

Agnieszka Gozdek, Elżbieta Szaruga*

ANALIZA DEKOMPOZYCYJNA WZROSTU EMISJI GAZÓW CIEPLARNIANYCH Z TRANSPORTU SAMOCHODOWEGO NA PRZYKŁADZIE POLSKI I RUMUNII

W artykule przedstawiono cele unijne z uwzględnieniem zmniejszenia emisji GHG, ze szczególnym uwzględnieniem transportu samochodowego i rekomendacji dotyczących tego celu. W dalszej kolejności przedstawiono kwerendę literatury, w której przytoczono badania oparte na metodzie LMDI i odnoszące się do emisji dwutlenku węgla. Kolejna część artykułu zawiera część empiryczną, w której ujęte są badania dla Polski i Rumunii, przedstawiające zmiany GHG w okresie 5-letnim (2008–2012) oraz roczne zmiany GHG w latach 2008–2012. W artykule określono zarówno źródła wzrostu GHG z transportu samochodowego, jak i czynniki je łagodzące.

Słowa kluczowe: transport samochodowy, gazy cieplarniane, LMDI

Wstęp

Gazy cieplarniane (GHG¹) są obecnie jednym z fundamentalnych filarów, od których zależy przyszłość różnych gospodarek na poziomie narodowym, supranarodowym i globalnym. Na emisje gazów cieplarnianych składają się emisje dwutlenku węgla (CO₂), metanu (CH₄), podtlenku azotu (N₂O), fluorowęglowodorów

* dr Agnieszka Gozdek – Katedra Systemów i Polityki Transportowej Wydziału Zarządzania i Ekonomiki Usług, Uniwersytet Szczeciński; mgr Elżbieta Szaruga – Katedra Metod Ilościowych Wydziału Zarządzania i Ekonomiki Usług, Uniwersytet Szczeciński.

¹ GHG – *greenhouse gas*.

(HFC), perfluorowęglowodorów (PFC) i sześćiofluorku siarki (SF₆) wyrażone jako tony ekwiwalentu dwutlenku węgla².

Skutki jakie za sobą niosą gazy cieplarniane, nie tylko środowiskowe, ale przede wszystkim społeczne i gospodarcze zmuszają decydentów do racjonalizacji niektórych działów gospodarki, jak na przykład transport, a w szczególności transport samochodowy. Potwierdzeniem tego jest cel aktualnej polityki transportowej Unii Europejskiej zapisany w białej księdze, taki jak redukcja emisji gazów cieplarnianych o 60% do 2050 roku w stosunku do 1990 roku³. Jednym jednak z głównych problemów, który napotyka transport unijny jest prawie całkowite (96%) uzależnienie tego działu gospodarki od paliw kopalnych⁴. Ponadto, w ujęciu globalnym transport partycypuje w generowaniu całkowitych emisji CO₂ w około 23% – według badań Międzynarodowej Agencji Energii (MAE)⁵ w 2012 roku globalnie do atmosfery emitowanych było 31 743,3 mln t emisji CO₂ ze spalania paliw, z tego przez transport – 7187 mln t. Warto podkreślić, że udział transportu samochodowego w emisji CO₂ stanowił 73% emisji ze wszystkich gałęzi transportu w tym samym okresie badawczym⁶. Zatem, w celu zminimalizowania negatywnych zmian klimatycznych wyzwaniem globalnym jest redukcja dwutlenku węgla, który jest głównym gazem cieplarnianym, odpowiadającym za te zmiany.

Łagodzenie skutków emisji GHG (będących ekwiwalentem CO₂) może nieść za sobą różne konsekwencje, dlatego istotne jest przeprowadzenie analizy dekompozycyjnej emisji GHG na czynniki składowe, dzięki czemu można rozpoznać źródła generujące najwyższe emisje, jak i te, które je redukują. Służy temu metoda LMDI (*Logarythmic Mean Divisia Index*), która wykorzystywana jest przez wielu badaczy, szczególnie w kontekście badań przeprowadzonych na przykładzie Azji lub wybranych państw, takich jak Chiny, Grecja i Dania.

² Decyzja Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2009/406/WE z 23.04.2009 r. w sprawie wysiłków podjętych przez państwa członkowskie, zmierzających do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych w celu realizacji do 2020 r. zobowiązań Wspólnoty dotyczących redukcji emisji gazów cieplarnianych, Dz. Urz. UE L 140 z 5.06.2009, s. 140.

³ *Biała Księga. Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu*, Komisja Unii Europejskiej, Bruksela 28.03.2011, KOM(2011) 144 wersja ostateczna, s. 3.

⁴ *Transport. Społeczeństwa i biznesu w UE*, „Zrozumieć politykę Unii Europejskiej” 2014, s. 8, http://europa.eu/pol/pdf/flipbook/pl/transport_pl.pdf (dostęp 12.06.2015).

⁵ Międzynarodowa Agencja Energii znana jest również pod skrótem IEA – International Energy Agency.

⁶ *CO₂ emissions from fuel combustion. Highlights*, OECD, IEA, Paris 2014, s. 57.

Podobne badanie przeprowadziły autorki w odniesieniu do Polski i Rumunii, z uwzględnieniem okresu 2008–2012 na przykładzie transportu samochodowego.

Celem artykułu jest identyfikacja czynników wzrostu i łagodzenia gazów cieplarnianych pochodzących z transportu samochodowego oraz określenie ich skali oddziaływania na zmiany GHG.

1. Przegląd literatury

Analiza czynników wzrostu emisji dwutlenku węgla z transportu samochodowego nurtuje wielu badaczy, czego przykładem są liczne prace poświęcone tej tematyce. Jedną z metod, którą wykorzystuje się do analizy dekompozycji jest metoda LMDI⁷. Cieszy się ona szczególnym zainteresowaniem wśród badaczy zainteresowanych tematem intensywności emisji dwutlenku węgla z transportu lub energochłonności transportu w kontekście polityki dekarbonizacji i zagadnień dotyczących zrównoważonego rozwoju.

W gronie badaczy posługujących się metodą LMDI jest Govinda R. Timilsina oraz Ashish Shrestha. Autorzy ci poddali analizie czynniki wzrostu emisji dwutlenku węgla pochodzącego z transportu na przykładzie Azji, przyjmując za okres badawczy lata 1980–2005. Zauważyli oni, że wzrost emisji dwutlenku węgla był wywołany zmianami w: miksie paliw, przesunięciach gałęziowych, produkcji krajowym brutto w przeliczeniu na mieszkańca, populacji i energochłonności transportu, przy czym podkreślono, że do dominujących czynników wzrostu emisji dwutlenku węgla należy zaliczyć: PKB/*capita*, populację i energochłonność transportu, a do czynników nieznacznie wpływających na wzrost emisji dwutlenku węgla: zmianę paliwa i przesunięcia gałęziowe⁸.

W.W. Wang, M. Zhang oraz M. Zhou także dokonali studiów empirycznych CO₂ z transportu w Chinach, bazując na założeniach metody LMDI. Próba badawcza obejmowała lata 1985–2009. Autorzy zdekomponowali wzrost emisji dwutlenku węgla na sześć składowych, do których zaliczyli między innymi: efekt mnożnikowy emisji, efekt podziału przewozów, efekt przesunięć gałęziowych, efekt transportochłonności, efekt aktywności ekonomicznej (w przeliczeniu na

⁷ Szerzej P. Zhou, B.W. Ang, *Index decomposition analysis for tracking energy efficiency trends*, w: *The Routledge Handbook of Environmental Economics in Asia*, red. S. Managi, Routledge, Abingdon & New York 2015, s. 85–97; B.W. Ang, *The LMDI approach to decomposition analysis: a practical guide*, „Energy Policy” 2005, vol. 33, s. 867–871.

⁸ G.R. Timilsina, A. Shrestha, *Transport sector CO₂ emissions growth in Asia: Underlying factors and policy options*, „Energy Policy” 2009, vol. 37, s. 4538.

mieszkańca) i efekt populacji. Wyniki analizy dekompozycji autorzy ci przedstawili w trzech syntetycznie ujętych punktach, mianowicie⁹:

- najwyższy poziom emisji pochodzą z transportu samochodowego, następnie z transportu wodnego śródlądowego, kolejowego, niski poziom emisji z lotnictwa cywilnego i transportu rurociągowego,
- efekt aktywności gospodarczej (w przeliczeniu na osobę), efekt przesunięć gałęziowych i efekt wzrostu populacji przyczyniły się wzrostu emisji dwutlenku węgla w transporcie w analizowanym okresie,
- efekt transportochłonności i efekt w podziale gałęziowym przewozów wpływały na redukcję emisji dwutlenku węgla w transporcie, natomiast efekt mnożnikowy emisji nie był istotny.

Interesujące są również badania przeprowadzone przez Katerinę Papagiannaki i Danae Diakoulaki, którzy skupili się na analizie dekompozycji emisji dwutlenku węgla, pochodzącego z samochodów osobowych na przykładzie Grecji i Danii w latach 1990–2005. Analiza wykazała wpływ sześciu czynników na poziom emisji dwutlenku węgla, którymi są: populacja, pojazdy w użyciu w przeliczeniu na mieszkańca, średni przebieg samochodu, podział samochodów ze względu na używany rodzaj paliwa, rozmiar silnika i technologię silnika. Wyniki badań otrzymane dla Danii i Grecji nie były identyczne. Jak wynika z badań, głównym czynnikiem sprawczym emisji dwutlenku węgla jest rosnąca motoryzacja indywidualna. W Danii jednak liczba pojazdów na głowę wzrasta wolniej niż w Grecji, stąd też całkowita emisja dwutlenku węgla rośnie również wolniej w Danii niż w Grecji. Ponadto w Danii w latach 1995–2005 zauważono, że rosnąca tendencja emisji dwutlenku węgla zwalniała, co było spowodowane redukcją średniego przebiegu i pozytywnym wpływem zastosowanych technologii. Jak nadmieniają badacze, w Grecji niedozwolone jest korzystanie z samochodów osobowych z silnikiem diesla na terenach miejskich, bo te generują zbyt wysokie emisje dwutlenku węgla, toteż malejący udział samochodów z tymi silnikami przyczynia się do zmniejszenia emisji CO₂¹⁰. Na marginesie można wspomnieć, że w gronie badaczy, którzy swoje interpretacje opierają na metodzie LMDI są również Bin Guo, Yong Geng, Bernd Franke, Han Hao, Yaxuan Liu i Anthony

⁹ W.W. Wang, M. Zhang, M. Zhou, *Using LMDI method to analyze transport sector CO₂ emissions in China*, „Energy” 2011, vol. 36, s. 5914.

¹⁰ K. Papagiannaki, D. Diakoulaki, *Decomposition analysis of CO₂ emissions from passenger cars: The case of Greece and Denmark*, „Energy Policy” 2009, vol. 37, s. 3265–3266.

Chiu. Autorzy podjęli próbę odkrycia wzorców emisji dwutlenku węgla z transportu na przykładzie Chin i ich regionów¹¹.

Obok powyższych studiów empirycznych, na szczególną uwagę zasługuje również praca Hui-Min Wu oraz Wu Xu, którzy również wykorzystali techniki dekompozycji LMDI, z tym że przedmiotem analizy były czynniki zużycia energii przez transport ładunków. Do czynników tych zaliczono: energochłonność, strukturę przewozów ładunków, średnią odległość przewozów ładunków statkami, transportochłonność przewozów ładunków oraz PKB. Badanie przeprowadzono na przykładzie Chin w latach 2000–2012. Jak z niego wynika, wzrost PKB w największym stopniu wpływał na wzrost zużycia energii, natomiast spadek energochłonności oraz transportochłonności przewozów ładunków wpływał na zmniejszenie zużycia energii, choć transportochłonność w większym stopniu przyczyniała się do ograniczenia emisji dwutlenku węgla niż energochłonność. Jednocześnie, fluktuacje w strukturze przewozów ładunków oraz w średniej odległości przewozów ładunków statkami wpływały na wahania zużycia energii¹².

Na podstawie przytaczanej literatury, autorki podjęły próbę przeprowadzenia analizy dekompozycji zmian dwutlenku węgla na przykładzie Polski i Rumunii, bazując na metodzie LMDI, co przedstawiono w dalszej części artykułu.

2. Dekompozycja emisji dwutlenku węgla z transportu samochodowego

Analizę dekompozycji emisji dwutlenku węgla z transportu samochodowego przeprowadzono dla Polski i Rumunii na podstawie wybranych wskaźników proponowanych przez OECD¹³. Zakres czasowy analizy obejmuje lata 2008–2012, przy czym dekompozycję wykonano na podstawie zmiany w horyzoncie 5-letnim (do roku bazowego – 2008) oraz w horyzoncie rocznym (do roku poprzedniego).

Całkowite emisje gazów cieplarnianych w transporcie samochodowym (rozumiane przez pryzmat ekwiwalentu CO₂) są wypadkową zmian intensywności gazów cieplarnianych, energochłonności pojazdów, intensywności transportu samochodowego, aktywności gospodarczej (w przeliczeniu na osobę) i populacji,

¹¹ B. Guo, Y. Geng, B. Frange, H. Hao, Y. Liu, A. Chiu, *Uncovering China's transport CO₂ emissions patterns at the regional level*, „Energy Policy” 2014, vol. 74, s. 134–146.

¹² H-M. Wu, W. Xu, *Cargo Transport Energy Consumption Factors Analysis: Based on LMDI Decomposition Technique*, „IERI Procedia” 2014, vol. 9, s. 172.

¹³ *Environment at a Glance 2013. OECD Indicators*, OECD 2013.

zarówno w Polsce, jak i Rumunii w latach 2008–2012, co można przedstawić za pomocą równania:

$$\text{CO}_{2t} = \sum \text{INCO}_{2t} \times \text{ENP}_t \times \text{IT}_t \times \text{DC}_t \times \text{POP}_t,$$

co jest równoznaczne z poniższym zapisem

$$\text{CO}_{2t} = \sum \frac{\text{CO}_{2t}}{\text{ZE}_t} \times \frac{\text{ZE}_t}{\text{NR}_t} \times \frac{\text{NR}_t}{\text{PKB}_t} \times \frac{\text{PKB}_t}{\text{POP}_t} \times \text{POP}_t,$$

gdzie:

- CO_{2t} – emisje gazów cieplarnianych (jako ekwiwalent CO_2) w transporcie samochodowym (tys. t CO_2eq),
- INCO_{2t} – intensywność emisji dwutlenku węgla wyrażona jako iloraz emisji dwutlenku węgla w transporcie samochodowym do zużycia energii przez ten rodzaj transportu ($\text{kg CO}_2\text{eq/kgoe}^{14}$),
- ENP_t – energochłonność pojazdów wyrażona jako relacja zużycia energii przez transport samochodowy do natężenia ruchu przez ten rodzaj transportu ($\text{Mtoe}^{15}/\text{pojazdokm}^{16}$),
- IT_t – intensywności transportu samochodowego¹⁷, będąca ilorazem natężenia ruchu drogowego i PKB (tys. pojazdokm/PPS),
- DC_t – aktywność gospodarcza w przeliczeniu na osobę, dochód w przeliczeniu na jedną osobę, czyli relacja PKB *per capita* (PPS/os.),
- POP_t – średnioroczna liczba populacji (os.),
- ZE_t – zużycie energii przez transport samochodowy (tys. toe),
- NR_t – natężenie ruchu w transporcie samochodowym (pojazdokm),
- PKB_t – produkt krajowy brutto (w PPS).

Wymienione wskaźniki, zapisane w pierwszej wersji równania zaprezentowano w tabeli 1 dla Polski i Rumunii dla lat 2008–2012. Jak wynika z danych zaprezentowanych w tabeli, emisje gazów cieplarnianych w transporcie samochodowym w 2012 roku w stosunku do 2008 roku wzrosły zarówno dla Polski, jak i Rumunii. Dla PKB/*capita* również w obu krajach można zauważyć wzrost.

¹⁴ kgoe – kilogramy ekwiwalentu ropy naftowej (*kilograms of oil equivalent*).

¹⁵ Mtoe – miliony ton ekwiwalentu ropy naftowej (*million tons of oil equivalent*).

¹⁶ pojazdokm – pojazdokilometr jest miernikiem eksploatacyjnym, wyrażającym przemieszczanie się silnikowego pojazdu drogowego na odległość jednego kilometra.

¹⁷ W oryginalnym brzmieniu *vehicles intensity* – nazwa ta nie została dosłownie przetłumaczona, gdyż autorkom nasuwa ona pewne wątpliwości, dlatego określenie *vehicle intensity* roboczo nazwano intensywnością transportu samochodowego.

Intensywność transportu samochodowego oraz populacja w obu krajach jednocześnie zmalała w 2012 roku w stosunku do 2008 roku. Intensywność gazów cieplarnianych z transportu samochodowego, jak i energochłonność pojazdów w obu krajach natomiast wskazywała na przeciwne zależności – w jednym kraju rosła, w drugim – malała. Można jednak zauważyć, że przy wzroście intensywności GHG zauważalny jest spadek energochłonności pojazdów w Polsce w 2012 roku w stosunku do 2008 roku, i przeciwnie dla Rumunii – spadek intensywności GHG z jednoczesnym wzrostem energochłonności pojazdów w analogicznym horyzoncie czasowym.

Tabela 1

Wzrost emisji gazów cieplarnianych z transportu samochodowego i czynników składowych w Polsce i Rumunii w 2008 i 2012 roku

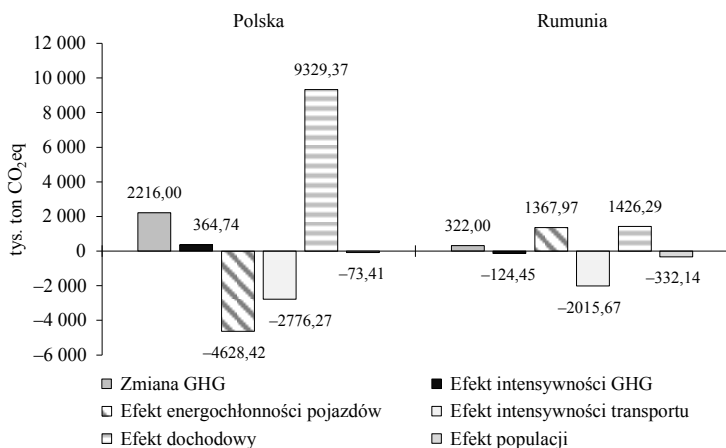
Wyszczególnienie		2008	2012
GHG w transporcie samochodowym (tys. t CO ₂ eq)	Polska	43 580	45 796
	Rumunia	13 889	14 211
Intensywność GHG (kg CO ₂ eq/kgoe)	Polska	2,99	3,01
	Rumunia	3,02	3,00
Energochłonność pojazdów (Mtoe/pojazdokm)	Polska	81,23	73,24
	Rumunia	96,57	106,45
Intensywność transportu samochodowego (tys. pojazdokm/PPS)	Polska	334,93	314,75
	Rumunia	189,18	163,89
PKB/capita (tys. PPS/os.)	Polska	14,07	17,33
	Rumunia	12,25	13,56
Populacja (os.)	Polska	38 125 759	38 063 164
	Rumunia	20 537 875	20 058 035

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z bazy danych Eurostat <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (dostęp 12.06.2015).

Tak zarysowane zależności skłoniły autorki do przedstawienia dekompozycji GHG z transportu samochodowego w ujęciu absolutnym i procentowym (relatywnym) na podstawie metody LMDI¹⁸, przy czym przez efekt: intensywności GHG, energochłonności pojazdów, intensywności transportu, dochodowy, populacji rozumie się relatywne zmiany GHG w transporcie samochodowym spowodowane zmianą omawianych czynników w równaniu pierwszym.

¹⁸ Szczegółowy opis metodyki LMDI został pominięty (szerzej o tej metodzie w przytoczonej literaturze).

Na rysunku 1 zaprezentowano absolutne zmiany GHG, będące zakumulowanym efektem pozostałych czynników.

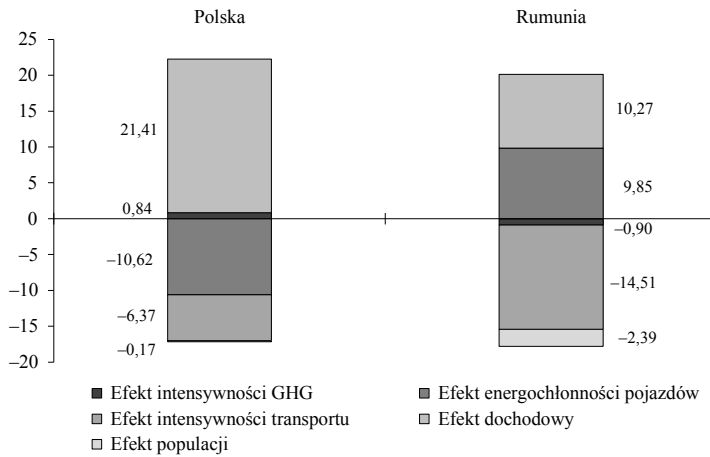


Rys. 1. Absolutne zmiany GHG z transportu samochodowego i głównych składowych dla Polski i Rumunii w 2012 roku w stosunku do 2008 roku

Źródło: opracowanie własne na podstawie tabeli 1.

Dane przedstawione na rysunku 1, wskazują, że w Polsce w 2012 roku emisje gazów cieplarnianych wzrosły o 2216 tys. t CO₂eq w stosunku do 2008 roku, czyli o 5,08%. Najsilniejszym czynnikiem, który dodatnio wpłynął na wzrost GHG był efekt dochodowy, a najsłabszym – populacja w badanym horyzoncie czasowym. Dodatkowo oddziaływał również efekt intensywności GHG, ujemnie zaś – efekt energochłonności i intensywności transportu samochodowego. Efekt dochodowy wywołał wzrost gazów cieplarnianych o 9329,37 t CO₂eq (o 21,41%) w 2012 roku w stosunku do roku bazowego. Efekt intensywności GHG, spowodował wzrost emisji GHG o 364,74 t CO₂eq (o 0,84%) w 2012 roku w stosunku do roku referencyjnego. Energochłonność pojazdów oraz intensywność transportu samochodowego i populacja wpłynęła natomiast na spadek GHG odpowiednio o 4628,42 t CO₂eq, 2 776,27 t CO₂eq, 73,41 t CO₂eq, co stanowiło odpowiednio 10,62%, 6,37%, 0,17% wartości w roku bazowym (rys. 2).

W przypadku Rumunii emisje gazów cieplarnianych wzrosły o 322 t CO₂eq w 2012 roku w stosunku do 2008, relatywnie jest to wzrost o 2,32%. Na ten wzrost dodatnio wpłynął efekt energochłonności pojazdów – wywołał on wzrost GHG o 1367,97 t CO₂eq (o 9,85%), jak i efekt dochodowy – wywołał wzrost o 1426,29 t



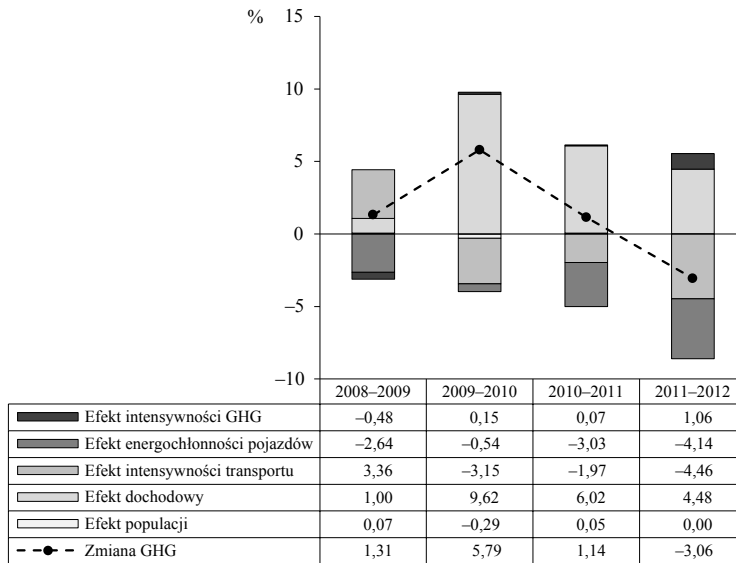
Rys. 2. Procentowe zmiany GHG z transportu samochodowego i głównych składowych dla Polski i Rumunii w 2012 roku w stosunku do 2008 roku

Źródło: opracowanie własne na podstawie tabeli 1.

CO₂eq (o 10,27%) w 2012 roku w stosunku do 2008 roku. Wzrost całkowitych emisji GHG z transportu samochodowego był redukowany przez efekt intensywności transportu samochodowego, efekt intensywności GHG oraz efekt populacji, odpowiednio o 2015,67 t CO₂eq (14,58%), 124,45 t CO₂eq (0,90%) i 322,14 t CO₂eq (2,39%) w 2012 roku w stosunku do roku bazowego. Najsilniej na całkowite emisje gazów cieplarnianych oddziaływał efekt intensywności (ujemnie), następnie efekt dochodowy i energochłonności, najsłabiej zaś efekt intensywności GHG w horyzoncie 5-letnim.

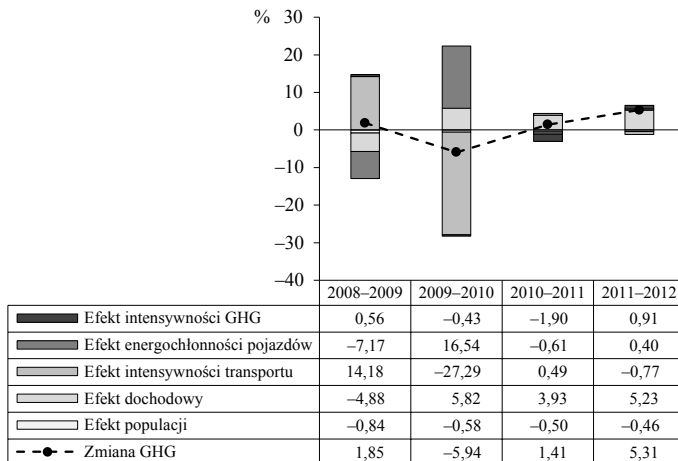
Ujęcie analizy dekompozycji emisji GHG z transportu samochodowego w horyzoncie 5-letnim przedstawia uproszczony obraz. Bardziej szczegółowa jest analiza oparta na zmianach rocznych w stosunku do roku poprzedniego, co przedstawiono odpowiednio na rysunkach 3 i 4.

Jak wynika z danych przedstawionych na rysunku 3, w trzech kolejnych okresach emisje GHG z transportu samochodowego w Polsce rosły w stosunku do roku poprzedniego odpowiednio o 1,31%, 5,79% i 1,14%, przy czym najwyższy wzrost odnotowano w okresie 2009–2010, natomiast w 2012 roku wystąpiło złagodzenie – zmniejszenie GHG o 3,06% w stosunku do 2011 roku. Największe źródło redukcji GHG z transportu samochodowego we wszystkich rocznych zmianach GHG do roku poprzedniego pochodziło z efektu energochłonności



Rys. 3. Zagregowany efekt rocznych procentowych zmian (do roku poprzedniego) CO₂ z transportu samochodowego w Polsce w latach 2008–2012

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z bazy danych Eurostat <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (dostęp 12.06.2015).



Rys. 4. Zagregowany efekt rocznych procentowych zmian (do roku poprzedniego) CO₂ z transportu samochodowego w Rumunii w latach 2008–2012

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z bazy danych Eurostat <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (dostęp 12.06.2015)

transportu samochodowego a najmniejsze z efektu populacji (w zasadzie czynnik nieznaczący – podobnie jak efekt intensywności GHG). Źródłem generującym wzrost emisji był efekt dochodowy we wszystkich zmianach GHG do roku poprzedniego. Fluktuacje pozostałych efektów natomiast wpływały na wahania emisji GHG. Można stwierdzić, że zagregowany efekt rocznego wzrostu GHG, pochodzący z efektu intensywności transportu samochodowego, efektu dochodowego i populacji, jest poddawany próbie równoważenia przez zagregowany efekt rocznej redukcji GHG pochodzącej z efektu energochłonności i efektu intensywności GHG z transportu samochodowego w okresie 2008–2009. Natomiast w okresie 2010–2011 zagregowany efekt wzrostu GHG, pochodzący z efektu intensywności emisji dwutlenku węgla, efektu dochodowego i efektu populacji był poddany próbie balansowania przez zagregowany efekt łagodzenia GHG pochodzącego z efektu energochłonności i efektu intensywności transportu. W pozostałych okresach nie zauważa się próby równoważenia zmian GHG. Można jednak zauważyć, że w rocznej zmianie (w 2012 r. w stosunku do poprzedniego roku) GHG z transportu samochodowego, prawie po równo uczestniczyły takie efekty jak efekt energochłonności, efekt intensywności transportu oraz efekt dochodowy. Ponadto wzrost przewagi efektu energochłonności nad efektem dochodowym w partycypowaniu zmian GHG wpływał na redukcję GHG.

Nieco inaczej prezentują się wyniki dla Rumunii. Jak wynika z danych zaprezentowanych na rysunku 4, emisje GHG w Rumunii wzrastały w stosunku do roku poprzedniego w okresach 2008–2009, 2010–2011 i 2011–2012 odpowiednio o 1,85%, 1,41% i 5,31%, natomiast w latach 2009–2010 odnotowano ograniczenie emisji w stosunku do roku poprzedniego o 5,94%. Jedyne efekty populacji nie ulegały fluktuacjom i wpływał nieznacznie, ale redukująco na emisje gazów cieplarnianych. Największym źródłem wzrostu emisji GHG w okresie 2008–2009 był efekt intensywności transportu samochodowego, który wygenerował wzrost GHG o 14,18% w stosunku do roku poprzedniego, natomiast za największy reduktor w tym okresie uważa się efekt energochłonności transportu samochodowego, który ograniczył emisje GHG o 7,17% w stosunku do roku poprzedniego. W kolejnym okresie, sytuacja ulega odwróceniu – efekt energochłonności wraz z efektem dochodowym są czynnikami równorzędnie sprzyjającymi wzrostowi GHG, podczas gdy efekt intensywności redukuje te zmiany. W okresach 2008–2009 i 2010–2011 można dostrzec przejawy równoważenia się reduktorów z generatorami GHG, szczególnie w okresie 2010–2011, ponieważ udziały poszczególnych efektów w tworzeniu GHG stabilizują się. Niestety próba stabilizowania udziałów

pozostałych efektów bez próby redukcji udziału efektu dochodowego wpłynęła na wzrost GHG w 2012 roku w stosunku do roku poprzedniego, co oznacza, że bez współmierności oddziaływania na poszczególne efekty nie można sumarycznie zredukować całkowitych emisji gazów cieplarnianych. Na marginesie, warto zauważyć, że rola zarówno efektu energochłonności, jak i intensywności transportu samochodowego w kształtowaniu GHG znacznie spadła w okresach 2010–2011 i 2011–2012, natomiast wpływ efektu dochodowego utrzymał się na prawie podobnym poziomie.

Podsumowanie

Efektorem ubocznym działalności ludzkiej jest emisja gazów cieplarnianych. Poszczególne państwa świata, ugrupowania, podmioty polityczne od kilkudziesięciu lat tworzą programy, inicjatywy oraz instrumenty ekonomiczno-prawne w celu redukcji emisji dwutlenku węgla. Jedynie wspólne, globalne działania pozwolą na zauważalne zmniejszenie emisji substancji szkodliwych do atmosfery.

Z przeprowadzonych badań wynika, że w Polsce w 2012 roku w stosunku do 2008 roku, przy wzroście intensywności emisji gazów cieplarnianych zauważalny jest spadek energochłonności pojazdów. Najsilniejszym czynnikiem, który dodatnio wpłynął na wzrost GHG był efekt dochodowy, a najsłabszym – populacja. W przypadku Rumunii najsilniej na całkowite emisje gazów cieplarnianych oddziaływał efekt intensywności (ujemnie), następnie efekt dochodowy i efekt energochłonności, najsłabiej zaś efekt intensywności GHG w horyzoncie 5-letnim.

Bibliografia

- Ang B.W., *The LMDI approach to decomposition analysis: a practical guide*, „Energy Policy” 2005, vol. 33.
- Biała Księga. *Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu*, KOM (2011) 144 wersja ostateczna.
- CO₂ emissions from fuel combustion. Highlights*, OECD, IEA, Paris 2014.
- Decyzja Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2009/406/WE z 23.04.2009 r. w sprawie wysiłków podjętych przez państwa członkowskie, zmierzających do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych w celu realizacji do roku 2020 zobowiązań Wspólnoty

dotyczących redukcji emisji gazów cieplarnianych, Dz. Urz. UE L 140 z 5.06.2009, s. 140.

Environment at a Glance 2013. OECD Indicators, OECD 2013.

Eurostat <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (dostęp 12.06.2015).

Guo B., Geng Y., Frange B., Hao H., Liu Y., Chiu A., *Uncovering China's transport CO₂ emissions patterns at the regional level*, „Energy Policy” 2014, vol. 74.

Papagiannaki K., Diakoulaki D., *Decomposition analysis of CO₂ emissions from passenger cars: The case of Greece and Denmark*, „Energy Policy” 2009, vol. 37.

The Routledge Handbook of Environmental Economics in Asia, red. S. Managi, Routledge, Abingdon & New York 2015.

Timilsina G.R., Shrestha A., *Transport sector CO₂ emissions growth in Asia: Underlying factors and policy options*, „Energy Policy” 2009, vol. 37.

Transport. Spoivo społeczeństwa i biznesu w UE, „Zrozumieć politykę Unii Europejskiej” 2014, http://europa.eu/pol/pdf/flipbook/pl/transport_pl.pdf (dostęp 12.06.2015).

Wang W.W., Zhang M., Zhou M., *Using LMDI method to analyze transport sector CO₂ emissions in China*, „Energy” 2011, vol. 36.

Wu H-M., Xu W., *Cargo Transport Energy Consumption Factors Analysis: Based on LMDI Decomposition Technique*, „IERI Procedia” 2014, vol. 9.

DECOMPOSITION ANALYSIS OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS GROWTH FROM ROAD TRANSPORT ON THE EXAMPLE OF POLAND AND ROMANIA

Summary

The article presents the Union's objectives with regard to reducing greenhouse gas (GHG) emissions, with particular emphasis on road transport and recommendations concerning the purpose. Further literature research was made, which quoted the study based on the LMDI method and related to carbon dioxide emissions. Another part of the article contains the empirical part, which included research for Poland and Romania, showing changes of GHG in 5-year period (2008/2012) and annual changes of GHG in 2008-2012. The article sets out the sources of GHG growth from road transport, as well as factors mitigating them.

Keywords: road transport, greenhouse gases, LMDI

Translated by Agnieszka Gozdek