

## Environmental aspects of electromobility development in the Visegrad Group countries

Dorota Burchart-Korol\* 

Silesian University of Technology, Faculty of Transport and Aviation Engineering

**Abstract.** Road transport is one of the primary sources of environmental impact. The article presents the ecological assessment of electric vehicle battery charging in the Visegrad Group countries (Czechia, Poland, Slovakia, and Hungary), considering the structure of electricity generation in each country in 2015-2050. The analyses concerned greenhouse gas emissions in the Visegrad Group countries, considering the charging of the vehicle's battery from the power grid. Poland now has the highest greenhouse gas emission indicators for charging electric cars among the Visegrad Group countries, and it is also expected in the future, while Slovakia the lowest. Greenhouse gas emissions are the lowest when electricity used to charge electric vehicle batteries comes from renewable sources. The analyzes provided new knowledge regarding the development of electromobility in the Visegrad Group countries and related to its potential impact on the environment.

**Keywords:** electromobility, greenhouse gas emissions, Visegrad Group countries

### 1. Wprowadzenie

Transport drogowy stanowi jedno z głównych źródeł oddziaływania na środowisko. Dlatego istotne jest zrównoważone podejście do systemów transportowych, co zapewnia równowagę między czynnikami społecznymi i gospodarczymi oraz rozwojem przestrzennym i ochroną środowiska [1]. Pojazdy elektryczne stały się ważnym elementem strategii rozwoju przemysłu motoryzacyjnego w Europie. Emisje gazów cieplarnianych GHG (Greenhouse Gas) z transportu znacznie wzrosły w ciągu ostatnich lat. Sektor transportu pozostaje znaczącym źródłem zanieczyszczenia powietrza, szczególnie cząstek stałych i dwutlenku azotu. Jest to także główne źródło hałasu w Europie. Dotychczas problemy związane z aspektami środowiskowymi transportu przedstawiono między innymi w pracach [2–4]. Została również przedstawiona analiza cyklu życia pojazdów elektrycznych w kontekście zrównoważonego rozwoju [5]. Oprócz sektora energetycznego sektor transportu od wielu lat jest głównym źródłem emisji gazów cieplarnianych w krajach Unii Europejskiej. Około trzy czwarte emisji z tej działalności gospodarczej generowane jest przez transport drogowy,


#### Article citation information:

Burchart-Korol D. (2020). Environmental aspects of electromobility development in the Visegrad Group countries, WUT Journal of Transportation Engineering, 128, 59-69, ISSN: 1230-9265

DOI: [10.5604/01.3001.0014.0903](https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.0903)

\*Corresponding author

E-mail address: [dorota.burchart-korol@polsl.pl](mailto:dorota.burchart-korol@polsl.pl) (D. Burchart-Korol)

ORCID:  [0000-0002-2452-5050](https://orcid.org/0000-0002-2452-5050) (D. Burchart-Korol)

w szczególności samochody osobowe [6]. Według Europejskiej Agencji Środowiska pojazdy elektryczne EVs (Electric Vehicles) mają stanowić kluczowy element europejskiego systemu mobilności, przyczyniając się do zmniejszenia wpływu na zmiany klimatu i jakość powietrza. Największa potencjalna redukcja emisji gazów cieplarnianych ma miejsce podczas użytkowania pojazdów elektrycznych. Większość krajów ustala również limity emisji dwutlenku węgla, które są bezpośrednio związane ze zużyciem paliwa [7]. Stosowanie pojazdów elektrycznych zamiast pojazdów z silnikiem spalinowym może wpłynąć na ograniczenie do 60% emisji gazów cieplarnianych w większości państw członkowskich Unii Europejskiej, w zależności od rodzaju zużywanego paliwa [8]. Sektor pojazdów elektrycznych rozwija się na całym świecie. Rozwojowi elektromobilności towarzyszą szeroko zakrojone badania i analizy środowiskowe pojazdów elektrycznych [9-11]. Według raportu TERM pojazdy elektryczne oferują niewielkie możliwości ograniczenia emisji gazów cieplarnianych i lokalnego zanieczyszczenia powietrza [12]. Według najnowszych badań Information and Forschung (IFO) pojazdy elektryczne w niewielkim stopniu pomogą w zmniejszeniu emisji CO<sub>2</sub> w Niemczech w nadchodzących latach [13]. Zgodnie z raportem Fundacji Promocji Pojazdów Elektrycznych [14] strategia wprowadzania elektromobilności będzie służyła między innymi zmniejszeniu wydatków związanych z importem ropy naftowej oraz poprawie jakości powietrza.

Celem niniejszej pracy była ocena emisji gazów cieplarnianych związanej z ładowaniem akumulatorów pojazdów elektrycznych we wszystkich krajach Grupy Wyszehradzkiej (V4) w latach 2015–2050. Przedstawiono również rozwój elektromobilności w poszczególnych krajach V4.


## 2. Elektromobilność w Grupie Wyszehradzkiej

Grupę Wyszehradzką tworzą cztery państwa: Czechy, Polska, Słowacja i Węgry. Jest to nieformalne określenie stosowane od 1991 r. pierwotnie w stosunku do trzech państw środkowoeuropejskich Czechosłowacji, Polski i Węgier – Trójkąt Wyszehradzki. Od 1 stycznia 1993 r. wskutek rozpadu Czechosłowacji członkami Trójkąta Wyszehradzkiego zostały Czechy i Słowacja, a Trójkąt zmienił nazwę na Grupa Wyszehradzka, której głównym celem była współpraca z Unią Europejską i NATO. Jediną instytucją Grupy Wyszehradzkiej jest Międzynarodowy Fundusz Wyszehradzki (International Visegrad Fund), którego celem jest wspieranie współpracy między państwami Grupy Wyszehradzkiej oraz ich wspólna reprezentacja w państwach trzecich. Cele te realizowane są poprzez wspieranie finansowe działań z zakresu promocji i rozwoju współpracy kulturalnej, wymiany naukowej, badań naukowych i współpracy w dziedzinie edukacji, wymiany młodzieży, współpracy przygranicznej oraz turystyki [15]. W ramach działań Grupy Wyszehradzkiej podejmowane są również kwestie rozwoju elektromobilności, która jest jednym z głównych elementów działań strategicznych. Rozwój elektromobilności jest promowany w ramach Stowarzyszeń, które zostały przedstawione w Tabeli 1 [16].

Węgierskie Stowarzyszenie Elektromobilności HEA (The Hungarian Electromobility Association) zostało utworzone, aby reprezentować zrównoważony rozwój węgierskiego przemysłu elektromobilności i zbudowania europejskiej sieci. HEA prowadzi działania komunikacyjne w celu wspierania elektromobilności. Członkowie HEA reprezentują przedsiębiorstwa, organizacje, a także osoby sektora energetycznego, usług innowacyjnych, szkolnictwa

wyższego, produkcji i dystrybucji pojazdów, zarządzania flotą, usług doradczych i informacyjnych oraz gmin. HEA działa również we współpracy regionalnej i międzynarodowej oraz reprezentuje Węgry w Europejskim Stowarzyszeniu na rzecz Elektromobilności AVERE (The European Association for Electromobility), a także jest wiodącym partnerem lub członkiem projektu w kilku regionalnych projektach [17].

Tabela 1. Stowarzyszenia promujące rozwój elektromobilności w państwach Grupy Wyszehradzkiej (źródło: Opracowanie własne w oparciu o [15])

Państwo	Stowarzyszenie
Węgry	 MAGYAR ELEKTROMOBILITÁS SZÖVETSÉG
Słowacja	 SEVA SLOVAK ELECTRIC VEHICLE ASSOCIATION
Polska	 POLSKIE STOWARZYSZENIE PALIW ALTERNATYWNYCH POLISH ALTERNATIVE FUELS ASSOCIATION pspa
Czechy	 ASEP asociace elektromobilového průmyslu

Słowackie Stowarzyszenie Pojazdów Elektrycznych SEVA (Slovak Electric Vehicle Associations) zostało utworzone 17 kwietnia 2012 r. w Bratysławie w celu reprezentowania i promowania rozwoju transportu i infrastruktury transportowej dla elektrycznych samochodów osobowych na Słowacji. Stowarzyszenie stanowi platformę komunikacji i współpracy między rządem, instytucjami edukacyjnymi, firmami i partnerami zagranicznymi. Jego celem jest inicjowanie i uczestnictwo w przygotowywaniu informatorów, przepisów i projektów dotyczących rozwoju elektromobilności na Słowacji. SEVA jest członkiem Europejskiego Stowarzyszenia na rzecz Elektromobilności AVERE [18].

Polskie Stowarzyszenie Paliw Alternatywnych (PSPA) jest największą organizacją branżową zajmującą się tworzeniem rynku e-mobilności i rynku paliw alternatywnych w Polsce. PSPA integruje polskie i zagraniczne firmy z wielu branż, w tym: motoryzacyjnej, infrastrukturalnej, finansowej, transportowej, komunalnej, energetycznej, doradczej i prawnej, które współpracują w celu kształtowania otoczenia biznesowego, umożliwiając rozwój niskoemisyjnego transportu w Polsce. PSPA jest członkiem Europejskiego Stowarzyszenia na rzecz Elektromobilności AVERE [19].

Celem Czeskiego Stowarzyszenia Przemysłu Pojazdów Elektrycznych ASEP (the Czech Association of Electromobile Industry) jest tworzenie, promowanie i realizacja wizji transportu elektrycznego bez emisji zanieczyszczeń, promowanie innowacji w elektromobilności, rozwój dostępności sieci ładowania, tworzenie otoczenia biznesowego w celu zwiększenia konkurencyjności. Działania Stowarzyszenia koncentrują się na rozwoju innowacji w dziedzinie elektromobilności, dzieleniu know-how i wspólnych projektach [20].

Głównym celem przedstawionych stowarzyszeń elektromobilności Grupy Wyszehradzkiej jest wspieranie komunikacji i współpracy przemysłu, rządu i instytucji naukowo-badawczych oraz promowanie najnowszych rozwiązań dotyczących pojazdów elektrycznych z kierunku rozwoju niskoemisyjnego transportu.

Dotychczas jest niewiele pojazdów niskoemisyjnych w krajach Grupy Wyszehradzkiej porównując z Europą Zachodnią. Według raportu TERM [12] w Polsce było najmniej tych pojazdów. Zgodnie z aktualnymi danymi Stowarzyszenia Europejskich Producentów Pojazdów ACEA (The European Automobile Manufacturers' Association) tylko 2,0% nowych samochodów zarejestrowanych w Unii Europejskiej (UE) w 2018 r. stanowiły pojazdy ładowane elektrycznie. Trzy spośród czterech krajów Grupy Wyszehradzkiej należą do 5 krajów o najniższym udziale samochodów elektrycznych w UE, w tym Polska (0,2% przy 1324 EVs sprzedanych w 2018 r.), Słowacja (0,3% przy 293 EVs sprzedanych w 2018 r.) oraz Czechy (0,4% przy 981 EVs sprzedanych w 2018 r.). Wśród krajów UE do tej grupy należy również Litwa (0,4% przy 143 pojazdach EVs sprzedanych w 2018 r.) i Grecja (0,3% przy 315 EVs sprzedanych w 2018 r.). Na Węgrzech udział sprzedanych samochodów elektrycznych stanowił 1,5 % [21].

Elektromobilność w krajach Grupy Wyszehradzkiej (Czechy, Słowacja, Polska i Węgry) jest w fazie rozwoju. W Grupie Wyszehradzkiej dotychczas niewiele jest pojazdów elektrycznych, gdyż nadal większość pojazdów jest napędzanych silnikami spalinowymi. Głównym powodem tak powolnych zmian są wysokie ceny samochodów elektrycznych oraz słabo rozwinięta infrastruktura do ładowania [22, 23]. Ale mimo tej sytuacji, Grupa Wyszehradzka podejmuje działania w kierunku rozwoju e-mobilności. W tym celu każdy kraj wykorzystuje plany wsparcia funduszy krajowych oraz Instrument „Łącząc Europę” CEF (Connecting Europe Facility). Jest to nowy instrument finansowy, który wspiera rozwój trzech obszarów - sieci transportowej, energetycznej oraz telekomunikacyjnej [24]. W każdym kraju Grupy Wyszehradzkiej uruchomione są strategie rozwoju elektromobilności. Wsparcie elektromobilności jest koniecznością dla Grupy Wyszehradzkiej, dlatego kraje te mają strategiczne plany rozwoju e-mobilności, zarówno w odniesieniu do produkcji samochodów, jak i akumulatorów [25, 26]. W państwach Grupy Wyszehradzkiej widoczny jest progres w planowanych działaniach związanych z rozwojem e-mobilności. Rola przemysłu motoryzacyjnego w krajach V4, rozwój sektora motoryzacyjnego oraz nowe trendy w przemyśle motoryzacyjnym zostały przedstawione w pracy [27]. Dotychczasowe analizy dla Grupy Wyszehradzkiej dotyczyły systemu oceny oddziaływania na środowisko w systemach prawnych państw krajów należących do V4. W pracy [28] przedstawiono analizę porównawczą systemu oceny oddziaływania na środowisko w krajach V4, określono podobieństwa i różnice we wdrażaniu postępowań administracyjnych oraz wskazano możliwości wzmocnienia systemu oraz przykłady dobrych praktyk w systemach. Dotychczas brak jest prac odnośnie aspektów środowiskowych rozwoju elektromobilności w Grupie Wyszehradzkiej.

### 3. Metoda oceny

Ocena cyklu życia LCA (Life Cycle Assessment) umożliwia identyfikację obciążeń środowiskowych związanych zarówno bezpośrednio, jak i pośrednio z cyklem życia pojazdu. Podstawowymi elementami LCA są identyfikacja i ocena ilościowa potencjalnych obciążeń środowiskowych związanych z wykorzystywanymi surowcami, jak również zużyta energia i emisjami zanieczyszczeń.

W niniejszej pracy LCA wykorzystano do oceny potencjalnego wpływu ładowania akumulatora w pojeździe elektrycznym na środowisko. Metoda LCA została wybrana do wykonania oceny źródeł energii elektrycznej związanej z ładowaniem akumulatorów pojazdów elektrycznych, ponieważ umożliwia uwzględnienie w analizie różnych kategorii wpływu na środowisko cyklu życia energii. Analiza cyklu życia została przeprowadzona zgodnie z wytycznymi ISO 14040:2006 [29] i ISO 14044:2006 [30]. LCA została wykonana przy użyciu oprogramowania SimaPro v.8 z bazą danych Ecoinvent v3 [31]. Zgodnie z normą ISO 14040:2006 zdefiniowano cel i zakres prac, w tym jednostkę funkcjonalną, granicę systemu i podstawowe założenia do analiz.

Druga faza polegała na analizie zestawów danych wejściowych i wyjściowych do oceny cyklu życia. Następną fazą, ocena wpływu cyklu życia, umożliwiła obliczenie wartości kategorii oddziaływania na środowisko zgodnie z wybraną metodą oceny. Ostatnią fazą była interpretacja uzyskanych wyników.

Celem pracy była ocena emisji gazów cieplarnianych związanej z ładowaniem akumulatorów pojazdów elektrycznych we wszystkich krajach Grupy Wyszehradzkiej (V4). Zakres pracy obejmował analizę rozwoju elektromobilności w tych krajach, przeprowadzenie analizy struktury obecnie i w przyszłości wykorzystywanych źródeł energii elektrycznej oraz analizę środowiskową. W artykule przedstawiono ocenę wpływu na środowisko energii elektrycznej produkowanej w poszczególnych krajach V4, służącą do ładowania akumulatorów pojazdów elektrycznych. Określono główne źródła wpływu na środowisko. W celach porównawczych wszystkie analizy zostały odniesione do tej samej jednostki funkcjonalnej wynoszącej 100 km. W poprzednich własnych analizach zidentyfikowano najważniejsze kategorie oddziaływania na środowisko i główne źródła negatywnego wpływu pojazdów elektrycznych. Wykazano, że energia elektryczna, która jest wykorzystywana do ładowania akumulatorów, stanowi czynnik determinujący wpływ na środowisko w przypadku pojazdów elektrycznych [10]. W celu przeprowadzenia analizy LCA, zdefiniowano granicę systemu, która obejmuje cykl życia źródeł energii we wszystkich analizowanych krajach Grupy Wyszehradzkiej. Szczegółowe dane dotyczące pojazdu, dla którego były wykonane analizy przedstawiono w pracy [10]. Założenia do oceny cyklu życia określono w oparciu o analizy własne oraz bazy danych Ecoinvent [10, 32, 33]. Założono, że zużycie energii przez pojazd elektryczny wynosi 19,9 kWh/100 km. Głównym źródłem danych do analiz dotyczących obecnej oraz prognozowanej struktury produkcji energii elektrycznej we wszystkich krajach Grupy Wyszehradzkiej była dokumentacja Komisji Europejskiej [33].

Rodzaje źródeł energii elektrycznej, stanowią jeden z najważniejszych parametrów w przypadku analizy środowiskowej pojazdu elektrycznego. Założono, że podstawową zmienną określającą wpływ pojazdów elektrycznych na środowisko w krajach Grupy Wyszehradzkiej jest struktura wytwarzania energii elektrycznej. Analizy w pracy obejmują ramy czasowe od 2015 do 2050 roku z uwzględnieniem podstawowych założeń związanych ze zmianą źródeł energii prognozowanych dla tych krajów.

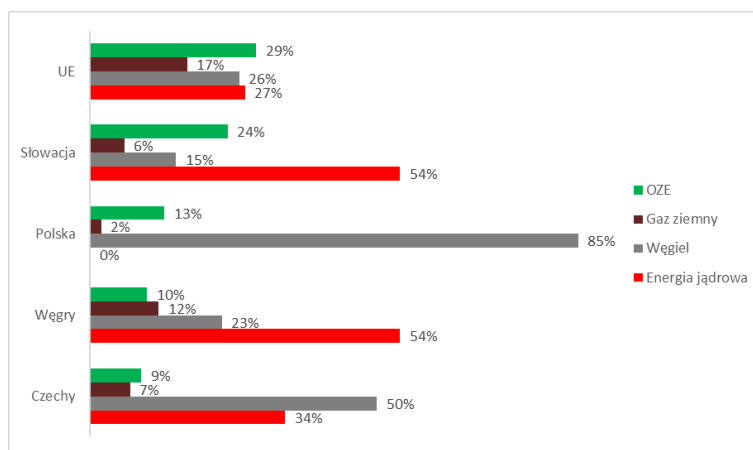
Zagadnienia związane z emisją gazów cieplarnianych stanowią istotne problemy w odniesieniu do wytycznych Komisji Europejskiej, a także nowych wyzwań zidentyfikowanych w modelu gospodarki o obiegu zamkniętym. Aspekty związane z analizą emisji gazów cieplarnianych są również podstawowymi kwestiami ocenianymi metodą oceny środowiskowej dla transportu WTW (Well to Wheel) opracowaną przez Wspólne Centrum Badawcze JRC (Joint Research Centre), która jest rekomendowana przez Unię Europejską. W celu przeprowadzenia oceny oddziaływania na środowisko zastosowano metodę IPCC (Intergovernmen-

tal Panel on Climate Change). Metoda IPCC została opracowana przez Międzyrządowy Zespół ds. Zmian Klimatu [34]. Metoda IPCC służy do oceny emisji gazów cieplarnianych w całym cyklu życia produktu. Zastosowanie metody IPCC umożliwia wyliczenie wskaźnika w oparciu o potencjały tworzenia efektu cieplarnianego GWP (Global Warming Potential). Wskaźnik IPCC umożliwia przedstawienie bezpośrednich i pośrednich emisji gazów cieplarnianych i jest wyrażony w jednostce kg CO<sub>2</sub>.

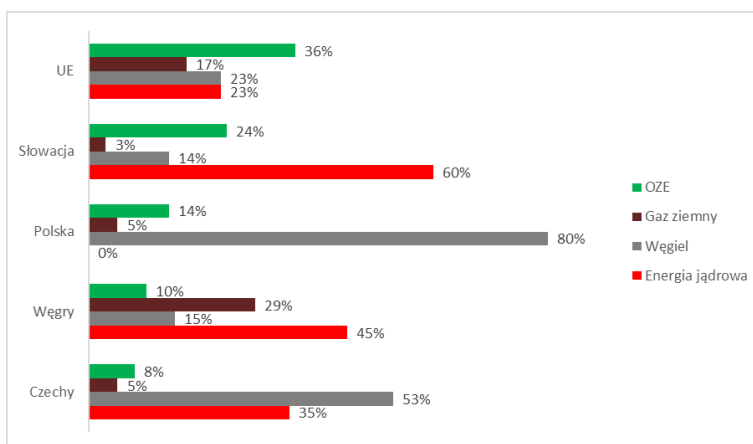
## 4. Rezultaty i dyskusja wyników

Na potrzeby środowiskowej oceny cyklu życia zidentyfikowano i zinventaryzowano dane dla obecnej i prognozowanej struktury wytwarzania energii elektrycznej w każdym kraju Grupy Wyszehradzkiej. Do wykonania analiz LCA systemów energetycznych wykorzystano dane z europejskich baz dotyczących energetyki.

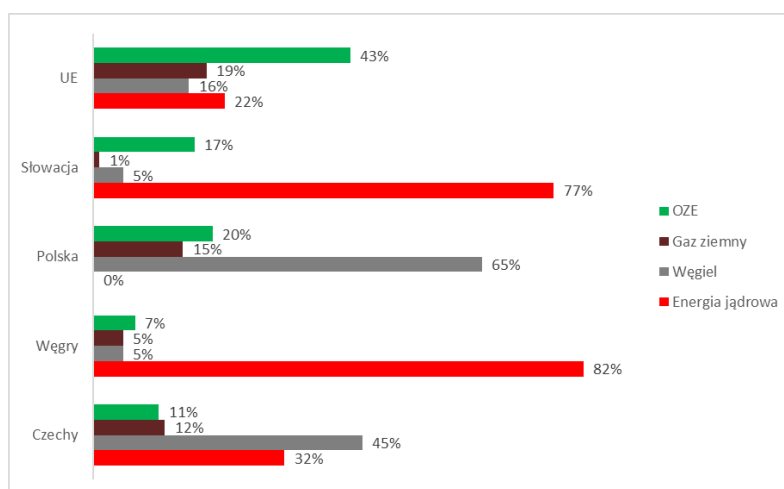
Na rys. 1–4 przedstawiono udział energii pozyskanej z poszczególnych źródeł w Unii Europejskiej oraz w krajach Grupy Wyszehradzkiej w latach 2015 – 2050.



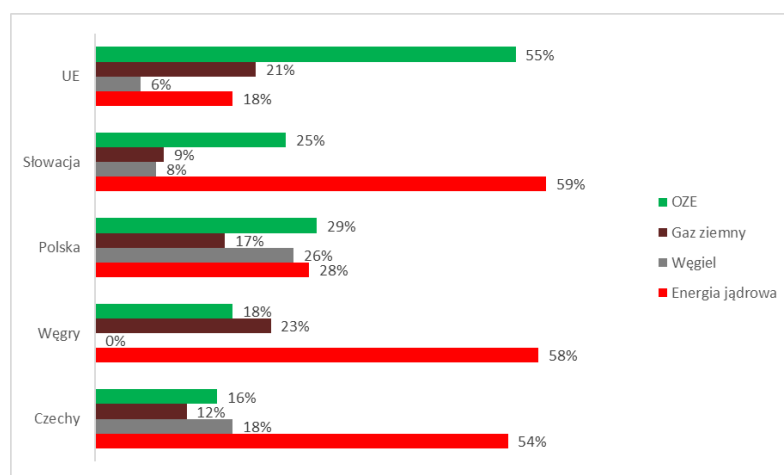
Rys. 1. Udział energii pozyskanej z poszczególnych źródeł w Unii Europejskiej oraz w krajach Grupy Wyszehradzkiej w 2015 roku



Rys. 2. Prognozowany udział energii pozyskanej z poszczególnych źródeł w Unii Europejskiej oraz w krajach Grupy Wyszehradzkiej w 2020 roku



Rys. 3. Prognozowany udział energii pozyskanej z poszczególnych źródeł w Unii Europejskiej oraz w krajach Grupy Wyszehradzkiej w 2030 roku



Rys. 4. Prognozowany udział energii pozyskanej z poszczególnych źródeł w Unii Europejskiej oraz w krajach Grupy Wyszehradzkiej w 2050 roku

W roku 2015 największy udział energii jądrowej do produkcji energii elektrycznej spośród krajów Grupy Wyszehradzkiej stwierdzono na Węgrzech (54%) oraz Słowacji (54%). Węgiel stanowił główne źródło energii elektrycznej w Polsce (85%), wysoki udział węgla w miksie energetycznym stwierdzono również w Czechach (50%). Udział gazu ziemnego w produkcji energii elektrycznej w krajach Grupy Wyszehradzkiej jest niewielki, najmniejszy w Polsce (2%), natomiast największy na Węgrzech (12%). Największy udział odnawialnych udział energii (OZE) w produkcji energii w krajach Grupy Wyszehradzkiej wykazano na Słowacji (24%), natomiast najmniejszy w Czechach (9%). W odniesieniu do średniej Unii Europejskiej udział OZE oraz gazu ziemnego w sieci elektroenergetycznej jest niższy w krajach V4, natomiast udział energii jądrowej jest wyższy w krajach Grupy Wyszehradzkiej niż średnia w UE.

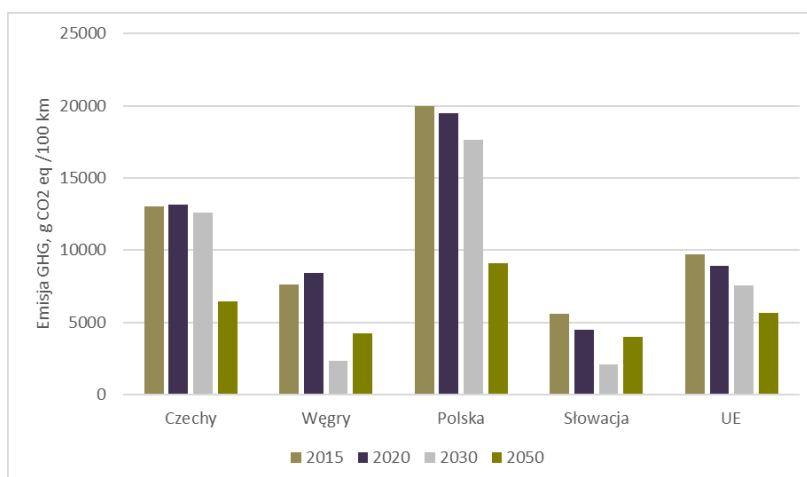
W 2020 roku przewiduje się zmniejszenie udziału energii jądrowej do produkcji energii elektrycznej na Węgrzech (45%), natomiast wzrost na Słowacji (60%). Prognozowany udział węgla do produkcji energii elektrycznej jest nadal na bardzo wysokim poziomie

w Polsce choć obserwuje się nieznaczny spadek (80%). W Czechach nadal przewiduje się wysoki udział węgla w miksie energetycznym (53%). Przewidywany udział OZE na rok 2020 w krajach Grupy Wyszehradzkiej jest na porównywalnym poziomie do roku 2015.

W 2030 roku prognozuje się znaczący wzrost udziału energii jądrowej do produkcji energii elektrycznej na Węgrzech (82%) oraz Słowacji (77%). Udział węgla do produkcji energii elektrycznej zmniejszy się w Polsce (65%) oraz w Czechach (45%). Największy udział OZE spośród krajów Grupy Wyszehradzkiej do produkcji energii na rok 2030 prognozuje się w Polsce (20%), natomiast na Słowacji prognozowany udział OZE ulegnie zmniejszeniu (17%). Udział OZE w krajach Grupy Wyszehradzkiej będzie dużo niższy niż w przypadku średniej UE (43%).

W 2050 roku największy udział energii jądrowej do produkcji energii elektrycznej prognozuje się w Słowacji (59%), na Węgrzech (58%) oraz w Czechach (54%). W roku 2050 przewidywana jest również energia jądrowa w Polsce z udziałem 28% do produkcji energii elektrycznej. Udział węgla do produkcji energii elektrycznej zdecydowanie się zmniejszy i stanowił będzie niewielki udział zarówno w Polsce (26%), jak i w Czechach (18%). Nadal będzie zwiększał się udział OZE w produkcji energii elektrycznej w krajach Grupy Wyszehradzkiej, jednak nadal będzie poniżej poziomu średniej Unii Europejskiej (55%). Największy udział OZE w produkcji energii wśród krajów Grupy Wyszehradzkiej na rok 2050 prognozuje się w Polsce (29%).

Na podstawie analizy efektów środowiskowych dla ładowania akumulatorów w pojazdach elektrycznych w odniesieniu do zużycia energii elektrycznej z sieci elektroenergetycznej w krajach Grupy Wyszehradzkiej obliczono wskaźniki emisji gazów cieplarnianych. Wyniki analiz również zostały odniesione do średniej wartości w Unii Europejskiej. Przeprowadzono analizę oceny cyklu życia ładowania akumulatorów w pojazdach elektrycznych, uwzględniając zmiany w strukturze energii elektrycznej w sieci elektroenergetycznej w latach 2015–2050 w krajach Grupy Wyszehradzkiej. Wyniki analiz emisji gazów cieplarnianych dla wszystkich krajów Grupy Wyszehradzkiej przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Wskaźniki emisji gazów cieplarnianych związanej z ładowaniem akumulatorów pojazdów elektrycznych

We wszystkich latach analizy (2015–2050) najwyższy wskaźnik emisji gazów cieplarnianych energii elektrycznej do ładowania pojazdów elektrycznych wśród krajów Grupy



Wyszehradzkiej wykazano w Polsce, natomiast najniższy wskaźnik emisji GHG stwierdzono dla Słowacji. Ciekawe rezultaty analizy emisji GHG uzyskano zarówno dla Słowacji, jak i dla Węgier. Na Węgrzech w roku 2020 jest nieco wyższa emisja GHG niż w roku 2015 po czym prognozuje się znaczne obniżenie wskaźnika emisji GHG, a następnie w 2050 ponowny wzrost wskaźnika emisji GHG. Na Słowacji natomiast wykazano zmniejszanie wskaźnika emisji GHG w latach 2015 do 2030, po czym w roku 2050 wzrost emisji GHG. Zmiany emisji spowodowane są prognozowanymi zmianami w sieci elektroenergetycznej w systemach energetycznych poszczególnych krajów V4. W przypadku Węgier wzrost emisji GHG energii elektrycznej wynika ze wzrostu udziału gazu ziemnego. Mimo, że udział węgla w produkcji energii elektrycznej ulega w kolejnych latach znacznemu zmniejszeniu, to wskaźnik emisji GHG nadal rośnie. W przypadku Słowacji również wskaźniki emisji GHG wzrastają proporcjonalnie do zwiększonego udziału gazu ziemnego. Zwiększenie udziału energii elektrycznej wytwarzanej w elektrowniach jądrowych w odniesieniu do całkowitej energii elektrycznej wytworzonej powoduje niewielkie zwiększenie emisji GHG.

## 5. Wnioski

W pracy przedstawiono rozwój elektromobilności w krajach Grupy Wyszehradzkiej oraz aspekty środowiskowe związane cyklem życia energii elektrycznej z sieci elektroenergetycznej służącej do ładowania akumulatorów pojazdów elektrycznych.

Na podstawie wykonanych analiz cyklu życia wytwarzania energii elektrycznej, która służyć ma do ładowania akumulatorów w pojazdach elektrycznych w krajach Grupy Wyszehradzkiej wykazano, iż:

1. Determinantem emisji gazów cieplarnianych związanej z wytwarzaniem energii elektrycznej jest zastosowanie paliw kopalnych, zwłaszcza węgla oraz gazu ziemnego. Pozostałe źródła energii wykorzystywane w krajach Grupy Wyszehradzkiej mają niewielki wpływ na emisje GHG.
2. Najwyższy wskaźnik emisji gazów cieplarnianych związanej z ładowaniem akumulatorów pojazdów elektrycznych wśród krajów Grupy Wyszehradzkiej wykazano w Polsce, natomiast najniższy dla Słowacji.
3. Emisje gazów cieplarnianych są niższe w przypadku ładowania akumulatorów pojazdów elektrycznych ze źródeł odnawialnych niż wykorzystując pozostałe źródła.
4. Wykazano, że kraje Grupy Wyszehradzkiej w celu zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych związanej z ładowaniem akumulatorów pojazdów elektrycznych powinny wykorzystywać energię ze źródeł odnawialnych.

## Bibliografia

1. Ambroziak, T., Jacyna, M., Wasiak, M., Lewczuk, K., Jachimowski, R., Kłodowski, M., Pyza, D., Jacyna-Gołda, I., Merkisz-Guranowska, A. (2013). Identification and analysis of parameters for the areas of the highest harmful exhaust emissions in the model EMITRANSYS. *Journal of KONES*, 20(3), 9-20.
2. Pyza, D., Miętus, M. (2018). System transportu miejskiego niskoemisyjnego – wybrane problemy. *Zeszyty Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport*, z. 123, 137-146.
3. Jacyna, M., Pyza, D. (2019). Problemy decyzyjne w kształtowaniu proekologicznego systemu transportowego, *Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe*, nr 6, 61-66.
4. Jacyna, M., Wasiak, M., Lewczuk, K., Karoń, G. (2017). Noise and environmental pollution from transport: decisive problems in developing ecologically efficient transport systems. *Journal of Vibroengineering*, 19(7), 5639–5655.

5. Sendek-Matysiak, E. (2018). Ocena Cyklu Życia samochodów elektrycznych typu BEV w kontekście zrównoważonego rozwoju, *Zeszyty Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport*, z. 123, 147-162.
6. Burchart-Korol, D., Fołęga, P. (2019). Impact of road transport means on climate change and human health in Poland, *Promet-Traffic&Transportation*, Tom31, Wyd. 2, 195-204.
7. Merkisz, J., Pielecha, J., Jasiński, R. (2016). Remarks about real driving emissions tests for passenger cars, *Archives of Transport*, 39 (3), 51-63.
8. Moro, A., Lonza, L. (2018). Electricity carbon intensity in European Member States: Impacts on GHG emissions of electric vehicles, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 64, 5-14.
9. Rievaj, V.; Synák, F. (2017) Does electric car produce emissions? *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 94, 187-197.
10. Burchart-Korol, D., Jursova, S., Fołęga, P., Korol, J., Pustejovska, P., Blaut, A. (2018). Environmental life cycle assessment of electric vehicles in Poland and the Czech Republic, *Journal of Cleaner Production*, 202, 476-487.
11. Muha, R., Perosa, A. (2018). Energy consumption and carbon footprint of an electric vehicle and a vehicle with an internal combustion engine. *Transport Problems*, 13, 49-58.
12. TERM report (2018) Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives TERM 2018: Transport and Environment Reporting Mechanism (TERM) report, EEA Report No 13, ISSN 1977-8449.
13. Buchal, Ch., Hans-Dieter, K. Hans-Werner, S. (2019). Kohlemotoren, Windmotoren und Dieselmotoren: Was zeigt die CO<sub>2</sub>-Bilanz?, *ifo Schnelldienst*, 72 (08), 40–54.
14. Raport Fundacji Promocji Pojazdów Elektrycznych: “Napędzamy Polską Przyszłość”, [www.fppe.pl](http://www.fppe.pl). (accessed on 23 March 2020).
15. <https://www.gov.pl/web/nauka/grupa-wyszehradzka-visegrad-group> (accessed on 3 August 2019).
16. <https://emobilityatlas.eu/partners/> (accessed on 1 August 2019).
17. [www.elektromobilitas.hu/](http://www.elektromobilitas.hu/) (accessed on 1 August 2019).
18. [www.seva.sk/](http://www.seva.sk/) (accessed on 2 August 2019).
19. [www.pspa.com.pl/](http://www.pspa.com.pl/) (accessed on 8 August 2019).
20. [www.asep.cz/](http://www.asep.cz/) (accessed on 8 August 2019).
21. Market share of electrically chargeable vehicles <https://www.acea.be/> (accessed on 8 August 2019).
22. Cecere, G., Corrocher, N., Guerzoni, N. (2018). Price or performance? A probabilistic choice analysis of the intention to buy electric vehicles in European countries, *Energy Policy*, 118, 19-32.
23. Tomaszewski, K. (2019). Problemy rozwoju elektromobilności w Polsce w kontekście krajowej polityki energetycznej, *Przegląd Politologiczny*, 2, 153-165.
24. <http://www.funduszeuropejskie.gov.pl/cef/> (accessed on 20 July 2019).
25. Daňo, F., Rehák, R. (2018). Electromobility in the European Union and in the Slovakia and its development opportunities, *International Journal Of Multidisciplinary In Business And Science*, 4 (5), 74-83.
26. Muneer, T., Kolhe, M., Doyle, A. (2017). *Electric Vehicles: Prospects and Challenges*, Elsevier ISBN 978-0-12-803021-9.
27. Dębkowska, K., Ambroziak, Ł., Czernicki, Ł., Kłosiewicz-Górecka, Ł., Kutwa, K., Szymańska, A., Ważniewski, P. (2019). *The automotive industry in the Visegrad Group countries*, Polish Economic Institute, Warsaw, August 2019 ISBN 978-83-66306-20-2.
28. Gałaś, S., Gałaś, A., Zeleňáková, M., Zvijáková, L., Fialová, J., Kubíčková, H. (2015). Environmental Impact Assessment in the Visegrad Group countries, *Environmental Impact Assessment Review* 55, 11-20.
29. ISO (2006) ISO 14040:2006 Environmental Management—Life Cycle Assessment—Principles and Framework; International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland, 2006.
30. ISO (2006) ISO 14044:2006 Environmental Management—Life Cycle Assessment—Requirements and Guidelines; International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland, 2006.
31. Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Ecoinvent 2018 —Ecoinvent Database v 3, 2018. Available online: [www.ecoinvent.org](http://www.ecoinvent.org) (accessed on 29 July 2019).
32. Del Duce, A.; Gauch, M.; Althaus, H.J. (2016). Electric passenger car transport and passenger car life cycle inventories in ecoinvent version 3. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21, 1314–1326.
33. Data inventory of electricity generation mix, *Energy Policies of IEA Countries -The International Energy Agency EU28: Reference scenario (REF2016)* National Technical University of Athens 2016.
34. Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Fifth Assessment Report. The Physical Science Basis. 2013. Available online: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/> (accessed on 8 June 2019).

## Aspekty środowiskowe rozwoju elektromobilności w państwach Grupy Wyszehradzkiej

**Streszczenie.** Transport drogowy stanowi jedno z głównych źródeł oddziaływania na środowisko. W artykule przedstawiono ocenę środowiskową ładowania akumulatora pojazdu elektrycznego w państwach Grupy Wyszehradzkiej (Czechy, Polska, Słowacja i Węgry) uwzględniając strukturę wytwarzania energii elektrycznej w poszczególnych krajach w latach 2015-2050. Analizy dotyczyły emisji gazów cieplarnianych w krajach Grupy Wyszehradzkiej uwzględniając ładowanie akumulatora pojazdu z sieci elektroenergetycznej. Największą wartość wskaźnika emisji gazów cieplarnianych, która jest związana z ładowaniem pojazdów elektrycznych w państwach Grupy Wyszehradzkiej obecnie, jak i w przyszłości, uzyskano dla Polski, natomiast najmniejszą - dla Słowacji. Wykazano, że w przypadku wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych do ładowania akumulatorów pojazdów elektrycznych, emisje gazów cieplarnianych są najniższe. Przeprowadzone analizy dostarczyły nowej wiedzy odnośnie rozwoju elektromobilności w Grupie Wyszehradzkiej i związanego z nim potencjalnego wpływu.

**Słowa kluczowe:** elektromobilność, emisje gazów cieplarnianych, państwa Grupy Wyszehradzkiej

