

Mariusz Trela

Analiza kosztów zewnętrznych emisji zanieczyszczeń w transporcie drogowym w Polsce w latach 2000–2014

Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania 49/1, 327-338

2017

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.



Mariusz Trela*

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza

ANALIZA KOSZTÓW ZEWNĘTRZNYCH EMISJI ZANIECZYSZCZEŃ W TRANSPORCIE DROGOWYM W POLSCE W LATACH 2000–2014

Streszczenie

W artykule przedstawiono zmiany emisji zanieczyszczeń takich jak: cząstki stałe ($PM_{2,5}$ i PM_{10}), tlenki azotu (NO_x), niemetanowe lotne związki organiczne (NMVOC), dwutlenek siarki (SO_2) oraz dwutlenek węgla (CO_2), wynikające z eksploatacji środków transportu drogowego w Polsce oraz w Unii Europejskiej w latach 2000–2014. Obliczono koszty zewnętrzne związane z emisją tych zanieczyszczeń w Polsce w analizowanym okresie. Celem artykułu było wyciągnięcie wniosków dotyczących skuteczności polityki transportowej Unii Europejskiej w zakresie redukcji emisji tych zanieczyszczeń.

Słowa kluczowe: zrównoważony transport, emisja zanieczyszczeń, koszty zewnętrzne

Wprowadzenie

Rozwój transportu drogowego jest podstawowym elementem umożliwiającym rozwój gospodarczy państwa lub danego regionu. Należy jednak mieć świadomość, że zbyt gwałtowny i nieobjęty odpowiednią kontrolą może powodować koszty społeczne przewyższające korzyści z niego wynikające, dlatego kluczowym

* Adres e-mail: mtrela@zarz.agh.edu.pl.

zagadnieniem współczesnej polityki transportowej wydaje się być rozwijanie transportu drogowego w sposób zrównoważony. Dążenia do implementacji zrównoważonego rozwoju, zielonej gospodarki czy gospodarki niskoemisyjnej są ważnymi elementami strategii i planów rozwoju lokalnego, regionalnego, państwowego, a także deklaracji współpracy międzynarodowej (Dubel, 2016, s. 85). Dążenia te mogą być realizowane w dużej mierze poprzez trafny dobór i odpowiednią konstrukcję instrumentów ekonomicznych, mających na celu oddziaływanie na poziom kosztów podmiotów gospodarczych i poziom dobrobytu konsumentów, tak aby generować pozytywne skutki dla środowiska (Preisner, Trela, 2013, s. 61). Innym sposobem ich realizacji jest wprowadzanie ograniczeń administracyjnych, na przykład norm emisji spalin.

Celem artykułu jest przeanalizowanie zmian efektów zewnętrznych wynikających z emisji zanieczyszczeń w latach 2000–2014 w kontekście zmian zachodzących w transporcie drogowym w Polsce i wyciągnięcie wniosków co do skuteczności polityki transportowej zarówno Unii Europejskiej, jak i Polski w ograniczaniu negatywnego oddziaływania transportu na środowisko. W ramach realizacji tego celu zmonetaryzowano efekty zewnętrzne, wykorzystując metodologię przedstawioną w *Handbook on Estimation of External Cost in the Transport Sector* (Maibach i in., 2008), co dało podstawy do określenia konkretnych korzyści środowiskowych wynikających ze zmniejszenia emisji zanieczyszczeń.

Okres analizy, w przypadku zanieczyszczeń z transportu drogowego, kończy się na 2014 roku, gdyż jest to ostatni rok, dla którego dostępne są dane statystyczne. Rozwój transportu przeanalizowano do 2015 roku, co umożliwiło dokładniejsze określenie kierunków zmian w transporcie drogowym i bardziej precyzyjne wyciągnięcie wniosków.

1. Zmiany w transporcie drogowym w Polsce w latach 2000–2015

Zmiany w transporcie drogowym, które mogą wskazywać na jego rozwój, rozpatrywane są w trzech kategoriach:

- samochody osobowe,
- samochody użytkowe,
- infrastruktura drogowa.

Do celów analizy przyjęto, że zmiana liczby zarejestrowanych samochodów osobowych przypadająca na 1000 obywateli będzie określać rozwój transportu drogowego w odniesieniu do samochodów osobowych. W przypadku samochodów użytkowych przyjęto, że miarą rozwoju będzie zmiana pracy transportowej wykonanej przez te pojazdy, reprezentowana przez liczbę tonokilometrów, a w przypadku infrastruktury drogowej za miarę rozwoju przyjęto zmianę liczby kilometrów dróg publicznych (tab. 1).

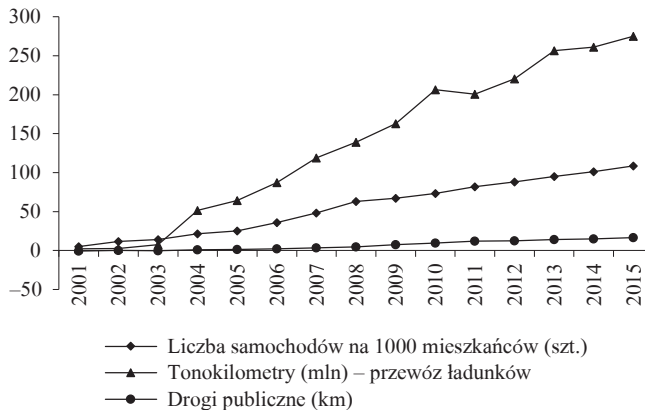
Tabela 1. Liczba samochodów osobowych na 1000 obywateli, praca transportowa i liczba kilometrów dróg publicznych w latach 2000–2015 w Polsce

Lata	Liczba samochodów na 1000 mieszkańców (szt.)	Tonokilometry (mln)	Drogi publiczne (km)
2000	258	72 843	250 001
2001	272	74 403	248 303
2002	288	74 651	250 291
2003	294	78 160	248 786
2004	314	110 481	252 019
2005	323	119 740	253 781
2006	351	136 490	255 543
2007	383	159 527	258 910
2008	422	174 223	261 233
2009	432	191 484	268 372
2010	447	223 170	273 760
2011	470	218 888	280 401
2012	486	233 310	280 719
2013	504	259 708	285 165
2014	520	262 860	287 650
2015	539	273 107	290 919

Źródło: GUS, Bank Danych Lokalnych (dziedzina Transport i Łączność).

Na podstawie powyższych danych obliczono zmianę procentową wartości danego parametru w danym roku w stosunku do wartości tego parametru w okresie wyjściowym (rok 2000). Jednoznaczne wzrosty w każdej z analizowanych kategorii, przedstawione na rysunku 1, wskazują na rozwój transportu drogowego w Polsce w latach 2000–2015.

Rysunek 1. Procentowa zmiana w stosunku do roku 2000 liczby samochodów na 1000 mieszkańców, tonokilometrów oraz ilości kilometrów dróg publicznych w Polsce w latach 2001–2015



Źródło: opracowanie własne.

Największy wzrost nastąpił w przypadku przewozów towarów – ponad 274%. Skutkuje to tym, że polski rynek transportowy stał się kluczowym rynkiem drogowych przewozów towarowych dla całej Europy. Wzrost mobilności i dostępu do pojazdów samochodowych, reprezentowany przez wskaźnik określający zmianę liczby samochodów na 1000 mieszkańców, wynosi ponad 108%. Wynika to przede wszystkim ze wzrostu gospodarczego, który umożliwia coraz większej liczbie obywateli zakup własnego samochodu (Pindór, Treła, 2014, s. 118), co przekłada się na wzrost popytu w sytuacji, gdy rynek nie jest jeszcze nasycony. Po nasyceniu rynku wzrost tego wskaźnika nie będzie widoczny lub jego zmiany nie będą istotne, gdyż wielkość popytu na samochody będzie równoważona ilością samochodów wycofywanych z eksploatacji. Najmniejszą wartość przedstawia wskaźnik dotyczący ilości kilometrów dróg publicznych – ponad 16%. Obrazuje to stosunkowo niewielki rozwój infrastruktury drogowej w porównaniu do zmian w kategorii samochodów osobowych i użytkowych. Jednocześnie jednak długość dróg ekspresowych i autostrad, przenoszących istotną część ruchu drogowego, a szczególnie towarowego, zwiększała się dużo bardziej dynamicznie (o ponad 383% w stosunku do roku 2003) niż długość wszystkich dróg publicznych. Efektem tych zmian i jednym ze skutków rozwoju transportu drogowego w Polsce jest duży, ale najczęściej płynny, ruch na

drogach ekspresowych i autostradach oraz bardzo duży, najczęściej przewyższający możliwości infrastruktury drogowej (występowanie kongestii), ruch w centrach dużych miast.

2. Efekty zewnętrzne związane z emisją zanieczyszczeń z transportu drogowego

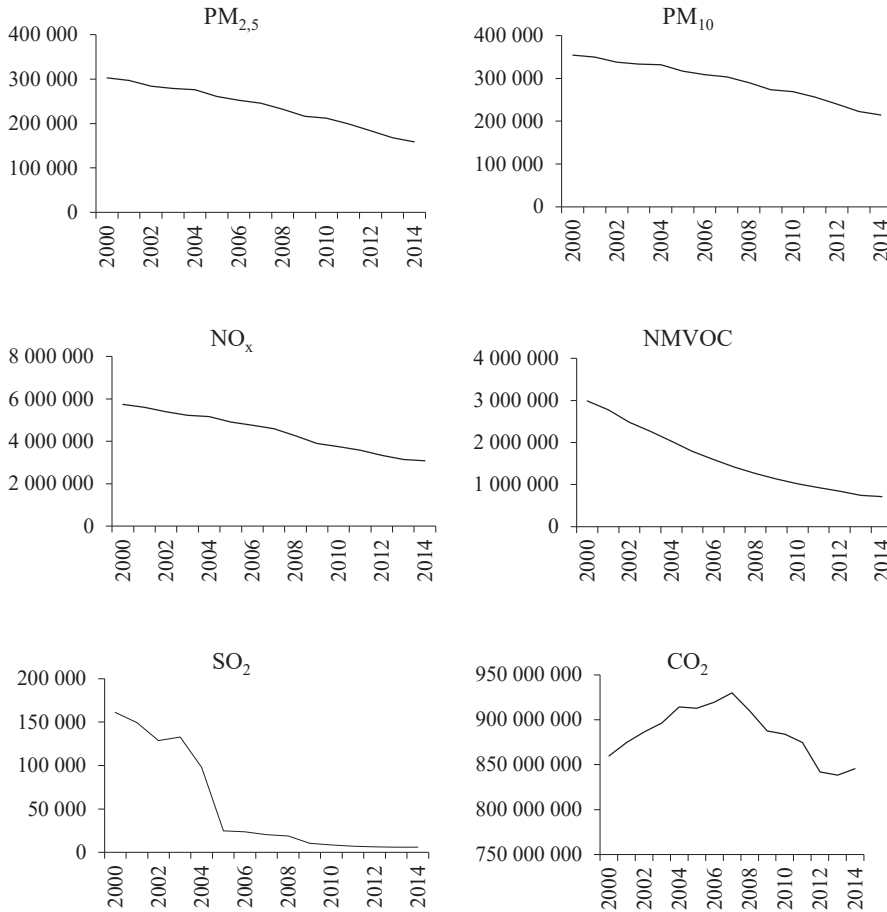
Pojazdy samochodowe emitują wiele związków chemicznych, jednak największe znaczenie dla środowiska oraz zdrowia człowieka mają następujące:

- cząstki stałe – $PM_{2,5}$ i PM_{10} ,
- tlenki azotu – NO_x ,
- niemetanowe lotne związki organiczne NMVOC,
- dwutlenek siarki SO_2 ,
- dwutlenek węgla CO_2 .

Związki te mogą powodować choroby układu oddechowego, układu krążenia, centralnego układu nerwowego, choroby oczu i alergie, a w przypadku zmian środowiskowych – tzw. kwaśne deszcze. Redukcja tej emisji jest więc jednym z najważniejszych celów polityki zrównoważonego rozwoju transportu drogowego prowadzonej zarówno na szczeblu Unii Europejskiej, jak i Polski. Podstawowym elementem realizowania tej polityki jest sukcesywne wprowadzanie norm emisji spalin Euro oraz norm emisji CO_2 . Skuteczność tych działań można zmierzyć poprzez porównywanie wielkości emisji z transportu drogowego poszczególnych zanieczyszczeń na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat. W przypadku Unii Europejskiej, w okresie 2000–2014, zmniejszyły się emisje wszystkich wymienionych związków chemicznych, poza CO_2 , co przedstawiono na rysunku 2. Wzrost emisji tego związku wynika z faktu, że praca transportowa w analizowanym okresie zwiększała się, a emisja CO_2 jest wprost proporcjonalna do ilości zużytego paliwa. Wielkość emisji CO_2 zaczęła się zmniejszać w odpowiedzi na wprowadzone normy emisji CO_2 . Producenci musieli wtedy zacząć poszukiwać rozwiązań technologicznych umożliwiających zmniejszenie zużycia paliwa, co jest jedyną drogą ograniczenia emisji CO_2 z procesów spalania.

Zaobserwowane w Unii Europejskiej zmiany emisji zanieczyszczeń jednoznacznie wskazują, że prowadzona polityka transportowa spowodowała obniżenie emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego.

Rysunek 2. Emisja zanieczyszczeń: $PM_{2,5}$, PM_{10} , NO_x , NMVOC, SO_2 i CO_2 pochodzących z transportu drogowego w latach 2000–2014 w Unii Europejskiej (28 państw) (Mg)

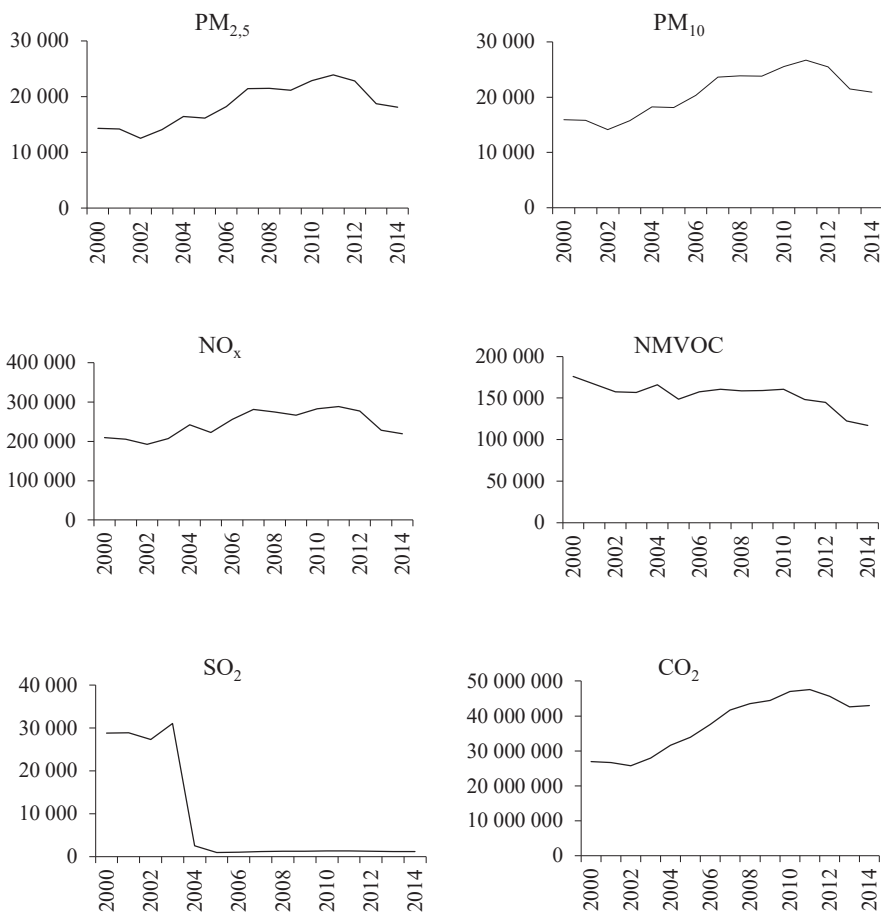


Źródło: Eurostat.

Polska motoryzacja w analizowanym okresie nie znajdowała się jednak na tym samym poziomie rozwoju, co motoryzacja w przeciętnym państwie Unii Europejskiej. W Polsce przypadało mniej pojazdów na 1000 mieszkańców, więcej pojazdów było bardziej zaawansowanych wiekowo oraz bardziej wyeksploatowanych technicznie, niż wskazywałyby na to średnia UE. Dodatkowo Polska przystąpiła

do Unii Europejskiej w 2004 roku, co znacząco opóźniło stosowanie europejskich norm emisji spalin. Czynniki te spowodowały, że przebieg zmian wartości emisji poszczególnych zanieczyszczeń pochodzących z transportu drogowego w Polsce kształtował się znacząco odmiennie niż w Unii Europejskiej, co zobrazowano na rysunku 3.

Rysunek 3. Emisja zanieczyszczeń: $PM_{2,5}$, PM_{10} , NO_x , NMVOC, SO_2 i CO_2 pochodzących z transportu drogowego w latach 2000–2014 w Polsce (Mg)



Źródło: Eurostat.

Emisja wszystkich analizowanych zanieczyszczeń, poza SO_2 , zaczyna wykazywać tendencję spadkową dopiero po 2011 roku. W przypadku SO_2 wcześniejszy spadek emisji wynika z wprowadzenia innych norm zawartości siarki w paliwach.

Podstawą rozbieżności kierunku zmian wielkości emisji w Polsce i UE jest bardzo duża różnica w przyroście ilości samochodów w analizowanym okresie. W Polsce do 2011 roku w porównaniu z 2000 rokiem przybyło ok. 80% samochodów, podczas gdy w tym samym czasie w UE przybyło około 16% pojazdów. Dynamika wzrostu ilości samochodów zmniejszyła się istotnie po 2011 roku, co w połączeniu z napływem samochodów spełniających coraz bardziej rygorystyczne normy zapoczątkowało trend spadkowy emisji zanieczyszczeń.

W przypadku PM oraz NO_x wzrost emisji może być tłumaczony także sukcesywnie zwiększającą się popularnością samochodów z silnikami diesla, które emitują więcej tych zanieczyszczeń niż silniki zasilane benzyną lub LPG. Wyhamowanie wzrostu popularności tego rodzaju napędu, szczególnie wśród samochodów używanych, również przyczynia się do spadku emisji tych związków. W przypadku emisji NMVOC, charakterystycznej przede wszystkim dla pojazdów zasilanych benzyną, wzrost popularności silników diesla mógł powodować spadki bądź utrzymywanie się na podobnym poziomie tej emisji, nawet podczas dynamicznego wzrostu ilości samochodów w Polsce.

Spadek emisji CO_2 wystąpił w późniejszym etapie niż w UE, gdyż podobnie jak w przypadku innych zanieczyszczeń, uniemożliwiało to duże tempo wzrostu liczby samochodów. Spadek tej emisji może wynikać ze stosunkowo już dużego udziału w polskim rynku (biorąc pod uwagę pracę wykonywaną przez pojazdy) nowoczesnych pojazdów, zużywających coraz mniej paliwa.

Zmiany takie pozwalają przypuszczać, że polski rynek transportu drogowego upodobnił się już do przeciętnego rynku UE i będzie wykazywał się w przyszłości podobnymi zależnościami w kwestiach związanych z emisją zanieczyszczeń.

3. Wycena niekorzystnych efektów zewnętrznych związanych z emisją zanieczyszczeń

Wycenę emisji zanieczyszczeń wynikającą z eksploatacji środków transportu drogowego w Polsce w latach 2000–2014 wykonano na podstawie metodologii, dzięki której Komisja Europejska zachęca państwa członkowskie do stosowania

wspólnych ram szacowania kosztów zewnętrznych transportu (*Handbook...*). Praca ta rekomenduje konkretne metody oraz wartości konieczne do określenia kosztów zewnętrznych, będące wynikiem prowadzonych w Europie projektów oraz badań w zakresie metod ich szacowania. Podstawą kalkulacji wartości przedstawionych w tej pracy były marginalne koszty zewnętrzne związane z eksploatacją środków transportu.

Do wyceny kosztów zewnętrznych przyjęto wartości emisji, które były podstawą do stworzenia rysunku 3 oraz jednostkowe koszty emisji zanieczyszczeń zawarte w metodologii *Handbook...*, przeliczone po kursie NBP z dnia 31 grudnia 2015 roku (zł/euro). Przedstawione w tabeli 2 wartości wyrażone są w cenach z 2000 roku, aby możliwe było ich bezpośrednie porównanie.

Tabela 2. Koszt zewnętrzny emisji PM_{2,5}, PM₁₀, NO_x, NMVOC, SO₂ oraz CO₂ z transportu drogowego w Polsce w latach 2000–2014 (mln PLN)

Związek chemiczny	Rok							
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
PM _{2,5}	3412	3393	2991	3356	3925	3855	4353	5118
PM ₁₀	1519	1512	1352	1503	1743	1729	1939	2254
NO _x	3484	3414	3200	3450	4023	3698	4251	4675
NMVOC	450	426	403	400	425	380	403	411
SO ₂	686	688	651	740	61	22	25	28
CO ₂	2868	2841	2740	2980	3372	3612	3999	4438
Suma	12419	12274	11336	12429	13549	13296	14970	16924

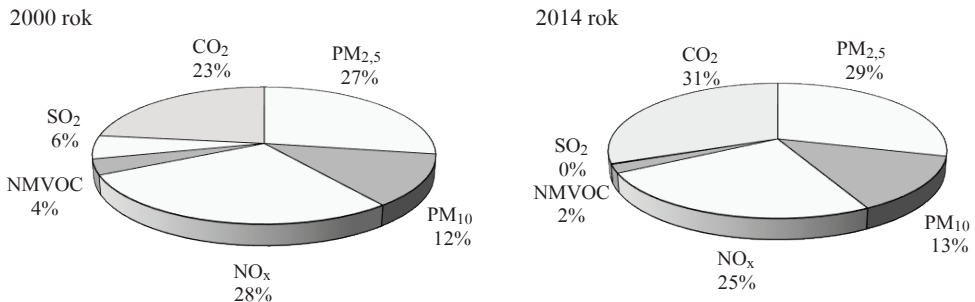
Związek chemiczny	Rok						
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
PM _{2,5}	5126	5044	5454	5703	5440	4468	4328
PM ₁₀	2278	2268	2438	2546	2431	2050	1994
NO _x	4562	4433	4707	4802	4607	3796	3652
NMVOC	406	407	411	379	370	313	300
SO ₂	29	30	32	32	31	28	29
CO ₂	4643	4733	5008	5070	4859	4543	4578
Suma	17043	16916	18050	18532	17737	15199	14881

Źródło: opracowanie własne.

Trend spadkowy w przypadku całkowitych kosztów zewnętrznych emisji zanieczyszczeń rozpoczyna się po 2011 roku, co jest zgodne ze zmianami emisji wszystkich zanieczyszczeń poza SO_2 . Bardzo gwałtowny spadek emisji tego związku w 2004 roku nie zmienił trendu wzrostowego dla sumarycznych kosztów zewnętrznych. Wynika to z faktu, że udział kosztów emisji SO_2 w całkowitych kosztach zewnętrznych był stosunkowo niski nawet w początkowym okresie i wynosił od ok. 5,5 do 6,0%. Jedynym związkiem, który do 2003 roku charakteryzował się mniejszymi kosztami zewnętrznymi, był NMVOC – z udziałem w kosztach całkowitych 3,2–3,6%. Udział kosztów zewnętrznych wynikających z emisji pozostałych związków chemicznych w tym okresie przekraczał 10% dla PM_{10} oraz 20% dla $\text{PM}_{2,5}$, NO_x i CO_2 .

Zmiana udziałów kosztów zewnętrznych związanych z emisją poszczególnych zanieczyszczeń w 2014 roku w stosunku do 2000 roku została przedstawiona na rysunku 4.

Rysunek 4. Udział kosztów zewnętrznych wynikających z emisji poszczególnych związków chemicznych w 2000 i w 2014 roku (%)



Źródło: opracowanie własne.

Udział kosztów zewnętrznych związanych z emisją poszczególnych zanieczyszczeń jest porównywalny w 2000 i 2014 roku. Istotne różnice dotyczą SO_2 i CO_2 . W przypadku SO_2 udział kosztów zewnętrznych zmniejszył się z 5,5% w 2000 roku do 0,2% w 2014 roku, natomiast w przypadku CO_2 udział ten zwiększył się odpowiednio z 23 do 31%. W przypadku NMVOC wartości zmieniły się z 3,6% w 2000 roku do 2,0% w 2014 roku. Zmiany te są duże w ujęciu procentowym, jednak z punktu

widzenia zmiany struktury udziału w kosztach zewnętrznych nie są istotne. Udziały kosztów zewnętrznych związanych z emisją pozostałych zanieczyszczeń były podobne – dla $PM_{2,5}$ odpowiednio 27 i 29%, PM_{10} – 12 i 13% a dla NO_x – 28 i 25%.

Zmiany te w przypadku SO_2 wynikają z wprowadzenia obostrzeń w zakresie zawartości siarki w paliwie, natomiast w przypadku CO_2 są następstwem zwiększającej się pracy przewozowej i związanego z tym zwiększonego zapotrzebowania na paliwo. Zmiany udziałów mogą świadczyć o tym, że redukcja emisji zanieczyszczeń wynikająca z zastosowanych technologii oczyszczania spalin jest większa niż redukcja zużycia paliwa, która jest konieczna, aby zmniejszyć emisję CO_2 . Wydaje się to naturalne, biorąc pod uwagę fakt, że normy emisji CO_2 zaczęto wprowadzać dopiero w 2009 roku, kiedy w zakresie emisji zanieczyszczeń takich, jak PM, NMVOC oraz NO_x obowiązywała już norma Euro 5.

Podsumowanie

Polityka transportowa prowadzona przez Unię Europejską, realizowana jednocześnie w Polsce, w zakresie emisji zanieczyszczeń jest skuteczna, gdyż prowadzi do sukcesywnego zmniejszania emisji zanieczyszczeń, a przez to także do obniżania kosztów zewnętrznych z niej wynikających. Działania dotyczące emisji PM, NO_x , NMVOC a także SO_2 dają większe efekty niż działania odnoszące się do emisji CO_2 , co wynika z istotnego przesunięcia czasowego we wprowadzaniu konkretnych norm.

W Unii Europejskiej spadek emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego był widoczny już w 2000 roku, w Polsce rozpoczął się od roku 2012. Różnica ta wynika z innego poziomu rozwoju rynku motoryzacyjnego w Polsce i w przeciętnym państwie UE, szczególnie w pierwszym okresie, jaki został poddany analizie. Porównanie zmian zachodzących na rynku polskim oraz UE wskazuje na upodobnienie się tych rynków do siebie pod koniec analizowanego okresu – od 2012 roku. Podobieństwo to nie oznacza jednak, że rynki te są na tym samym poziomie rozwoju – poziom dochodu w przeliczeniu na mieszkańca determinuje pewne różnice, np. w zakresie średniego wieku pojazdów, ale oznacza, że polski rynek motoryzacyjny rozwinął się już w takim stopniu, że w zakresie emisji zanieczyszczeń powinny na nim zachodzić podobne zmiany, jak na rynkach Unii Europejskiej. Należy się spodziewać,

że zmiany te będą „przesunięte technologicznie” (będą powodowane zmianami na starszych poziomach technologii), ale będą wykazywać taki sam trend, jak w UE.

Literatura

- Bank Danych Lokalnych. Pobrano z: <https://bdl.stat.gov.pl/BDL/dane/podgrup/temat> (30.03.2017).
- Dubel, A. (2016). Analiza porównawcza kosztów adaptacji i zapobiegania zmianom klimatycznym. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 436, 84–92.
- Eurostat. Pobrano z: <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (30.03.2017).
- Maibach, M. i in. (2008). *Handbook on Estimation of External Cost in the Transport Sector*. Delft: CE.
- Pindór, T., Trela, M. (2014). Perspektywy zrównoważonego rozwoju transportu drogowego w Polsce do 2030 roku. *Ekonomia i Środowisko*, 2 (49), 117–129.
- Preisner, L., Trela, M. (2013). Economic Instruments for the Internalization of External Costs of Road Transport. *Economic and Environmental*, 13 (1), 61–70.

ANALYSIS OF POLLUTANTS EXTERNAL COST FROM ROAD TRANSPORT IN POLAND IN 2000–2014

Abstract

The article presents changes in emission of pollutants such as particulate matter (PM_{2,5} and PM₁₀), nitrogen oxides (NO_x), Non-methane volatile organic compounds (NMVOC), sulfur dioxide (SO₂), and carbon dioxide (CO₂) resulting from the operation of vehicles in Poland and the European Union in 2000–2014. The external costs associated with the emission of analyzed pollutants in Poland were calculated and as the aim of article were drawn the conclusions on the effectiveness of EU transport policy in emission reduction of pollutants.

Keywords: sustainable transport, emission of pollutants, external costs

JEL codes: Q51, Q53