszono o emisję ze spalania (termicznego przekształcania) odpadów komunalnych (grupa SNAP 090901), aby uniknąć podwójnego liczenia tej emisji. Uwzględnia się ją w emisji rtęci do powietrza z użytkowania produktów zawierających rtęć. Wynik prognoz zaprezentowano w tabeli 18.

Tabela 18. Prognoza emisji rtęci do powietrza z procesów przemysłowych w Polsce w 2020r. dla scenariusza MFTR (kg/rok).

Kod SNAP97	Sektor	średnia emisja z lat 2005-2007 (IOŚ, 2009a,b,c) kg/rok	Hg emisja MFTR 2020 kg/rok
	CAŁKOWITA EMISJA		
	- razem ze spalaniem odpadów komunalnych	15795,5	-
	- bez spalania odpadów komunalnych	15748,6	2810,8
01	PROCESY SPALANIA W SEKTORZE PRODUKCJI I TRANSFORMACJI ENERGII	9141,2	1334,8
01 01	Elektrownie i elektrociepłownie węglowe (zawodowe)	8144,7	1172,8
01 02	Ciepłownie (rejonowe, komunalne i przemysłowe)	837,2	104,6
01 04	Przemiany paliw stałych	37,7	13,6
01 05	Kopalnictwo surowców energetycznych	121,6	43,6
02	PROCESY SPALANIA W SEKTORZE KOMUNALNYM I MIESZKANIOWYM	1304,2	296,9
02 01	Ciepłownie sektora usług (razem z małymi ciepłowniami)	233,0	29,1
02 02	Gospodarstwa domowe	902,0	225,5
02 03	Rolnictwo, leśnictwo i inne	169,2	42,3
03	PROCESY SPALANIA W PRZEMYSŁE	4284,2	1035,2
03 01	Spalanie w kotłach, turbinach gazowych i silnikach (bez ciepłowni przemysłowych)	475,5	118,9
03 02	Procesy spalania bez kontaktu	1088,9	272,2
03 03 04	Pierwotna produkcja ołowiu	209,8	62,9
03 03 05	Pierwotna produkcja cynku	769,7	230,9
03 03 06	Pierwotna produkcja miedzi	54,4	16,3
03 03 08	Wtórna produkcja cynku	0,6	0,2
03 03 11	Produkcja cementu	1653,8	327,5
03 03 14	Produkcja szkła płaskiego	31,7	6,3
04	PROCESY PRODUKCYJNE	1019,0	143,8
04 02 01	Produkcja koksu dla przemysłu metali żelaznych	283,0	53,2
04 02 06	Stalownie konwertorowo-tlenowe	5,6	1,1

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

04 02 07	Piece elektryczne	403,4	75,8
04 02 09	Spiekanie	72,8	13,7
04 04 13	Produkcja chloru metodą rtęciową	254,2	0,0
09	ZAGOSPODAROWANIE ODPADÓW	46,9	-
09 02 01	Spalanie odpadów komunalnych	46,9	-

Scenariusz MFTR do 2020r. przewiduje całkowitą emisję rtęci z procesów przemysłowych bez spalania odpadów komunalnych na poziomie 3,1 ton, co stanowi 82% redukcję emisji w stosunku do roku bazowego.

4.2. Scenariusz MFTR emisji do powietrza z użytkowania produktów zawierających rtęć.

Zużycie rtęci

Zużycie rtęci do wytworzenia produktów zawierających rtęć wprowadzonych na rynek polski w 2020r. oszacowano na 1,4 ton. Przyjęto, że zostanie wdrożony zakaz stosowania rtęci w bateriach (guzikowych), sprzęcie elektrycznym i elektronicznym poza oświetleniowym oraz urządzeniach kontrolno-pomiarowych (wszystkich urządzeniach stosowanych w placówkach medycznych). Jedynie do produkcji sprzętu oświetleniowego będzie nadal stosowana rtęć, ale jej zużycie zmniejszy się w efekcie zastąpienia produkcji lamp wyładowczych (światłówek i innych) przez urządzenia świetlne nowej generacji (o zmniejszonej zawartości rtęci i lampy diodowe). Działania te spowodują 85% spadek zużycia rtęci do wytworzenia wyżej wymienionych 4 grup produktów.

Poziomy zbierania odpadów i emisja rtęci

Dystrybucję rtęci poprzez wymienione w tabeli 19 sposoby uwalniania obliczono przyjmując wskaźniki dystrybucji założone dla scenariusza EXEC (rozdział 3.2.). Zaproponowano nowy wskaźnik emisji rtęci ze spalania (termicznego przekształcania) odpadów równy 0,01 (99% redukcja emisji rtęci).

Dla scenariusza MFTR oszacowano:

- emisję rtęci do powietrza w pierwszym roku użytkowania produktów wprowadzonych na rynek w 2020r. - 15 kg,
- emisję rtęci do powietrza w ciągu pierwszych 10 lat - 23 kg.

Tabela 19. Emisja rtęci do powietrza w Polsce z użytkowania produktów zawierających rtęć wprowadzonych na rynek w 2020r. dla scenariusza MFTR.

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	15	23
Baterie	0	0
Urządzenia kontrolno-pomiarowe	0	0
Sprzęt oświetleniowy	15	23

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

uszkodzenie produktów zawier. rtęć	4	5
spalanie odpadów komunalnych	1	1
składowanie odpadów komunalnych	11	17
Sprzęt elektryczny i elektroniczny	0	0

W ciągu pierwszych 10 lat, 0,8 ton rtęci zawartej w produktach zostanie poddana recyklingowi lub bezpiecznie składowana. Pozostałe 0,5 ton Hg trafi na składowiska odpadów komunalnych lub będzie zawarta w produktach pozostających w użyciu, patrz tabela 20.

Tabela 20. Emisja do powietrza, recykling i bezpieczne składowanie oraz pozostałe miejsca zgromadzenia rtęci z użytkowania produktów zawierających rtęć wprowadzonych na polski rynek w 2020r. dla scenariusza MFTR.

	w ciągu pierwszego roku (ton)	w ciągu pierwszych 10 lat (ton)
Emisja do powietrza	0,02	0,02
Recykling i bezpieczne składowanie rtęci	0,62	0,83
Składowanie odpadów komunalnych + rtęć zawarta w produktach pozostających w użyciu	0,77	0,55
RAZEM	1,40	1,40

W rozdziale 4.5 zostały przedstawione dane o ilości rtęci trafiającej z produktami na składowiska odpadów w ciągu 10 lat (0,3 ton Hg). Rtęć ta potencjalnie może uwolnić się do wód i gleby.

4.3. Scenariusz MFTR emisji rtęci z praktyki dentystycznej.

Emisja rtęci do powietrza

W scenariuszu MFTR zakłada się, że w 2020r. obowiązywać będzie zakaz stosowania amalgamatu rtęciowego w wypełnieniach dentystycznych. Wymiana pozostałych w społeczeństwie wypełnień amalgamatowych na kompozytowe będzie odbywać się w gabinetach wyposażonych w systemy separacji amalgamatu, które pozwalają na zbieranie odpadów amalgamatu i ich utylizację. Działania te spowodują wyeliminowanie problemu emisji rtęci ze spalania z odpadami zakaźnymi resztek amalgamatu z praktyki dentystycznej.

W przypadku prognoz emisji rtęci do powietrza z procesów kremacji zwłok założono, podobnie jak w scenariuszu EXEC, że liczba zwłok poddawanych procesom kremacji wzrośnie do 40 tys. zwłok. Zakłada się także, że 75% ludzi ma wypełnienia amalgamatowe, jednak dalsze stopniowe wymienianie plomb na wypełnienia kompozytowe sprawi, że średnia zawartość rtęci w zwłokach tych ludzi wyniesie 1,5 g.

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

Przy tych założeniach ilość rtęci, które może uwolnić się z procesów kremacji w 2020r. wynosi 44 kg. Założono, że przepisy nałożone na krematoria pomogą osiągnąć wyższą 95% redukcję emisji rtęci. Prognozowana emisja rtęci z procesów kremacji w 2020r. wynosi 2 kg, co stanowi istotny spadek emisji w stosunku do roku bazowego.

Potencjalne uwalnianie się rtęci z wypełnień dentystycznych

W scenariuszu tym przyjęto podobne założenia jak w scenariuszu EXEC, ze spadkiem średniej zawartości rtęci w zwłokach do 1,5 g. Przy tych założeniach do środowiska trafia 0,37 ton Hg, z których 0,07 ton Hg może uwolnić się do wód gruntowych, a reszta pozostanie w glebie.

Podsumowując, dla 2020r. oszacowano:

- zerową emisję z procesów spalania odpadów amalgamatu oraz roczną emisję rtęci z wypełnień dentystycznych w procesach kremacji zwłok (2 kg),
- potencjalne stopniowe uwalnianie się rtęci do wód gruntowych ze zwłok (74 kg).

4.4. Scenariusz MFTR emisji do wód z procesów przemysłowych.

Ilość rtęci i jej związków uwalnianej do wody z dużych i średnich zakładów przemysłowych oszacowano w oparciu o dane dla roku bazowego 2007 (E-PRTR, 2009; Panasiuk i in., 2009) oraz zmiany współczynników emisji zastosowane w projekcie HEIMTSA (2009) dla scenariusza MFTR, patrz tabela 21.

Tabela 21. Emisja rtęci i jej związków do wody w 2020r. z polskich zakładów przemysłowych ujętych w bazie danych E-PRTR dla scenariusza MFTR.

Kod działalności E-PRTR i rodzaj działalności	Emisja do wody w 2007r. (ton/rok)	
	bezpośrednia	pośrednia
CAŁKOWITA EMISJA RTĘCI DO WODY	0,38	0,08
1. PRZEMYSŁ ENERGETYCZNY	0,01	0,00
2. WYTWARZANIE I PRZETWÓRSTWO METALI	0,02	–
3. PRZEMYSŁ MINERALNY	0,00	–
4. PRZEMYSŁ CHEMICZNY	0,16	0,02
4.a. Podstawowe chemikalia organiczne	0,00	0,02
4.b.- 4.c. Podstawowe chemikalia nieorganiczne lub nawozy sztuczne	0,16	–
5. GOSPODARKA ODPADAMI I ŚCIEKAMI	0,18	0,06

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

5.c.- 5.d. Instalacje do usuwania odpadów innych niż niebezpieczne (>50t dziennie) i składowiska odpadów (>10t dziennie)	–	0,04
5.f. Oczyszczalnie ścieków komunalnych o wydajności > 100 tys. równoważnej liczby mieszkańców (RLM)	0,16	–
5.g. Niezależnie od zakładów eksploatowane oczyszczalnie ścieków przemysłowych	0,01	0,02

Dla scenariusza MFTR oszacowano średnio 85% redukcję emisji rtęci do wody w stosunku do roku bazowego. Według tych prognoz w 2020r. wystąpi:

- emisja do wód z procesów przemysłowych - 0,29 ton,
 - emisja do wód z oczyszczalni ścieków komunalnych - 0,16 ton,
- razem 0,45 ton.

4.5. Scenariusz MFTR emisji do wód i gleby ze składowisk odpadów komunalnych.

Ilość rtęci trafiającej na składowiska odpadów komunalnych z produktów zawierających rtęć wprowadzonych na rynek polski w 2020r. została oszacowana w rozdziale 4.2. Dla przyjętych założeń oszacowano:

- ilość rtęci trafiającą na składowiska odpadów w ciągu pierwszego roku (0,22 ton),
- potencjalne stopniowe uwalnianie się rtęci (0,30 ton) z produktów trafiających na składowiska odpadów w ciągu 10 lat.

Dane o potencjalnym uwalnianiu się rtęci do wód i gleby ze składowisk odpadów komunalnych, dla poszczególnych grup produktów zawiera tabela 22.

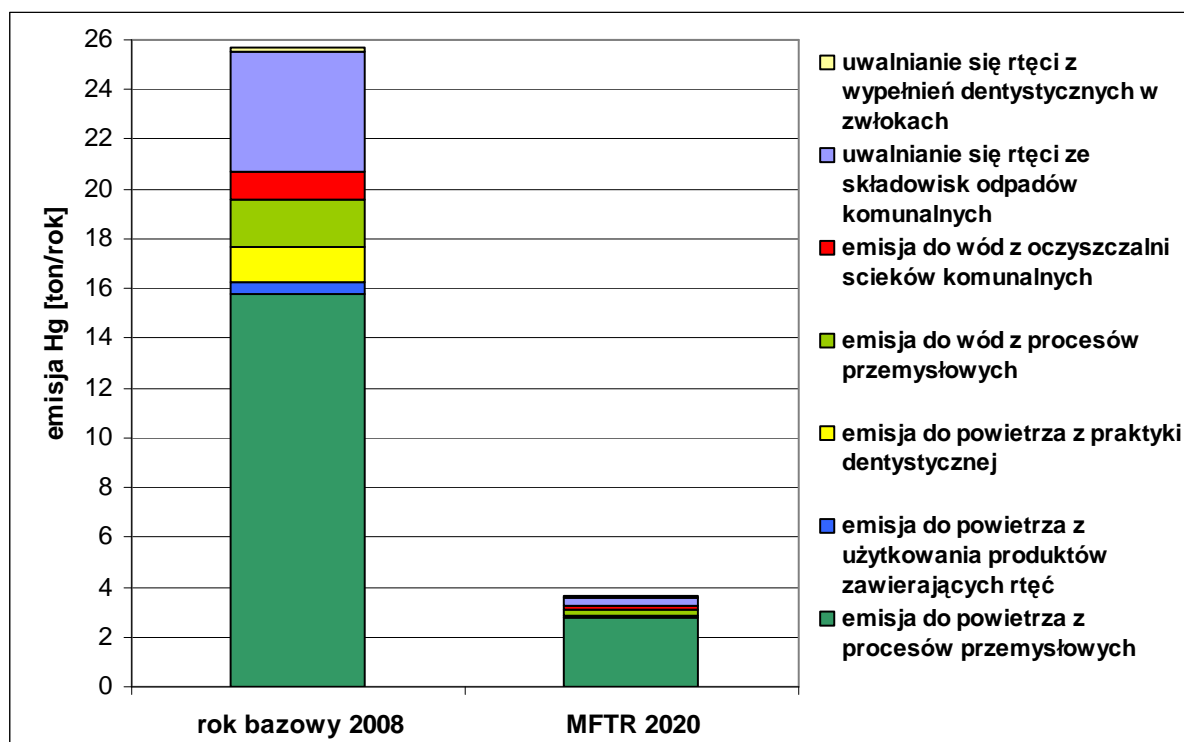
Tabela 22. Ilość rtęci trafiająca na składowiska odpadów komunalnych w Polsce z użytkowania produktów zawierających rtęć wprowadzonych na rynek w 2020r. dla scenariusza MFTR.

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 RTEŃCI	224	302
Baterie	0	0
Urządzenia kontrolno-pomiarowe	0	0
Sprzęt oświetleniowy	224	302
Sprzęt elektryczny i elektroniczny	0	0

Masa rtęci trafiająca na składowiska odpadów pochodzi jedynie ze sprzętu oświetleniowego. Zużycie rtęci do wytworzenia pozostałych grup produktów jest zerowe.

4.6. Prognoza emisji rtęci z Polski w 2020r. dla scenariusza MFTR.

Według prognozy emisja rtęci do powietrza, wód i gleby w Polsce w 2020r. dla scenariusza MFTR podstawowym problemem, pomimo dalszego jej obniżania, pozostanie emisja do powietrza z procesów przemysłowych (2,8 ton Hg), w tym z energetyki i ciepłownictwa (1,3 ton Hg), patrz rys. 2.



Rys. 2. Emisja rtęci do powietrza, wód i gleby w Polsce dla roku bazowego 2008 i scenariusza MFTR.

Pozostałe źródła emisji stanowią będą niewielki udział w strukturze krajowej antropogenicznej emisji rtęci. W przypadku produktów zawierających rtęć niewielkie zużycie rtęci, jedynie do produkcji lamp wyładowczych, spowoduje dalsze obniżenie emisji rtęci do powietrza z użytkowania tych produktów (23 kg Hg). Potencjalne stopniowe uwalnianie się rtęci ze składowisk odpadów komunalnych wyniesie 0,3 ton Hg (z produktów trafiających na składowiska odpadów w ciągu 10 lat).

Zakaz stosowania amalgamatu dentystycznego w wypełnieniach dentystycznych spowoduje wyeliminowanie problemu emisji rtęci ze spalania resztek amalgamatu z odpadami zakaźnymi. Emisję do powietrza z praktyki dentystycznej stanowią będą tylko procesy kremacji zwłok (2 kg Hg).

Zrzuty ścieków z dużych i średnich zakładów przemysłowych oraz składowisk odpadów przemysłowych będą generować emisję do wód 0,3 ton Hg rocznie. Oczyszczalnie ścieków komunalnych w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców przyczynią się natomiast do emisji

0,2 ton Hg do wód. Potencjalne uwalnianie się rtęci z wypełnień dentystycznych w zgrzebanych zwłokach oszacowano na 0,1 ton Hg.

Wynikiem rocznej działalności gospodarczej i zachowań konsumentów będzie łączna emisja rtęci do środowiska oszacowana na 3,7 ton Hg, co stanowi siedmiokrotny spadek emisji w stosunku do roku bazowego.

5. Analiza kosztów i korzyści scenariuszy redukcji emisji metali ciężkich i drobnego pyłu.

Koszty zanieczyszczenia rtęcią dla zdrowia ludzkiego i środowiska zostały oszacowane dla roku bazowego i scenariusza status-quo (SQ) w raporcie z etapu I (Panasiuk i in., 2009). Niniejszy rozdział przedstawia porównanie tych kosztów dla poszczególnych scenariuszy oraz analizę kosztów i korzyści scenariusza EXEC redukcji emisji rtęci, innych metali ciężkich i drobnego pyłu.

5.1. Koszty zanieczyszczenia rtęcią dla poszczególnych scenariuszy.

Scenariusz SQ (status-quo) jest prognozą zakładającą, iż nie będą podejmowane żadne dalsze działania zmierzające do redukcji emisji rtęci. Dla tego scenariusza prognozuje się, że całkowita roczna antropogeniczna emisja rtęci do środowiska w Polsce wzrośnie z 25,7 ton w roku bazowym 2008 do 26,6 ton w 2020r., patrz tabela 23. Wzrost ekonomiczny oraz liczby ludności doprowadzą do wzrostu zużycia energii i produkcji przemysłowej doprowadzając do wzrostu emisji rtęci.

Scenariusz EXEC (zwiększonej kontroli emisji) jest połączeniem działań zorientowanych na redukcję emisji rtęci (nowoczesne technologie oczyszczania gazów spalinowych w przemyśle, spalaniu odpadów komunalnych i zakaźnych, technologie oczyszczania ścieków) oraz strategii przeciwdziałania powstawaniu emisji (zmniejszenie zużycia węgla w energetyce, selektywna zbiórka odpadów produktów zawierających rtęć i spadek zużycia amalgamatu dentystycznego). Dla tego scenariusza prognozuje się, że całkowita roczna antropogeniczna emisja rtęci do środowiska w Polsce spadnie z 25,7 ton w roku bazowym 2008 do 8,9 ton w 2020r.

Tabela 23. Prognozy emisji rtęci dla poszczególnych scenariuszy.

	Emisja rtęci (ton/rok)			
	Rok bazowy 2008	SQ 2020	EXEC 2020	MFTR 2020
SUMA	25,67	26,61	8,93	3,65
Emisja do powietrza	17,70	18,16	6,26	2,83
z procesów przemysłowych	15,75	16,17	6,13	2,81
z użytkowania produktów zawierających rtęć	0,46	0,47	0,10	0,02
z praktyki dentystycznej	1,49	1,52	0,03	0,002

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

Emisja do wód i gleby	7,97	8,45	2,67	0,82
z dużych i średnich zakładów przemysłowych	1,67	1,67	0,76	0,25
ze składowisk odpadów przemysłowych	0,23	0,23	0,11	0,04
z komunalnych oczyszczalni ścieków	1,07	1,07	0,49	0,16
potencjalne uwalnianie się rtęci ze składowisk odpadów komunalnych	4,84	5,33	1,22	0,30
potencjalne uwalnianie się rtęci z wypełnień dentystycznych	0,16	0,15	0,09	0,07

Scenariusz MFTR (maksymalnej technicznie możliwej redukcji emisji) jest najbardziej skupiony na tańszych strategiach przeciwdziałania powstawaniu emisji (zakaz stosowania rtęci w bateriach, sprzęcie elektrycznym i elektronicznym, urządzeniach kontrolno-pomiarowych, a także w praktyce dentystycznej). Dodatkowa redukcja emisji wynika z zastosowania najnowszych nowo rozwijanych technologii. Potencjał redukcji emisji rtęci do powietrza, wód i gleby wynosi 22 tony.

Koszty związane z obniżeniem ilorazu inteligencji IQ

Na całkowite koszty zdrowotne zanieczyszczenia rtęcią składają się m. in. straty związane z obniżeniem ilorazu inteligencji IQ społeczeństwa, w wyniku wchłaniania w okresie ciąży rtęci zakumulowanej w żywności. Tabela 24 przedstawia koszty związane z obniżeniem IQ przy założeniu kosztu krańcowego dla Polski 8.000 euro/kg Hg (Rabl i Spadaro, 2007).

Redukcja emisji rtęci wynikająca ze scenariusza EXEC pozwala zmniejszyć koszty IQ z 821 do 286 mln zł rocznie. W przypadku scenariusza MFTR koszty te mogą spaść do 117 mln zł rocznie.

Tabela 24. Koszty zanieczyszczenia rtęcią związane z obniżeniem ilorazu inteligencji IQ dla poszczególnych scenariuszy.

	Koszty związane z obniżeniem IQ przy założeniu 8 mln euro/t (mln zł/rok)			
	Rok bazowy 2008	SQ 2020	EXEC 2020	MFTR 2020
SUMA	821,44	851,52	285,76	116,86
Emisja do powietrza	566,40	581,12	200,32	90,62
z procesów przemysłowych	504,00	517,44	196,16	89,92

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

z użytkowania produktów zawierających rtęć	14,72	15,04	3,20	0,64
z praktyki dentystycznej	47,68	48,64	0,96	0,06
Emisja do wód i gleby	255,04	270,40	85,44	26,24
z dużych i średnich zakładów przemysłowych	53,44	53,44	24,32	8,00
ze składowisk odpadów przemysłowych	7,36	7,36	3,52	1,28
z komunalnych oczyszczalni ścieków	34,24	34,24	15,68	5,12
potencjalne uwalnianie się rtęci ze składowisk odpadów komunalnych	154,88	170,56	39,04	9,60
potencjalne uwalnianie się rtęci z wypełnień dentystycznych	5,12	4,80	2,88	2,24

Koszt krańcowy dla obniżenia ilorazu inteligencji w wyniku oddziaływania rtęci podawany w literaturze przyjmuje różne wartości od 126 do 12.400 US\$/ kg Hg (Sundseth i in., 2010). Koszt krańcowy 8.000 euro/kg Hg jest średnią światową obliczoną przez Rabla i Spadaro (2007) dla założonego progu bezpiecznego oddziaływania metylortęci na organizm ludzki równego 5,7 µg MeHg/ dzień na osobę. W raporcie Pacyny i in. (2008c) została wykorzystana obliczona dla świata mediana 3.100 euro/ kg Hg = 4.650 US\$/ kg Hg.

Spadaro i Rabl (2008) przy podwyższonym progu bezpiecznego oddziaływania metylortęci (dawka 6,7 µg MeHg/ dzień na osobę), znacznie obniżonym współczynniku straty ilorazu inteligencji (0,036 pkt. IQ/ (µg MeHg/dzień)) oraz podwyższonej wartości IQ (18.000 US\$/ pkt. IQ = 12.000 euro/ pkt. IQ), uzyskali w efekcie światową wartość kosztu krańcowego 1.500 US\$/ kg Hg = 1.000 euro/ kg Hg. Trzykrotne obniżenie oszacowania globalnych kosztów emisji rtęci z procesów przemysłowych zostało przyjęte przez Sundsetha i in. (2010) w porównaniu z raportem Pacyny i in. (2008c).

Dla przyjęcia wartości kosztu krańcowego dla danego kraju można wykorzystać proporcję między PKB danego kraju i PKB światowym wg siły nabywczej. Bazując na wynikach Spadaro i Rabla (2008) można uzyskać koszt krańcowy równy 4.400 euro/ kg Hg dla USA i 1.800 euro/ kg Hg dla Polski. Spadaro i Rabl podają także inną światową wartość kosztu krańcowego 3.400 US\$/ kg Hg = 2.300 euro/ kg Hg, przyjmując brak progu bezpiecznego oddziaływania metylortęci.

Całkowite koszty zdrowotne

Pozostałe koszty zdrowotne są związane z chorobami układu krążenia (nadciśnienie, zawały serca i przypadki przedwczesnej śmierci) oraz nowotworami. W oparciu o wyniki Rae i Grahama (2004) zostały one oszacowane przez Pacynę i in. (2008c) oraz Sundsetha i in. (2010) jako 7 razy wyższe od tych, które związane są tylko z obniżeniem inteligencji

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

(całkowite koszty zdrowotne stanowią 8-krotność kosztów związanych z obniżeniem ilorazu inteligencji IQ).

Redukcja emisji rtęci wynikająca ze scenariusza EXEC pozwala zmniejszyć całkowite koszty zdrowotne z 6,6 do 2,3 mld zł rocznie. Redukcja kosztów zanieczyszczenia rtęcią jest korzyściami społecznymi (*societal benefits*) wynikającą z poprawy jakości środowiska. Dla tego scenariusza korzyści wynoszą 4,3 mld zł rocznie. W przypadku scenariusza MFTR koszty te mogą spaść do 0,9 mld zł rocznie (korzyści 5,6 mld zł rocznie), patrz tabela 25.

Tabela 25. Całkowite koszty zdrowotne zanieczyszczenia rtęcią dla poszczególnych scenariuszy.

	Całkowite koszty zdrowotne zanieczyszczenia rtęcią (mln zł/rok)			
	Rok bazowy 2008	SQ 2020	EXEC 2020	MFTR 2020
SUMA	6 571,5	6 812,2	2 286,1	934,9
Emisja do powietrza	4 531,2	4 649,0	1 602,6	725,0
z procesów przemysłowych	4 032,0	4 139,5	1 569,3	719,4
z użytkowania produktów zawierających rtęć	117,8	120,3	25,6	5,1
z praktyki dentystycznej	381,4	389,1	7,7	0,5
Emisja do wód i gleby	2 040,3	2 163,2	683,5	209,9
z dużych i średnich zakładów przemysłowych	427,5	427,5	194,6	64,0
ze składowisk odpadów przemysłowych	58,9	58,9	28,2	10,2
z komunalnych oczyszczalni ścieków	273,9	273,9	125,4	41,0
potencjalne uwalnianie się rtęci ze składowisk odpadów komunalnych	1 239,0	1 364,5	312,3	76,8
potencjalne uwalnianie się rtęci z wypełnień dentystycznych	41,0	38,4	23,0	17,9

Całkowite koszty zanieczyszczenia rtęcią środowiska

Na całkowite koszty zanieczyszczenia rtęcią środowiska składają się koszty dla zdrowia ludzkiego (obniżenie poziomu IQ i pozostałe efekty zdrowotne) oraz koszty dla środowiska naturalnego (bioakumulacja rtęci w rybach i oddziaływanie rtęci na dzikie zwierzęta spożywające ryby). Korzystając z oszacowania Pacyny i in. (2008c) przyjęto w uproszczeniu

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

(Panasiuk i in., 2009), że całkowite koszty zanieczyszczenia rtęcią środowiska są około 4-krotnie wyższe od kosztów zdrowotnych (koszty dla środowiska naturalnego stanowią 3-krotność kosztów dla zdrowia ludzkiego).

Wynik ten jest ekstrapolacją badań Hagen i in. (1999) w amerykańskim stanie Minnesota na światową populację. Pacyna i in. (2008c) uzyskali średnią globalną gotowość społeczeństwa do zapłaty (*willingness to pay, WTP*) za redukcję emisji rtęci do środowiska równą 24 US\$/osobę rocznie dla scenariusza EXEC i 27 US\$/os. rocznie dla scenariusza MFTR. Korekta Sundsetha i in. (2010) obliczeń kosztów dla środowiska naturalnego nie wydaje się uzasadniona.

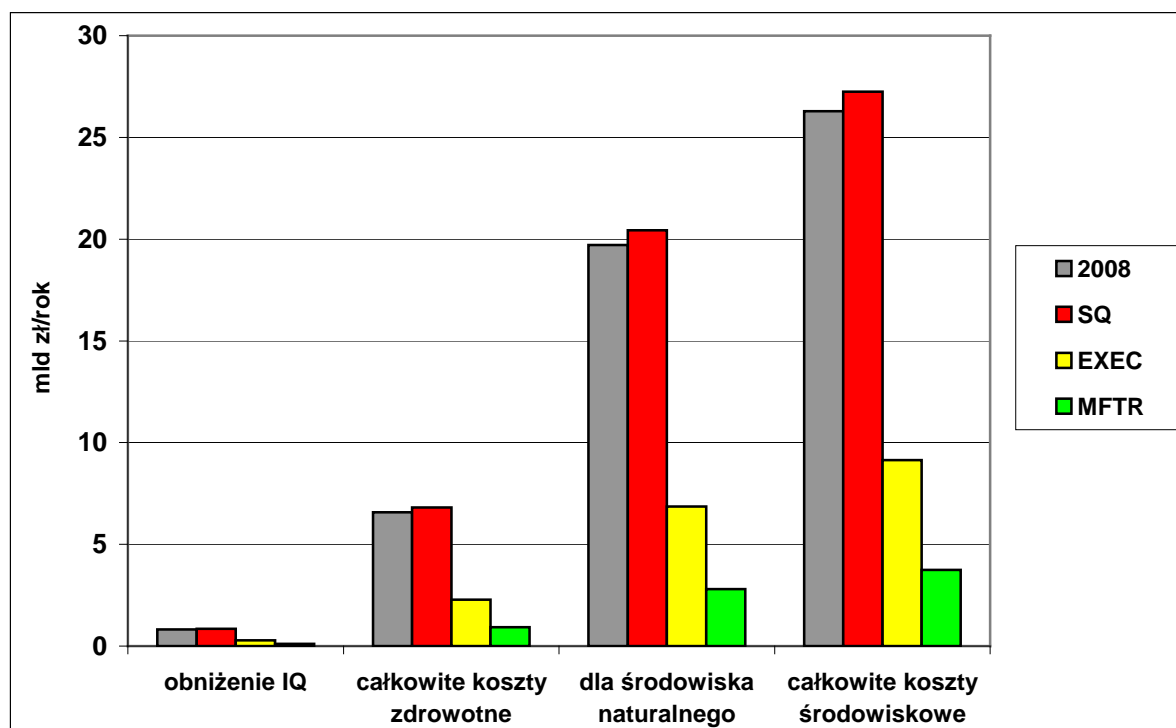
Przyjmując te założenia redukcja emisji rtęci wynikająca ze scenariusza EXEC pozwala zmniejszyć całkowite koszty zanieczyszczenia rtęcią środowiska z 26 do 9 mld zł rocznie. W przypadku scenariusza MFTR koszty te mogą spaść do niecałych 4 mld zł rocznie, patrz tabela 26.

Tabela 26. Całkowite koszty zanieczyszczenia rtęcią środowiska dla poszczególnych scenariuszy.

	Całkowite koszty zanieczyszczenia rtęcią środowiska (mln zł/rok)			
	Rok bazowy 2008	SQ 2020	EXEC 2020	MFTR 2020
SUMA	26 286	27 249	9 144	3 740
Emisja do powietrza	18 125	18 596	6 410	2 900
z procesów przemysłowych	16 128	16 558	6 277	2 877
z użytkowania produktów zawierających rtęć	471	481	102	20
z praktyki dentystycznej	1 526	1 556	31	2
Emisja do wód i gleby	8 161	8 653	2 734	840
z dużych i średnich zakładów przemysłowych	1 710	1 710	778	256
ze składowisk odpadów przemysłowych	236	236	113	41
z komunalnych oczyszczalni ścieków	1 096	1 096	502	164
potencjalne uwalnianie się rtęci ze składowisk odpadów komunalnych	4 956	5 458	1 249	307
potencjalne uwalnianie się rtęci z wypełnień dentystycznych	164	154	92	72

Całkowite koszty zanieczyszczenia rtęcią środowiska zostały przedstawione na rys. 3. Redukcja tych kosztów stanowi korzyści społeczne (*societal benefits*) wynikające z poprawy jakości środowiska. Dla scenariusza EXEC korzyści dla zdrowia ludzkiego wynoszą 4 mld zł rocznie, a dla środowiska naturalnego - 13 mld zł rocznie. Redukcja całkowitych kosztów zanieczyszczenia środowiska wynikających z tego scenariusza wynosi łącznie 17 mld zł rocznie (koszty 26,3 mld zł dla roku bazowego minus koszty 9,1 mld zł w 2020r.).

W przypadku scenariusza MFTR korzyści dla zdrowia ludzkiego wynoszą 6 mld zł rocznie, a dla środowiska naturalnego – 17 mld zł rocznie. Całkowite korzyści środowiskowe redukcji emisji rtęci sięgają 23 mld zł rocznie (26,3 mld zł dla roku bazowego - 3,7 mld zł w 2020r.)



Rys. 3. Całkowite koszty zanieczyszczenia rtęcią środowiska dla poszczególnych scenariuszy.

Dla scenariusza status-quo (SQ) spodziewany jest niewielki wzrost całkowitych kosztów zanieczyszczenia środowiska - 0,7 mld zł rocznie, w efekcie wzrostu prognozowanej emisji rtęci do powietrza, wód i gleby.

5.2. Scenariusz EXEC emisji metali ciężkich i drobnego pyłu z procesów przemysłowych do powietrza.

Analiza kosztów i korzyści dotyczy scenariusza EXEC, dla którego znane są koszty proponowanych instalacji proekologicznych. Techniki wymieniane dla scenariusza MFTR są często na etapie laboratoryjnym i nieznane są ich koszty w skali przemysłowej.

W analizie zostały uwzględnione współkorzyści dla zdrowia ludzkiego z redukcji emisji pyłu i innych metali ciężkich. Dodatkowe korzyści społeczne wynikają z faktu, że celem większości proponowanych technik redukcji emisji rtęci jest odpylanie gazów spalinowych.

Prognozy emisji pięciu metali ciężkich (As, Cd, Hg, Ni, Pb) i drobnego pyłu z krajów europejskich zostały przygotowane w ramach projektu DROPS (Pacyna, 2008). Opracowano wówczas dwa scenariusze redukcji emisji tych zanieczyszczeń do środowiska do 2020r.: *BAU+Climate*, stanowiący odpowiednik scenariusza EXEC niniejszego opracowania, oraz scenariusz MFTR (Panasiuk i in., 2006).

Scenariusz EXEC (*BAU+Climate*) zakłada wdrożenie wszystkich obecnie obowiązujących dyrektyw europejskich i konwencji międzynarodowych. W przypadku każdego z rozpatrywanych zanieczyszczeń zostały wybrane 3-4 główne źródła emisji. Dla wszystkich zanieczyszczeń zostały przygotowane scenariusze redukcji emisji dla dużych źródeł spalania (energetyki), produkcji żelaza i stali oraz cementu. Dodatkowo zostały przygotowane scenariusze dla emisji rtęci z przemysłu chlorowego i emisji ołowiu ze spalania benzyny. Trendy emisji z tych sektorów zostały potem użyte do prognoz emisji z pozostałych sektorów. Scenariusze zostały przygotowane osobno dla grupy krajów UE-27 wraz z kandydującą do członkostwa Chorwacją, pozostałymi członkami Europejskiego Obszaru Gospodarczego (Norwegią, Islandią, Liechtensteinem) i Szwajcarią oraz osobno dla reszty Europy.

W scenariuszu EXEC (*BAU+Climate*) wymagania dla krajów UE-28 +EOG w pierwszym okresie zostały określone przez dyrektywy unijne i konwencje międzynarodowe. Najważniejszy przepis stanowiła dyrektywa IPPC nr 96/61/WE oraz towarzyszące jej wytyczne, opisujące najlepsze dostępne techniki dla poszczególnych gałęzi przemysłu, zawarte w dokumentach referencyjnych BREF. Na podstawie scenariuszy redukcji emisji opracowano prognozy emisji metali ciężkich w Europie do 2020 r. (Strzelecka-Jastrząb i in., 2007). Wartości emisji z Polski z procesów przemysłowych i spalania odpadów wykazywane dla 2008r. (IOŚ, 2010) oraz prognozy emisji zanieczyszczeń objętych analizą kosztów i korzyści przedstawiono w tabeli 27.

Tabela 27. Całkowita emisja metali ciężkich i drobnego pyłu w Polsce do 2020r. (tony/rok).

<i>Zanieczyszczenie</i>	2008 (IOŚ, 2010)	<i>EXEC 2020</i> (Strzelecka-Jastrząb i in., 2007)
As	44	22
Cd	41	14
Hg	16	6
Pb	550	143
PM 2,5	130 687	(50 000)

Prognozy emisji dla Polski dla scenariusza EXEC wykazują 50-80% redukcję emisji metali ciężkich w 2020r. w odniesieniu do roku bazowego. W przypadku emisji drobnego pyłu PM2,5 prognozowany spadek emisji wynosi 60%.

5.3. Koszty scenariusza EXEC redukcji emisji metali ciężkich i pyłu z procesów przemysłowych do powietrza.

Koszty wdrożenia scenariusza EXEC dla powiązanej ze sobą redukcji emisji metali ciężkich (As, Cd, Hg i Pb) oraz drobnego pyłu PM2,5 dla Polski i 3 innych krajów europejskich oszacowali po raz pierwszy Sundseth i in. (2008). Poniżej przedstawione są wyniki

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

szczegółowej analizy kosztów i korzyści korygującej błędy i uproszczenia dla studium przypadku Polski.

Do szacowania kosztów wdrożenia scenariuszy były brane pod uwagę:

- koszty inwestycyjne (stałe) instalacji ekologicznych – koszty te były annualizowane przy założeniu czasu pracy instalacji 15 lat i stopy dyskontowej 4%,
- koszty operacyjne (zmienne) – związane z funkcjonowaniem instalacji (koszty energii elektrycznej, materiałów i obsługi),

Przyjęto dwa okresy realizacji inwestycji proekologicznych: 2005-2015 (spełniające wymogi BAT) oraz po 2015r. (technologie BAT oraz dodatkowe techniki redukcji emisji). Wyniki analizy rocznych kosztów wdrożenia scenariusza EXEC redukcji emisji do powietrza metali ciężkich i drobnego pyłu z procesów przemysłowych i spalania odpadów dla Polski zaprezentowano w tabeli 28.

Tabela 28. Roczne koszty inwestycyjne i operacyjne wdrożenia scenariusza EXEC redukcji emisji metali ciężkich i drobnego pyłu w Polsce do 2020r. (tys. zł).

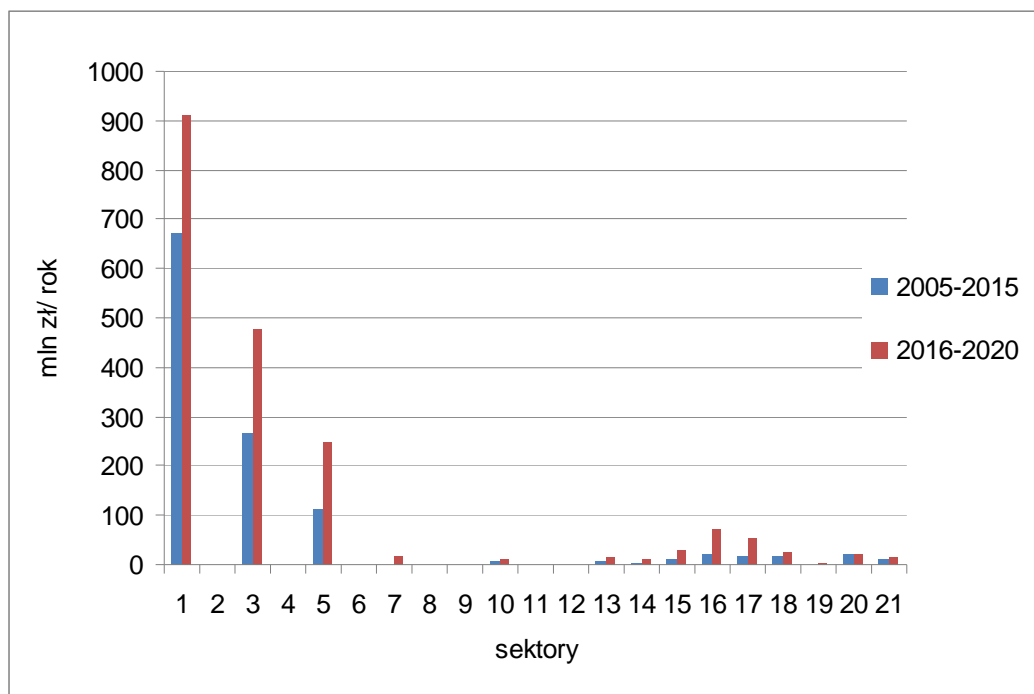
Lp.	Kod procesu (SNAP)	Sektor	Roczne koszty w latach 2005-2015:		Roczne koszty w latach 2016-2020:	
			inwe- stycyjne	opera- cyjne	inwe- stycyjne	opera- cyjne
CAŁKOWITE KOSZTY			727 136	448 022	1 390 118	524 062
1	01 H	Procesy spalania węgla kamiennego w dużych i średnich źródł. spalania	403 435	270 088	688 664	220 626
2	01 L	Procesy spalania paliw ciekłych w dużych i średnich źródłach spalania	755	653	892	112
3	01 S	Procesy spalania węgla brunatnego w dużych i średnich źródł. spalania	160 095	105 679	317 738	159 829
4	02 D	Procesy spalania drewna w małych źródłach spalania	0	0	0	0
5	02 H	Procesy spalania węgla kamiennego w małych źródłach spalania	96 000	16 800	225 600	22 680
6	02 W	Procesy spalania biomasy w małych źródłach spalania	0	0	0	0
7	030301	Spiekanie	235	218	10 301	7 057
8	030304	Pierwotna produkcja ołowiu	34	67	68	67
9	030305	Pierwotna produkcja cynku	310	78	620	78
10	030306	Pierwotna produkcja miedzi	1017	6743	2289	8429
11	030307	Wtórna produkcja ołowiu	71	12	213	24
12	030308	Wtórna produkcja cynku	1	12	2799	12348

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

13	030309	Wtórna produkcja miedzi	933	6 174	2799	12 348
14	030311	Produkcja cementu	3 016	1 430	8 784	2 380
15	040201	Produkcja koksu	5 096	5 266	17 527	12 328
16	040202	Ładowanie wielkich pieców	8 127	14 827	27 754	45 827
17	040203	Wielkie piece - wytop	13 873	4 759	38 720	15 726
18	040206	Procesy w stalowniach konwertorowo-tlenowych	8 375	8 724	17 159	9 150
19	040207	Piece elektryczne	247	1 380	1 923	3 047
20	040413	Produkcja chloru metodą rtęciową	20 402	0	20 402	0
21	09	Procesy spalania odpadów komunalnych oraz procesy kremacji	5 113	5 113	8 662	4 331

Wielkość rocznych kosztów inwestycyjnych i operacyjnych wdrożenia scenariusza EXEC dla danego sektora zależy jest od aktywności (zużycie paliw, wielkość produkcji) oraz kosztów jednostkowych (zł/MWh lub zł/tonę produkcji). Wyższe koszty inwestycyjne w latach 2016-2020 wynikają z wdrożenia dodatkowych technologii. W przypadku kosztów operacyjnych zmniejszenie produkcji w danym sektorze może skutkować niższymi kosztami.

Porównanie rocznych kosztów sektorowych, stanowiących sumy kosztów inwestycyjnych i operacyjnych w Polsce dla analizowanych okresów zaprezentowano na rys. 4.



Rys. 4. Roczne koszty sektorowe wdrożenia scenariusza EXEC redukcji emisji metali ciężkich i drobnego pyłu w Polsce do 2020r.

Dla obu etapów wdrażania scenariusza EXEC, najwyższe roczne koszty sektorowe, stanowiące prawie połowę całkowitych kosztów krajowych, dotyczą procesów spalania węgla kamiennego w dużych i średnich źródłach spalania (kod 01 H), następnie procesów spalania węgla brunatnego w tych instalacjach (01 S) oraz procesów spalania węgla kamiennego w małych źródłach spalania (02 H). Wyróżniający się wśród kosztów sektorowych udział procesów spalania węgla w dużych i średnich źródłach spalania wynika ze znaczącego zużycia tych paliw do produkcji energii elektrycznej i ciepła. Wysoki udział kosztów inwestycyjnych i operacyjnych w krajowej strukturze kosztów wdrażania prognozy EXEC stanowią także procesy produkcji żelaza i stali (040201 - 040207).

W pierwszym etapie inwestycji (2005-2015) łączne krajowe koszty inwestycyjne i operacyjne programu redukcji emisji metali ciężkich w przemyśle szacowane są na 1,2 mld zł/ rok. W kolejnym etapie (2016-2020) prognozowana suma kosztów wynikających z wdrażania instalacji ekologicznych dla scenariusza EXEC wyniesie 1,9 mld zł/ rok.

5.4. Korzyści zdrowotne scenariusza EXEC redukcji emisji metali ciężkich i pyłu z procesów przemysłowych do powietrza.

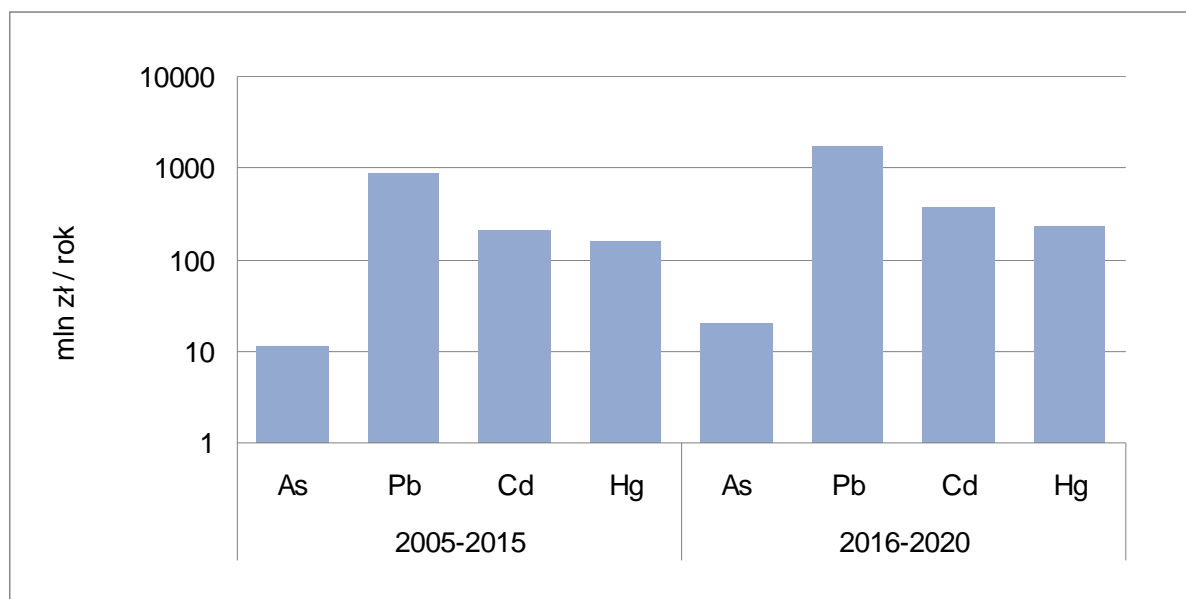
Korzyści wdrożenia scenariusza EXEC dla powiązanej ze sobą redukcji emisji metali ciężkich (As, Cd, Hg i Pb) oraz drobnego pyłu PM_{2,5} dla Polski oszacowali po raz pierwszy Sundseth i in. (2008). Korzyści wynikające z wdrożenia scenariuszy oszacowane dla lat 2005-2020 są rezultatem inwentaryzacji pozytywnych efektów związanych z redukcją emisji drobnego pyłu PM_{2,5} i metali ciężkich. Dla oszacowania korzyści zdrowotnych została wzięta pod uwagę ekspozycja ludzi na zanieczyszczenia poprzez opóźniony efekt wchłaniania zakumulowanych zanieczyszczeń przez żywność i wodę (rys. 5) oraz oddychanie (rys. 6).

W analizie zastosowano następujące koszty krańcowe na tonę zatrzymanych zanieczyszczeń (nie wyemitowanych do powietrza):

- dla zanieczyszczeń wchłanianych z pożywieniem: 8 mln euro/ t Hg (związane z obniżeniem IQ), 603 tys. euro/ t Cd, 359 tys. euro/ t Pb, 23 tys. euro/ t As.
- dla wdychania zanieczyszczeń: 25 tys. euro/ t pyłu, 162 tys. euro/ t As, 36 tys. euro/ t Pb, 32 tys. euro/ t Cd, 858 euro/ t Hg.

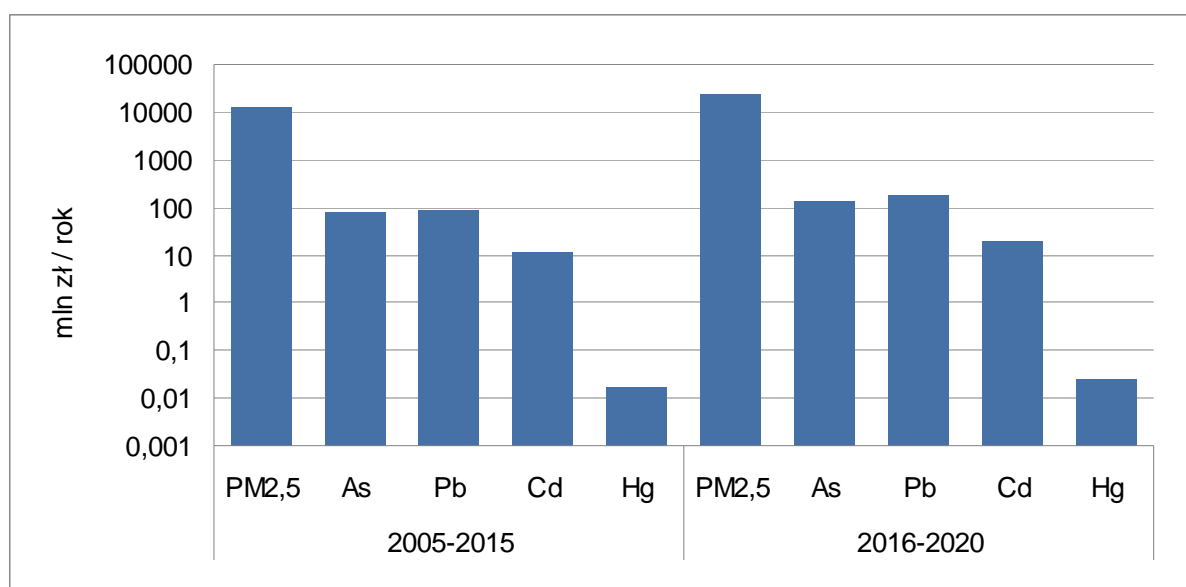
Przygotowane przez Instytut Ekonomiki i Racjonalnego Wykorzystania Energii (IER) w Stuttgarcie wartości zostały oparte na tablicach emisja-ekspozycja uwzględniających zanieczyszczenia transgraniczne, funkcjach ekspozycja-odpowiedź (*exposure-response functions*) zebranych przez Rabla (2006) i w projekcie ESPREME oraz na wartościach pieniężnych efektów zdrowotnych zebranych przez Scasnego i in. (2008).

Dla rozciągniętej w czasie ekspozycji zanieczyszczeń poprzez żywność i wodę (wchłanianie metali ciężkich) została zastosowana stopa dyskontowa 4%. Przyjmując redukcję emisji zanieczyszczeń do roku 2020 w stosunku do roku bazowego, oszacowano korzyści dla okresów 2005-2015 i po 2015r., patrz rys. 5.



Rys. 5. Korzyści zdrowotne redukcji emisji metali ciężkich w Polsce, wynikające z unikniętego narażenia na spożywanie zanieczyszczeń wraz z żywnością i wodą.

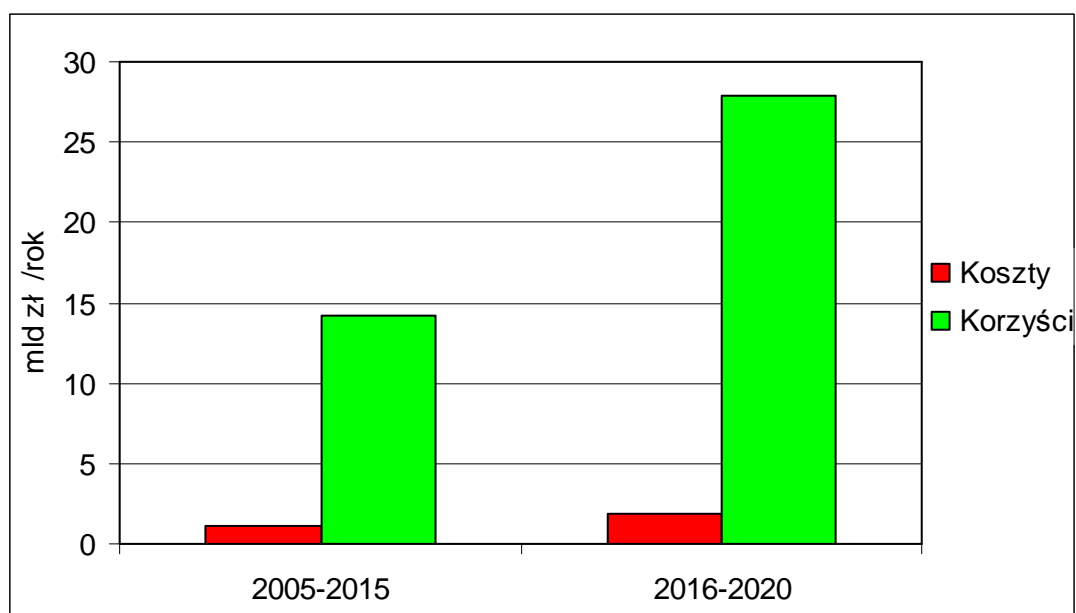
Największe korzyści zdrowotne wynikające z unikniętego narażenia na spożywanie zanieczyszczeń wraz z żywnością i wodą związane są z redukcją emisji ołowiu oraz kadmu. W drugim etapie (2016-2020) wdrażania scenariusza EXEC korzyści związane z redukcją emisji ołowiu są 5-krotnie większe od korzyści związanych z redukcją emisji kadmu oraz 7-krotnie większe w odniesieniu do korzyści związanych z redukcją emisji rtęci. Wynika to ze znacznie wyższej emisji ołowiu do środowiska przy niższym koszcie krańcowym.



Rys. 6. Korzyści zdrowotne redukcji emisji metali ciężkich i drobnego pyłu w Polsce, wynikające z unikniętego narażenia na wchłanianie zanieczyszczeń przez oddychanie.

Wdrożenie scenariusza EXEC spowoduje znaczące korzyści zdrowotne wynikające z redukcji frakcji pyłu PM_{2,5} (poniżej 2,5 mikrona), patrz rys. 6. Częstki o średnicy 5-10 µm są w większości przechwytywane przez nos człowieka, zaś cząstki o średnicy 1-5 µm mogą już przenikać do oskrzeli. Najgroźniejsze są cząstki pyłu o średnicy mniejszej niż 1 µm, które docierają do pęcherzyków płucnych. Korzyści zdrowotne wynikające z mniejszego wchłaniania metali ciężkich przez oddychanie (arsen, ołów i kadm) są znacznie niższe. Minimalne znaczenie ma wchłanianie rtęci przez system oddechowy człowieka.

Wyniki analizy kosztów i korzyści dla Polski, będące rezultatem redukcji emisji metali ciężkich i drobnego pyłu zaprezentowano na rys. 7.



Rys. 7. Wyniki analizy kosztów i korzyści wdrożenia scenariusza EXEC redukcji emisji metali ciężkich i drobnego pyłu w Polsce do 2020r.

Wyniki analizy kosztów i korzyści pokazują, że dla Polski korzyści dla życia i zdrowia człowieka z wdrożenia scenariuszy przewyższają koszty w całym okresie 2005-2020. Do roku 2015 koszty wdrożenia scenariusza EXEC dla Polski wynoszą 1,2 mld zł, podczas gdy wynikające z niego korzyści 14,2 mld zł. Po 2015r. koszty wynoszą 1,9 mln zł, natomiast korzyści wynikające z redukcji emisji metali ciężkich i drobnego pyłu wynoszą 27,8 mld zł. Stosunek korzyści do kosztów waha się w granicach 12-15, patrz rys. 7.

Całkowite koszty zdrowotne zanieczyszczenia rtęcią analizowane w rozdziale 5.1 stanowią 8-krotność kosztów związanych z obniżeniem ilorazu inteligencji IQ. Jeżeli zastosujemy wyższą wartość kosztu krańcowego dla emisji rtęci wówczas korzyści wdrożenia w Polsce scenariusza EXEC redukcji emisji metali ciężkich i drobnego pyłu do roku 2015 wynoszą 15,3 mld zł rocznie, a po 2015r. - 29,5 mld zł rocznie. Należy pamiętać, że w obliczeniach nie były brane pod uwagę dodatkowe potencjalne korzyści dla środowiska naturalnego.

Korzyści z redukcji emisji drobnego pyłu są stosunkowo duże w porównaniu z efektami redukcji emisji metali ciężkich i dla większości sektorów sięgają 80-90% całkowitych oszacowanych korzyści. Wiele technik wdrażanych w scenariuszu EXEC jest bowiem skoncentrowanych na redukcji emisji pyłu (szczególnie w sektorze energetycznym), a ich wtórnym efektem jest zatrzymywanie metali ciężkich znajdujących się w pyłe. Tylko dla niektórych sektorów działania są bezpośrednio skierowane na ograniczenie źródeł emisji metali ciężkich np. zmiana technologii na bezrtęciową w produkcji chloru czy wprowadzenie benzyny bezołowiowej w transporcie (Panasiuk i in., 2010).

Wnioski

Szacuje się, że dla scenariusza EXEC (zwiększonej kontroli emisji) całkowita roczna antropogeniczna emisja rtęci do środowiska w Polsce spadnie z 25,7 ton w roku bazowym do 8,9 ton w 2020r. Scenariusz ten zakłada wdrożenie wszystkich obecnie obowiązujących dyrektyw europejskich i konwencji międzynarodowych.

Scenariusz EXEC jest połączeniem:

- działań zorientowanych na redukcję emisji rtęci - nowoczesne technologie oczyszczania gazów spalinowych w przemyśle, spalaniu odpadów komunalnych i zakaźnych, technologie oczyszczania ścieków,
- strategii przeciwdziałania powstawaniu emisji - zmniejszenie zużycia węgla w energetyce zgodnie z „*Polityką energetyczną Polski do 2030 roku*” (MG, 2009) selektywna zbiórka odpadów produktów zawierających rtęć i spadek zużycia amalgamatu dentystycznego.

Emisja rtęci do powietrza w 2020r. wyniesie 6,3 ton rocznie dla tego scenariusza, a największy krajowy problem nadal stanowić będzie emisja z procesów przemysłowych, w tym z energetyki i ciepłownictwa. Znacząco zmniejszy się emisja do powietrza z użytkowania produktów zawierających rtęć. Istotnie obniży się także udział emisji rtęci do powietrza ze spalania odpadów starego amalgamatu wraz z odpadami zakaźnymi oraz emisja z procesów kremacji włók. Emisja rtęci do wód z procesów przemysłowych i komunalnych oczyszczalni ścieków wyniesie 1,36 ton rocznie, a potencjalne uwalnianie się rtęci ze składowisk odpadów komunalnych i wypełnień dentystycznych – 1,31 ton rocznie.

Dla scenariusza MFTR (maksymalnej technicznie możliwej redukcji emisji) całkowita roczna emisja rtęci do środowiska w Polsce w 2020r. wyniesie 3,7 ton. Scenariusz ten jest najbardziej skupiony na tańszych strategiach przeciwdziałania powstawaniu emisji (zakaz stosowania rtęci w bateriach, sprzęcie elektrycznym i elektronicznym, urządzeniach kontrolno-pomiarowych, a także w praktyce dentystycznej). Dodatkowa redukcja emisji wynika z zastosowania najnowszych nowo rozwijanych technologii.

Emisja rtęci do powietrza wyniesie 2,8 ton, a emisja do powietrza z procesów przemysłowych pozostanie podstawowym problemem, pomimo dalszego jej obniżania. Zakaz stosowania amalgamatu dentystycznego w wypełnieniach dentystycznych spowoduje wyeliminowanie problemu emisji rtęci ze spalania resztek amalgamatu z odpadami zakaźnymi. Emisja do wód z procesów przemysłowych i komunalnych oczyszczalni ścieków wyniesie 0,45 ton rocznie, a potencjalne uwalnianie się rtęci ze składowisk odpadów komunalnych i wypełnień dentystycznych – 0,37 ton rocznie.

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

Mniejsza emisja rtęci będzie skutkować niższymi kosztami środowiskami. Przy założeniu kosztu krańcowego 8.000 euro/kg Hg koszty zdrowotne wynikające z obniżenia ilorazu inteligencji IQ w Polsce zostały oszacowane na 286 mln zł rocznie dla scenariusza EXEC i 117 mln zł rocznie dla scenariusza MFTR. Całkowite koszty zdrowotne zanieczyszczenia rtęcią uwzględniające choroby układu krążenia (nadciśnienie, zawały serca i przypadki przedwczesnej śmierci) oraz nowotwory zostały oszacowane odpowiednio na poziomie 2,3 i 0,9 mld zł rocznie.

Na całkowite koszty zanieczyszczenia rtęcią środowiska składają się koszty dla zdrowia ludzkiego oraz koszty dla środowiska naturalnego. Koszty te zostały oszacowane na 9 mld zł rocznie dla scenariusza EXEC i 4 mld zł rocznie dla scenariusza MFTR. Stanowi to istotny spadek w stosunku do 26 mld zł rocznie dla roku bazowego i 27 mld zł rocznie dla scenariusza status-quo.

Przeprowadzona analiza kosztów i korzyści powiązanej redukcji emisji metali ciężkich i drobnego pyłu dotyczy scenariusza EXEC, dla którego znane są koszty proponowanych instalacji proekologicznych. Techniki wymieniane dla scenariusza MFTR są często na etapie laboratoryjnym i nieznane są ich koszty w skali przemysłowej.

Analiza kosztów i korzyści dla procesów przemysłowych pokazuje, że dla scenariusza EXEC proponowane działania inwestycyjne są uzasadnione korzyściami zdrowotnymi dla społeczeństwa Polski. W analizie tej poza korzyściami z redukcji emisji rtęci zostały uwzględnione współkorzyści dla zdrowia ludzkiego z redukcji emisji pyłu i innych metali ciężkich. Dodatkowe korzyści społeczne wynikają z faktu, że celem większości proponowanych po stronie kosztowej technik redukcji emisji rtęci jest odpylanie gazów spalinowych.

W pierwszym etapie inwestycji (2005-2015) łączne krajowe koszty inwestycyjne i operacyjne programu redukcji emisji metali ciężkich w przemyśle szacowane są na 1,2 mld zł rocznie. W kolejnym etapie (2016-2020) prognozowana suma kosztów wynikających z wdrażania instalacji ekologicznych dla scenariusza EXEC wyniesie 1,9 mld zł rocznie. Najwyższe koszty dotyczą procesów spalania węgla kamiennego i brunatnego do produkcji energii elektrycznej i ciepła.

Korzyści z redukcji emisji rtęci, ołowiu, kadmu i arsenu oraz drobnego pyłu PM 2,5 dla życia i zdrowia człowieka wielokrotnie przewyższają koszty inwestycji w całym okresie 2005-2020. Do roku 2015 korzyści wynikające z wdrożenia tego scenariusza zwiększonej kontroli emisji wynoszą 14,2 mld zł rocznie, a w okresie po 2015r. - 27,8 mld zł rocznie.

Jeszcze korzystniejszy stosunek korzyści do kosztów występuje dla działań zorientowanych na przeciwdziałanie powstawaniu emisji rtęci, opisanych szczegółowo w raporcie z etapu II niniejszego opracowania. Są to strategie ograniczania stosowania rtęci w produktach, wycofania amalgamatu w praktyce dentystycznej oraz promowania selektywnej zbiórki odpadów i odzysku rtęci.

Bibliografia

- Bojakowska I., Sokołowska G., 2001, *Rtęć w kopalinach wydobywanych w Polsce jako potencjalne źródło zanieczyszczeń środowiska*, Biul. Państ. Inst. Geol., 394, 5-53,
- Bojakowska I., Lech D., Retka J., 2010, *Trace elements in the hard and brown coals exploited in Poland*, Proceedings of 15th International Conference on Heavy Metals in the Environment, Gdańsk, 19-23.09.2010,
- Bojarska K., 2006, *Concentration of mercury in Polish hard coals*, MEC3 Third International Expert's workshop, Katowice, 5-7.06.2006,
- DROPS, 2008, *Development of macro and sectoral economic models aiming to evaluate the role of public health externalities on society*, 6 Program Ramowy UE,
- EC, 2001a, *IPPC Reference Document on Best Available Techniques on the Production of Iron and Steel, December 2001*, European Commission, ftp://ftp.jrc.es/pub/eippcb/doc/isp_bref_1201.pdf,
- EC, 2001b, *IPPC Reference Document on Best Available Techniques in the Non Ferrous Metal Industries, December 2001*, European Commission, ftp://ftp.jrc.es/pub/eippcb/doc/nfm_bref_1201.pdf,
- EC, 2001c, *IPPC Reference Document on Best Available Techniques in the Cement and Lime Manufacturing Industries, December 2001*, European Commission, ftp://ftp.jrc.es/pub/eippcb/doc/clp_bref_1201.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,
- EC, 2005a, *IPPC Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants. May 2005*, European Commission, ftp://ftp.jrc.es/pub/eippcb/doc/lcp_final_0505.pdf,
- EC, 2006d, *Mercury flows and safe storage of surplus mercury*, European Commission, Brussels, August 2006, http://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/pdf/hg_flows_safe_storage.pdf
- E-PRTR, 2009, *The European Pollutant Release and Transfer Register*, <http://prtr.ec.europa.eu>,
- GIOŚ, 2007b, *Poradnik metodyczny w zakresie PRTR dla instalacji spalania paliw*, Główny Inspektor Ochrony Środowiska, Warszawa,
- 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,
- GIOŚ, 2010, *Raport o funkcjonowaniu systemu gospodarki zużytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym w 2009 roku*, Główny Inspektor Ochrony Środowiska, Warszawa, czerwiec 2010r., http://www.gios.gov.pl/zalaczniki/artykuly/raport_zseie_2009.pdf,
- GLOMER, 2008, *Development of Global Emission Inventories for Mercury*, projekt zlecony przez UNEP,

GLOCBA-SE, 2008, *Study on the socio-economic costs of continuing the status-quo of mercury pollution*, projekt zlecony przez UNEP,

Głodek A., Pacyna J.M., 2009, *Mercury emission from coal-fired power plants in Poland*, *Atmos. Environ.*, 43, 5668-5673 (2009),

Głodek A., Panasiuk D., Pacyna J.M., 2010, *Mercury Emission from Anthropogenic Sources in Poland and Their Scenarios to the Year 2020*, *Water, Air & Soil Pollution*, w druku, doi: 10.1007/s11270-010-0380-6,

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., Kubica K., Zielonka U., Wilkosz K., 2001b, *Właściwości emisji pyłu i metali ciężkich w procesie spalania węgla w paleniskach domowych*, *Archiwum Ochrony Środowiska*, 27, 2, 29-45,

IEA, 2010, *Energy and CO₂ emissions scenarios of Poland*, raport przygotowany pod kierownictwem Głównego Ekonomisty Międzynarodowej Agencji Energetycznej,

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://www.kashue.pl/materialy/Inwentaryzacje_krajowe/Raport_LRTAP_2005.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://www.kashue.pl/materialy/Inwentaryzacje_krajowe/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://www.kashue.pl/materialy/Inwentaryzacje_krajowe/Raport_LRTAP_2007.pdf,

IOŚ, 2010, *Inwentaryzacja emisji do powietrza SO₂, NO_x, CO, NH₃, pyłów, metali ciężkich, NMLZO i TZO w Polsce za rok 2008*, Instytut Ochrony Środowiska / KASHUE-KOBiZE, Warszawa 2010, http://www.kashue.pl/materialy/Inwentaryzacje_krajowe/Raport_LRTAP_2008.pdf,

IPCC, 2007, *Fourth Assessment Report, Working Group III Report "Mitigation of Climate Change 2007"*, Intergovernmental Panel on Climate Change,

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

- 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/rappporter/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,
- Kozmana M., 2010, *Nowa Dyrektywa uderzy w przemysł*, gazeta giełdy Parkiet, portal parkiet.com, <http://www.parkiet.com/arttykul/9,934638.html>
- 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,
- MERCYMS, 2004, *An integrated approach to assess the mercury cycling in the Mediterranean basin*, 5 Program Ramowy UE,
- MERSA, 2008, *Assessment of Current and Future Emissions of Mercury from Anthropogenic Sources in South Africa*, Program Kooperacji Naukowej RPA-Norwegia,
- MG, 2009, *Polityka energetyczna Polski do 2030 roku. październik 2009r.*, Załącznik 2. Prognoza zapotrzebowania na paliwa i energię, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa,
- Mniszek W., Zielonka U., 1995, *Wskaźniki emisji rtęci do powietrza atmosferycznego*, Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów, 29, 6, 178-181,
- 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>,
- Olkuski, T., 2007, *Porównanie zawartości rtęci w węglach polskich i amerykańskich*, Polityka energetyczna, 10 (2007), nr S2,
- Pacyna J.M., Pacyna E.G., 2005, *Emissions and Legislation outside North America and the EU Project ESPREME*, MEC2 Second International Expert's workshop, Ottawa, 24-25.05.2005,
- 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., 2008c, *Socio-economic costs of continuing the status-quo of mercury pollution*, GLOCBA-SE Report, Nordic Council of Ministers, TemaNord 2008:580, Copenhagen, <http://www.norden.org/no/publikasjoner/publikasjoner/2008-580>,

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

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,

Panasiuk D., Głodek A., Pacyna J.M., 2008, *Scenarios of future emission for Mercury to the atmosphere in South Africa*, raport MERESA, NILU Polska, Katowice,

Panasiuk D., Pacyna J.M., Głodek A., Pacyna E.G., Sebesta L., Rutkowski T., 2009, *Szacowanie kosztów zanieczyszczenia rtęcią dla scenariusza status-quo*, raport MERCPOL etap I, NILU Polska, Katowice,

Panasiuk D., Pacyna J.M., Głodek A., Pacyna E.G., Sebesta L., Rutkowski T., 2010, *Określenie poziomów kosztów i korzyści wdrożenia strategii redukcji emisji rtęci*, raport MERCPOL etap II, NILU Polska, Katowice,

PMS, 2009, *Ocena jakości powietrza w strefach w Polsce za rok 2008*, Inspekcja Ochrony Środowiska, Państwowy Monitoring Środowiska, Warszawa, 2009.

PRTR, 2010, *Krajowy Rejestr Uwalniania i Transferu Zanieczyszczeń*, Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, http://www.gios.gov.pl/kep_index.php,

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)

Strzelecka-Jastrząb 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,

Sundseth K., Pacyna J.M., Pacyna E.G., Munthe J., Belhaj M., Astrom S., 2010, *Economic benefits from decreased mercury emission: Projection for 2020*, Journal of Cleaner Production, 18, 386-394 (2010),

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

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

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

Wasilewski M., *Dyrektywa o emisjach przemysłowych - kontynuacja i rozszerzenie Dyrektywy IPPC*, Przemysł i Środowisko. Jakość. Zarządzanie nr 2/2010,

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,

Wojnar K., Wisz J., 2006, *Rtęć w polskiej energetyce*, *Energetyka*, 59 (2006), 4,