

## Tendencje zmian w zakresie wielkości emisji głównych zanieczyszczeń środowiska w Polsce w latach 1990-2008

**Słowa kluczowe:** środowisko, zanieczyszczenia powietrza, ścieki, odpady, wielkości, tendencje

**Key words:** environment, air-pollution, sewage, waste, size, trends

Minęło ponad 20 lat od chwili rozpoczęcia w Polsce transformacji gospodarczej. Jednym z jej elementów było przeprowadzenie działań mających na celu poprawę stanu mocno zdegradowanego środowiska naturalnego, z których niewątpliwie najważniejsze to ograniczenie emisji szkodliwych substancji. Warto podkreślić, że pod pojęciem emisji do środowiska rozumie się także, obok wprowadzania gazów i pyłów do powietrza, odprowadzanie ścieków do wód (i na powierzchnię ziemi) oraz składowanie odpadów.

Celem niniejszego artykułu jest dokonanie analizy zmian wielkości emisji wymienionych zanieczyszczeń (lotnych, stałych i ciekłych) w latach 1990-2008. Od 1990 roku bowiem mogą być już dostrzegalne pewne, wynikające z transformacji, pozytywne symptomy w tym zakresie. Trzeba jednak zwrócić uwagę na to, że spadek emisji zanieczyszczeń, zwłaszcza w pierwszych latach badanego okresu, jest w większym stopniu efektem ograniczenia produkcji niż podejmowania działań na rzecz poprawy stanu środowiska naturalnego. Ponadto, zmniejszenie wielkości emisji szkodliwych substancji nie jest jedyną przyczyną poprawy stanu środowiska naturalnego w dłuższym okresie. Zbadanie pozostałych wykracza jednak poza dostępne ramy tego artykułu.

### Zmiany w wielkości emisji substancji lotnych

Istnieje znaczna liczba substancji lotnych, które w wyniku ich emisji oddziałują negatywnie na stan środowiska. Niektóre są emitowane w dużej ilości, inne z kolei są bardziej szkodliwe niż pozostałe. W powszechnie dostępnych statystykach wymienia się najczęściej: dwutlenek siarki (SO<sub>2</sub>), tlenki azotu (NO<sub>x</sub>), dwutlenek węgla (CO<sub>2</sub>), tlenek węgla (CO) oraz pyły. W tabeli 1 przedstawiono zmiany w wielkości emisji do powietrza w latach 1990-2007 (bez 2008 roku, gdyż te statystyki podawane są z rocznym opóźnieniem). W badanym okresie, nastąpiły liczne zmiany w zakresie sposobu kalkulowania emisji substancji lot-

nych. I tak, dane o wielkości emisji pyłów za lata 1991-1999 obejmują tylko źródła stacjonarne; po 2000 roku nastąpiły zmiany w sposobach naliczania emisji, m. in. w zakresie dwutlenku węgla, tlenku węgla oraz – bardzo istotnie – w zakresie pyłów; od 2003 roku podaje się emisję tlenków azotu (NO<sub>x</sub>) w przeliczeniu na dwutlenek azotu (NO<sub>2</sub>).

Dane o emisji całkowitej zanieczyszczeń lotnych są danymi szacunkowymi, wyliczonymi na podstawie zużycia paliw i wskaźników technologicznych. W zakresie emisji pyłów po 2000 roku nie są one porównywalne z wcześniejszymi danymi ze względu na zastosowanie zweryfikowanej metodyki ich szacowania – dodano niektóre kategorie źródeł emisji oraz zastosowano inne wskaźniki emisji. Uzyskane wielkości emisji pyłu całkowitego po 2000 roku są znacznie niższe od poziomu emisji pyłów szacowanego w latach wcześniejszych ze względu na to, iż wielkość emisji, zwłaszcza dla drugiej połowy lat dziewięćdziesiątych, została zawyżona – szczególnie dla kategorii „procesy spalania w przemyśle” oraz „procesy produkcyjne” – przede wszystkim z powodu nieuwzględnienia modernizacji urządzeń i postępu technologicznego<sup>1)</sup>. Dane o wielkości emisji tlenku węgla podawane są dopiero od 1995 roku.

Tendencje zmian w zakresie wielkości emisji do powietrza w latach 1995-2007 pokano na rysunku 1. Świadomie pominięto okres 1990-1994, w którym brak danych dotyczących emisji tlenku węgla. Dla pyłów ujęto na wykresie tylko lata 1995-1999 z uwagi na opisany wcześniej brak istotnej porównywalności danych. Generalnie obserwuje się wyraźną tendencję spadkową wielkości emisji zanieczyszczeń lotnych. Nie dotyczy to, w pierwszych latach badanego okresu, dwutlenku węgla oraz, w nieco mniejszym stopniu, tlenków azotu, w odniesieniu do których występowały dostrzegalne wahania w zakresie analizowanych wielkości.

Piotr P. Małecki – Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Katedra Polityki Przemysłowej i Ekologicznej

<sup>1)</sup> Ochrona Środowiska GUS, Warszawa 2008, s. 218

Tab. 1. Emisja<sup>a)</sup> głównych zanieczyszczeń powietrza w latach 1990-2007 w tys. t

Lata	Dwutlenek siarki	Tlenki azotu <sup>b)</sup>	Dwutlenek węgla	Tlenek węgla	Pyły	Emisja równoważna <sup>c)</sup>
1990	3 210	1 280	381 482	.	1 950	6 011
1991	3 156	1 205	367 689	.	1 680	5 693
1992	2 820	1 130	372 311	.	1 580	5 217
1993	2 725	1 120	363 980	.	1 495	5 050
1994	2 605	1 105	372 293	.	1 400	4 856
1995	2 376	1 120	348 926	4 547	1 308	4 567
1996	2 368	1 154	373 202	4 837	1 250	4 567
1997	2 181	1 114	362 300	4 700	1 130	4 253
1998	1 897	991	338 095	4 301	871	3 659
1999	1 719	951	329 739	4 364	815	3 398
2000	1 511	838	314 812	3 463	464	2 833
2001	1 564	805	317 844	3 258	491	2 873
2002	1 456	796	308 277	3 410	473	2 738
2003	1 375	808	319 082	3 318	476	2 677
2004	1 241	804	316 700	3 426	443	2 516
2005	1 145	875	318 216	2 521	430	2 483
2006	1 222	921	329 599	2 804	458	2 631
2007	1 131	885	328 172	2 603	436	2 488
2007, gdy 1990=100	35,2	69,1	86,0	.	22,4	41,4

a) Dane szacunkowe.

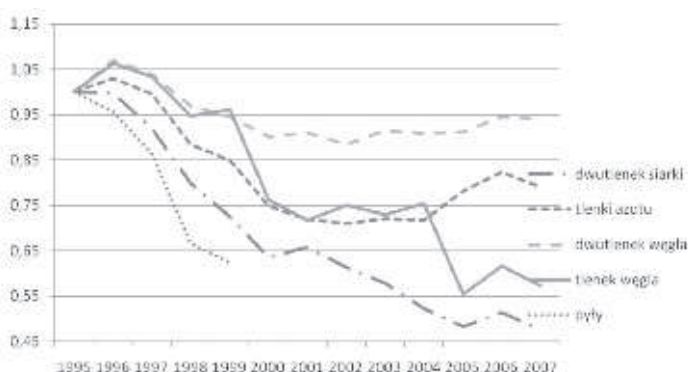
b) Dla okresu 1990-2002 dwutlenek azotu.

c) Obliczona dla czterech substancji (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, pyły) w oparciu o wskaźniki toksyczności, które określa się jako stosunek pomiędzy jednostkową stawką opłaty za emisję danej substancji oraz - SO<sub>2</sub> (szczegółowy opis w tekście artykułu).

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Ochrona Środowiska GUS, Warszawa 2002, 2005, 2006, 2008, 2009

Znaczny spadek wystąpił w zakresie emisji dwutlenku siarki i tlenku węgla, wyraźnie mniejszy – tlenków azotu i dwutlenku węgla. Wielkość emisji w 2007 roku stanowiła 48% – dla SO<sub>2</sub> oraz 57% – dla CO, analogicznej wielkości w 1995 roku. Dla NO<sub>x</sub> było to 79%, a CO<sub>2</sub> – aż 94%. Ilości odprowadzanych pyłów w 1999 roku to 62% analogicznej wielkości z 1995 roku. W zakresie CO charakterystyczny jest znaczny spadek emisji w roku 2005. Zaobserwować też można lekki jej wzrost w odniesieniu do SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> oraz CO<sub>2</sub> w pierwszych latach XXI wieku, niekontynuowany jednak – z wyjątkiem CO<sub>2</sub> – w latach późniejszych.

Rys. 1. Tendencje zmian wielkości emisji gazów i pyłów w latach 1995-2008



Źródło: Opracowanie własne w oparciu o dane z tabeli 1.

Omawiane zanieczyszczenia lotne charakteryzują się różnym stopniem negatywnego oddziaływania na środowisko. W celu uzyskania porównywalności między nimi

można posłużyć się wskaźnikami toksyczności. Wyrażają one stosunek pomiędzy jednostkową stawką opłaty za emisję danego zanieczyszczenia i za emisję dwutlenku siarki (SO<sub>2</sub>), gdyż z założenia stawki te odzwierciedlają stopień negatywnego wpływu na środowisko. Wskaźniki toksyczności można obliczyć przy pomocy następującego wzoru:

$$WT_x = \frac{JSO_x}{JSO_{SO_2}}$$

gdzie:

WT – wskaźnik toksyczności

X – dane zanieczyszczenie

JSO – jednostkowa stawka opłaty za emisję (w zł/kg)

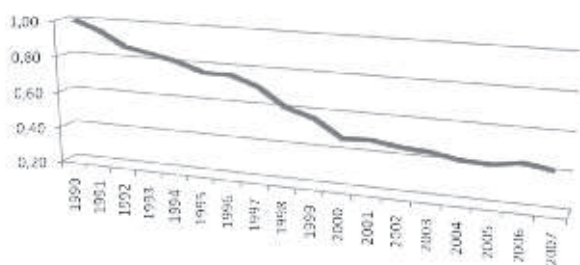
Obowiązujące w 2008 roku jednostkowe stawki opłat za emisję wynosiły dla dwutlenku siarki i tlenków azotu 0,43 zł za kg, dla dwutlenku węgla i pyłów odpowiednio – 0,00023 zł za kg oraz 0,29 zł za kg. I w konsekwencji wskaźniki toksyczności są następujące:

• SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub>	-	1,00000,
• CO <sub>2</sub>	-	0,00053,
• pyły	-	0,67442.

Po przemnożeniu wielkości emisji omawianych zanieczyszczeń lotnych przez odpowiednie wskaźniki toksyczności, a następnie ich zsumowaniu, można uzyskać wielkości emisji równoważnej w długim okresie, tj. 1990-2008

(tab. 1). Są one obliczone tylko dla czterech substancji (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, pyły), ze względu na brak danych dla całego okresu w odniesieniu do tlenku węgla. Tendencję w tym zakresie pokazano na rysunku 2. Daje się zauważyć wyraźny trend spadkowy, zwłaszcza w pierwszym okresie, tj. 1990-2000. W roku 2006 nastąpił nawet nieznaczny wzrost. Wielkość emisji równoważnej ważniejszych zanieczyszczeń lotnych w roku 2007 stanowiła zaledwie 41% analogicznej wielkości z 1990 roku.

Rys. 2. Tendencje zmian wielkości emisji równoważnej ważniejszych zanieczyszczeń lotnych (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, pyły) w latach 1990-2007



Źródło: Opracowanie własne w oparciu o dane z tabeli 1.

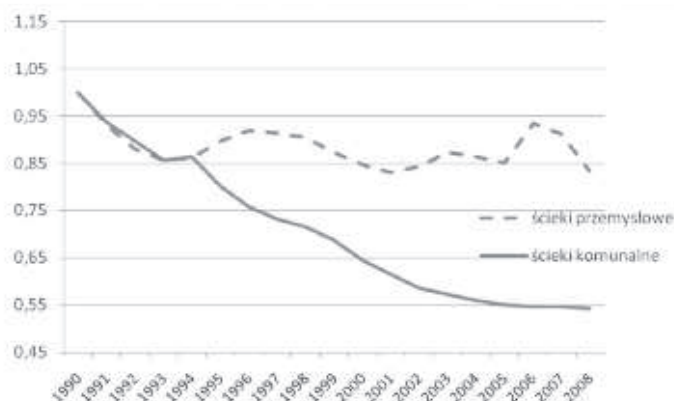
### Zmiany w wielkościach odprowadzanych zanieczyszczeń ciekłych

W zakresie zanieczyszczeń ciekłych najczęściej stosowanymi miarami oddziaływania na środowisko są wielkości ścieków odprowadzanych do wód i na powierzchnię ziemi. Dzieli się je na ogół na ścieki przemysłowe oraz ścieki komunalne. Ważne jest też, jaka część wytwarzanych (i zarazem odprowadzanych) ścieków wymaga oczyszczenia oraz jaki jest stopień ich oczyszczania.

Ścieki przemysłowe to ścieki niebędące ściekami bytowymi albo wodami opadowymi lub roztopowymi, powstałe w związku z prowadzoną przez zakład działalnością handlową, przemysłową, składową, transportową lub usługową. Natomiast ścieki komunalne to ścieki bytowe lub mieszanina ścieków bytowych ze ściekami przemysłowymi albo wodami opadowymi lub roztopowymi<sup>2)</sup>. Warto dodać, że ścieki przemysłowe obejmują również wody chłodnicze oraz wody kopalniane, których głównym zanieczyszczeniem są odpowiednio – wysoka temperatura i znaczny poziom zasolenia. Wielkości odprowadzanych ścieków w latach 1990-2008 przedstawiono w tabeli 2. Natomiast tendencje zmian w zakresie wielkości odprowadzanych ścieków przemysłowych i komunalnych obrazuje rysunek 3. Ponadto na rysunku 4 pokazano stopień zanieczyszczenia ścieków w postaci wskaźników udziału ścieków wymagających oczyszczenia w wielkości ścieków ogółem w kolejnych latach.

<sup>2)</sup> Ibidem, s. 128.

Rys. 3. Tendencje zmian wielkości odprowadzanych ścieków przemysłowych i komunalnych w latach 1990-2008



Źródło: Opracowanie własne w oparciu o dane z tabeli 2.

Przedstawione w tabeli 2 dane liczbowe objęto analizą porównawczą, mając pełną świadomość tego, że proste zestawienie bezwzględnych wielkości odprowadzanych ścieków nie daje w pełni właściwego obrazu. Zróżnicowane jest bowiem oddziaływanie na środowisko naturalne różnych rodzajów ścieków w zależności od ich składu i właściwości zawartych w nich substancji. Liczne miary negatywnego wpływu na środowisko zanieczyszczeń ciekłych, takie jak na przykład pięciodobowe biochemiczne zapotrzebowanie na tlen (BZT<sub>5</sub>), czy chemiczne zapotrzebowanie na tlen (ChZT) są skomplikowane i trudne do zastosowania w tym wypadku<sup>3)</sup>. Przedstawiona analiza stanowi więc pewne uproszczenie, ale pokazuje przybliżony obraz tendencji zmian.

Tab. 2. Ścieki odprowadzane do wód i do ziemi w latach 1990-2008 w mln m<sup>3</sup>

Lata	Przemysłowe	Komunalne	Wymagające oczyszczenia
1990	9 054,5	2 313,9	4 114,7
1991	8 417,7	2 166,1	3 754,2
1992	7 972,7	2 075,3	3 461,3
1993	7 757,1	1 981,4	3 151,4
1994	7 797,5	1 999,2	3 183,0
1995	8 128,5	1 852,4	3 019,8
1996	8 323,7	1 751,8	2 913,8
1997	8 269,0	1 691,9	2 849,1
1998	8 188,0	1 655,5	2 801,9
1999	7 902,3	1 589,9	2 664,8
2000	7 666,7	1 494,0	2 501,5
2001	7 522,9	1 425,3	2 402,4
2002	7 636,5	1 353,1	2 278,5
2003	7 896,4	1 323,7	2 175,8
2004	7 826,1	1 293,6	2 134,9
2005	7 707,9	1 273,6	2 115,1
2006	8 460,1	1 265,2	2 127,7
2007	8 249,4	1 265,5	2 150,9
2008	7 553,2	1 254,4	2 236,6
2008, gdy 1990=100	83,4	54,2	54,4

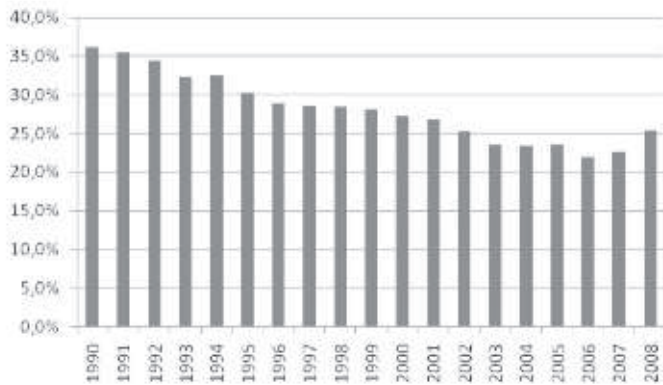
<sup>a)</sup> W latach 1990-1998 tylko do wód

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Ochrona Środowiska GUS, Warszawa 1993, 1995, 2000, 2002, 2005, 2009.

<sup>3)</sup> Wskaźnik BZT<sub>5</sub> oznacza ilość tlenu zużytego, w ciągu pięciu dni, do utlenienia substancji (głównie organicznych) zawartych w ściekach, a wskaźnik ChZT - ilość tlenu pobraną w procesie chemicznego utlenienia ścieków



Rys. 4. Udział ścieków wymagających oczyszczenia w wielkości ścieków ogółem



Źródło: Opracowanie własne w oparciu o dane z tabeli 2.

W latach 1990-2008 widać wyraźny i w miarę równomierny trend spadkowy, jeśli idzie o ścieki komunalne. Ilość odprowadzanych zanieczyszczeń tego rodzaju obniżyła się prawie o połowę. Natomiast w zakresie odprowadzanych ścieków przemysłowych generalnie nie obserwuje się tendencji spadkowej. Wyraźne zmniejszenie wielkości ścieków tego rodzaju następuje dopiero w roku 2008, choć w porównaniu z pierwszym rokiem analizowanego okresu – jedynie o 17%. Ponadto występują dość znaczne wahania w poszczególnych latach. Na przykład ilości odprowadzanych ścieków przemysłowych wyraźnie zmniejszyły się w okresie 1992-1994 oraz wzrosły w okresie 2006-2007.

Pozytywne tendencje dostrzec można w zakresie ilości ścieków wymagających oczyszczenia. Ich udział w wielkościach ścieków ogółem w istotny sposób maleje – od 36% w roku 1990 do 22% w roku 2006. Jedynie w ostatnich dwóch latach badanego okresu wystąpił niepokojący wzrost.

### Zmiany w wielkości emisji zanieczyszczeń stałych

Na ogół w publikacjach statystycznych wyszczególnia się dwa rodzaje odpadów – komunalne oraz pozostałe<sup>4</sup>. Odpady komunalne to takie, które powstają w gospodarstwach domowych, a także pochodzą od innych wytwórców odpadów. Są przy tym, ze względu na swój charakter lub skład, podobne do odpadów z gospodarstwa domowych<sup>5</sup>. Do drugiej grupy należą, w głównej mierze, odpady przemysłowe.

Wielkości odpadów wytwarzanych, i jednocześnie składowanych, wpływają niewątpliwie negatywnie na stan środowiska. Ale istotny jest także stopień ich wykorzystania. W tabelicy 3 zestawiono liczby obrazujące ilości wytwarzanych w ciągu roku w latach 1990-2008 odpadów komunalnych i pozostałych, a tendencje zmian w tym zakresie

4) Do roku 1997 podawano jedynie wielkości odpadów przemysłowych  
5) Ochrona Środowiska GUS, Warszawa 2009, s. 338

się pokazuje rysunek 5. Dodatkowo na rysunku 6 przedstawiono wielkości udziału odpadów innych niż komunalne, które zostały poddane odzyskowi, w całości odpadów tego rodzaju

Tab. 3. Wielkości odpadów wytworzonych w ciągu roku w latach 1990-2008 w tys. ton.

Lata	Komunalne <sup>a)</sup>	Pozostałe <sup>b)</sup>
1990	11,1	143,9
1991	11,1	128,3
1992	11,1	121,9
1993	11,0	120,5
1994	11,0	120,9
1995	11,0	122,7
1996	11,3	124,5
1997	11,6	124,5
1998	11,8	133,1
1999	12,3	126,3
2000	12,2	125,5
2001	11,1	123,8
2002	10,5	117,0
2003	9,9	117,9
2004	9,6	120,6
2005	12,2	124,6
2006	12,2	123,5
2007	12,3	124,4
2008	12,2	115,0
2008, gdy 1990=100	109,9	79,9

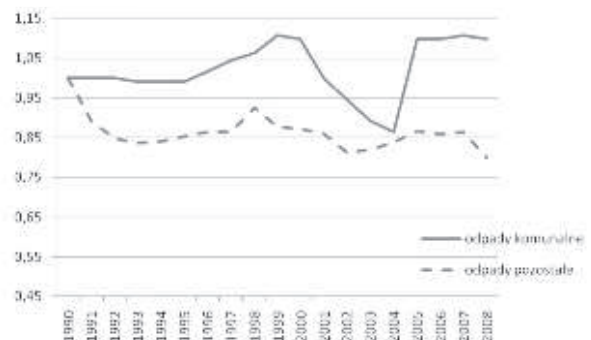
a) Dane szacunkowe

b) Dla lat 1990-1997 odpady przemysłowe

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Ochrona Środowiska, GUS, Warszawa 1994, 1995, 1998, 1999, 2000, 2002, 2003, 2004, 2005, 2009.

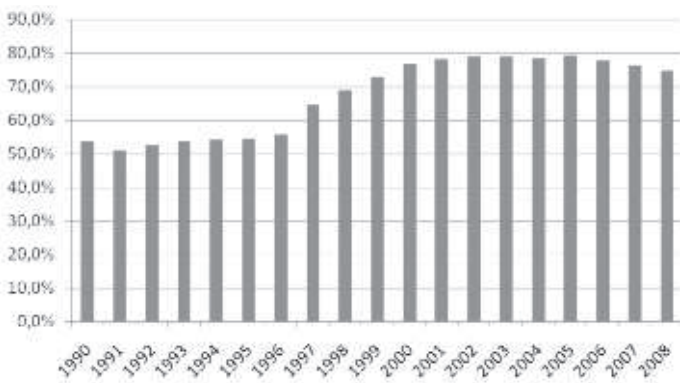
W zakresie wielkości odpadów komunalnych występuje lekki trend wzrostowy, jakkolwiek w okresie 2001-2004 ich ilość wyraźnie zmniejszyła się. Natomiast pomiędzy skrajnymi latami analizowanego okresu wzrosła o 10%. W odniesieniu do pozostałych odpadów (w tym przemysłowych) da się wprawdzie zaobserwować ogólny trend spadkowy, ale występują również wahania w kolejnych latach. Na przykład w roku 1998 nastąpił dość wyraźny wzrost w stosunku do lat poprzednich. Wielkość wytwarzanych odpadów innych niż komunalne w roku 2008 stanowiła 80% analogicznej wielkości z roku 1990.

Rys. 5. Tendencje zmian w zakresie wielkości odpadów komunalnych i pozostałych w latach 1990-2008



Źródło: Opracowanie własne w oparciu o dane z tabeli 3.

Rys. 6. Udział poddanych odzyskowi odpadów innych niż komunalne w całości odpadów tego rodzaju



Źródło: Opracowanie własne w oparciu o dane z tablicy 3.

Wielkości udziału poddanych odzyskowi odpadów pozostałych (innych niż komunalne) w całości odpadów tego rodzaju, rosną, ale tylko do roku 2002 (rys. 6). W dalszych trzech latach pozostają na w miarę stałym poziomie ok. 80%. Dopiero w następnych latach nieznacznie maleją.

### Wnioski

Generalnie obserwuje się w Polsce w latach 1990-2008 wyraźną tendencję spadkową w zakresie wielkości emisji zanieczyszczeń środowiska, co należy uznać za zjawisko pozytywne. W odniesieniu do zanieczyszczeń powietrza tendencja ta jest największa. Dotyczy to w szczególności okresu 1990-2000. Wielkość emisji równoważnej, obliczonej dla czterech głównych substancji ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}_2$ , pyły) w oparciu o wskaźniki toksyczności (określające stosunek pomiędzy jednostkową stawką opłaty za emisję danej substancji oraz  $\text{SO}_2$ ), stanowiła w 2008 roku 41% wielkości z 1990 roku. W odniesieniu do poszczególnych rodzajów toksyn kształtowało się to różnie. Znaczny spadek wystąpił w zakresie emisji dwutlenku siarki i tlenu węgla, a wyraźnie mniejszy - tlenków azotu i dwutlenku węgla. Niepokoić może, zwłaszcza wobec problemu globalnego ocieplenia, tylko nieznaczny spadek emisji dwutlenku węgla. W 2008 roku emisja tego gazu zmniejszyła się w stosunku do 1990 roku jedynie o 14%.

Przy zanieczyszczeniach ciekłych widać wyraźny i w miarę równomierny trend spadkowy w zakresie ścieków komunalnych. Ich ilość zmniejszyła się w analizowanym okresie prawie o połowę. Nie obserwuje się jednak tendencji spadkowej w przypadku odprowadzanych ścieków przemysłowych, a bardziej dostrzegalny spadek tego zjawiska widać dopiero w roku 2008. Pozytywne tendencje występują natomiast w zakresie ścieków wymagających oczyszczania. Ich udział w wielkościach ogółem maleje do 22-25%.

Wielkości odpadów komunalnych wykazują generalnie

lekki trend wzrostowy, co jest zjawiskiem niepokojącym. W analizowanym okresie ich ilość wzrosła o 10%. W wypadku odpadów pozostałych widać natomiast tendencję spadkową. Ich wielkość z 2008 roku stanowiła 80% analogicznej wielkości z roku 1990. Dostrzec też można pozytywny trend wzrostowy w zakresie udziału poddanych odzyskowi odpadów pozostałych w całości odpadów tego rodzaju, choć tylko do roku 2002.

### LITERATURA

Ochrona środowiska, GUS 1993, 1994, 1995, 1998, 1999, 2000, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2008, 2009.