

**Ekonomia**

# **Znaczenie wykorzystania paliw alternatywnych w transporcie samochodowym dla rozwoju gospodarki niskoemisyjnej Unii Europejskiej**

Urszula Motowidlak



**Znaczenie wykorzystania paliw  
alternatywnych w transporcie  
samochodowym dla rozwoju  
gospodarki niskoemisyjnej  
Unii Europejskiej**



WYDAWNICTWO  
UNIwersytetu  
ŁÓDZKIEGO

**Ekonomia**

# **Znaczenie wykorzystania paliw alternatywnych w transporcie samochodowym dla rozwoju gospodarki niskoemisyjnej Unii Europejskiej**

Urszula Motowidlak

Urszula Motowidlak – Uniwersytet Łódzki, Wydział Ekonomiczno-Socjologiczny  
Zakład Logistyki, 90-214 Łódź, ul. Rewolucji 1905 r. nr 37/39

RECENZENCI

*Elżbieta Załoga, Bazyle Poskrobko*

REDAKTOR INICJUJĄCY

*Monika Borowczyk*

OPRACOWANIE REDAKCYJNE

*Ewa Siwińska*

SKŁAD I ŁAMANIE

*Munda – Maciej Torz*

PROJEKT OKŁADKI

*Stämpfli Polska Sp. z o.o.*

Zdjęcie wykorzystane na okładce: © Shutterstock.com

© Copyright by Urszula Motowidlak, Łódź 2016

© Copyright for this edition by Uniwersytet Łódzki, Łódź 2016

Wydane przez Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego  
Wydanie I. W.07445.16.0.M

Ark. wyd. 25,0; ark. druk. 24,75

ISBN 978-83-8088-273-7  
e-ISBN 978-83-8088-274-4

Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego  
90-131 Łódź, ul. Lindleya 8  
www.wydawnictwo.uni.lodz.pl  
e-mail: ksiegarnia@uni.lodz.pl  
tel. (42) 665 58 63

# Spis treści

Wykaz używanych skrótów	9
Wstęp	13
Rozdział 1.	
<b>Gospodarowanie energią jako przedmiot badań ekonomicznych</b>	<b>21</b>
1.1. Wprowadzenie	21
1.2. Istota racjonalnego gospodarowania zasobami naturalnymi	23
1.3. Przyrodnicze i fizyczne aspekty funkcjonowania systemów społeczno-ekonomicznych	36
1.4. Globalny wymiar przyrodniczych barier rozwoju społeczno-gospodarczego	52
1.5. Koncepcja kapitału naturalnego w rozwoju zrównoważonym	67
1.6. Podsumowanie	77
Rozdział 2.	
<b>Teoretyczne i pragmatyczne aspekty rozwoju gospodarki niskoemisyjnej</b>	<b>79</b>
2.1. Wprowadzenie	79
2.2. Teoretyczne ujęcie gospodarki niskoemisyjnej	83
2.3. Przestanki rozwoju gospodarki niskoemisyjnej	90
2.3.1. Zmiany klimatyczne	90
2.3.2. Zmiany popytu na surowce energetyczne	101
2.4. Koncepcja gospodarki niskoemisyjnej w dokumentach Unii Europejskiej	109
2.5. Uwarunkowania i założenia rozwoju gospodarki niskoemisyjnej w Polsce	119
2.6. Podsumowanie	128

## Rozdział 3.

**Kształtowanie potrzeb energetycznych transportu samochodowego w Unii Europejskiej z perspektywy rozwoju gospodarki niskoemisyjnej** **131**

- 3.1. Wprowadzenie 131
- 3.2. Kierunki działań na rzecz rozwoju niskoemisyjnego transportu samochodowego 133
  - 3.2.1. Identyfikacja obszarów dekarbonizacji transportu 133
  - 3.2.2. Paliwa alternatywne jako niskoemisyjne źródła energii dla pojazdów samochodowych 142
- 3.3. Trendy rozwojowe implikujące potrzeby energetyczne transportu 162
- 3.4. Analiza potrzeb energetycznych transportu samochodowego w warunkach gospodarki globalnej 178
  - 3.4.1. Rozwój transportu samochodowego 178
  - 3.4.2. Zmiany potrzeb energetycznych transportu samochodowego 206
- 3.5. Podsumowanie 227

## Rozdział 4.

**Kierunki rozwoju rynku paliw alternatywnych dla niskoemisyjnego transportu samochodowego w Unii Europejskiej** **231**

- 4.1. Wprowadzenie 231
- 4.2. Strategia wykorzystania paliw alternatywnych w transporcie samochodowym 233
- 4.3. Mechanizmy wsparcia wykorzystania paliw alternatywnych w transporcie samochodowym 251
- 4.4. Ocena rozwoju rynków głównych paliw alternatywnych dla transportu samochodowego 274
  - 4.4.1. Rynek biopaliw 274
  - 4.4.2. Rynek paliw gazowych CNG i LNG 285
  - 4.4.3. Rozwój elektromobilności 297
- 4.5. Podsumowanie 313

## Rozdział 5.

**Modelowanie efektów wykorzystania paliw alternatywnych w transporcie samochodowym na przykładzie Polski** **315**

- 5.1. Wprowadzenie 315
- 5.2. Jakościowy model funkcjonowania transportu samochodowego 317
- 5.3. Zasady wykorzystania jakościowego modelu transportu samochodowego 323

5.4. Szacowanie efektów rozwoju niskoemisyjnego transportu samochodowego w Polsce	328
5.4.1. Uzasadnienie założeń	328
5.4.2. Efekty rozwoju niskoemisyjnego transportu samochodowego w Polsce w wyniku wykorzystania paliw alternatywnych	335
5.4.3. Analiza wrażliwości efektów rozwoju niskoemisyjnego transportu samochodowego w Polsce w wyniku wykorzystania paliw alternatywnych	339
5.5. Podsumowanie	345
Zakończenie	349
Bibliografia	355
The impact of alternative fuels' usage in road transport on the development of low-carbon emission economy in the European Union (Summary)	385
Der Einfluß der Verwendung von alternativen Kraftstoffen im Straßentransport auf die Entwicklung der kohlenstoffarmen Wirtschaft der Europäischen Union (Zusammenfassen)	387
Spis tabel	389
Spis rysunków	391
Od Redakcji	395



# Wykaz używanych skrótów

AEF	Aviation Environment Federation, Federacja na Rzecz Promowania Lotnictwa Przyjaznego Środowisku
ACEEE	American Council for an Energy-Efficient Economy, Amerykańska Rada na Rzecz Promowania Gospodarki Energooszczędnej
ACER	Agency for Cooperation of Energy Regulators, Agencja do Spraw Współpracy Organów Regulacji Energetyki
AP	Annual Work Programme, Roczny Program Prac
APEC	Asia-Pacific Economic Cooperation, Układ o Współpracy Gospodarczej Azji i Rejonu Pacyfiku
BAT	Best Available Techniques, Najlepsze Dostępne Techniki
BAU	Business as Usual, scenariusz opisujący najbardziej prawdopodobną sytuację przy braku jakichkolwiek decyzji i zmian
BEV	Battery Electric Vehicle, samochód z napędem elektrycznym wyposażony tylko w jedno źródło energii
BTL	Biomass to Liquid, ciekłe paliwa syntetyczne powstające w wyniku przetwarzania biomasy drzewnej
C	Cel główny, zakładający budowę niskoemisyjnego transportu samochodowego w Polsce poprzez wykorzystanie paliw alternatywnych
C <sub>R</sub>	Cel cząstkowy, zakładający poprawę konkurencyjności transportu samochodowego w Polsce
C <sub>E</sub>	Cel cząstkowy, zakładający ograniczenie emisji CO <sub>2</sub> , pochodzących z transportu samochodowego w Polsce
C <sub>B</sub>	Cel cząstkowy, zakładający zapewnienie bezpieczeństwa paliw transportowych w Polsce
C <sub>S</sub>	Cel cząstkowy, zakładający realizację kategorii społecznych w Polsce
CAFE	Clean Air for Europe, Program „Czyste powietrze dla Europy”
CEF	Connecting Europe Facility, Fundusz „Łącząc Europę”
CDO	Działania na rzecz zapewnienia ciągłości dostaw paliw alternatywnych

CNG	Compressed Natural Gas, gaz ziemny w postaci sprężonej
CO	Carobon Monoxide, tlenek węgla
COP	Conference of Parties, Konferencja Stron Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w Sprawie Zmian Klimatu
CO <sub>2</sub>	Carbon Dioxide, dwutlenek węgla
CSR	Corporate Social Responsibility, Społeczna Odpowiedzialność Biznesu
CTA	Capital Theory Approach, Podejście analityczne z wykorzystaniem teorii kapitału
CTL	Coal to Liquid, ciekłe paliwa syntetyczne powstające w wyniku przetwarzania węgla kamiennego
EEA	European Environmental Agency, Europejska Agencja Środowiska
EFE	Działania na rzecz zapewnienia efektywności łańcuchów dostaw paliw alternatywnych
EFTA	European Free Trade Association, Europejskie Stowarzyszenie Wolnego Handlu
EIA	Energy Information Administration, Agencja Informacji Energetycznej
EIB	European Investment Bank, Europejski Bank Inwestycyjny
EPA	Environment Pollution Agency, Agencja Ochrony Środowiska
EU ETS	The European Union's Emissions Trading System, Europejski System Handlu Emisjami
EUR	Euro (waluta)
EV	Electric Vehicle, pojazd z napędem elektrycznym
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations, Organizacja Narodów Zjednoczonych do Spraw Wyżywienia i Rolnictwa
FCV	Fuel Cell Vehicle, pojazd z ogniwami paliwowymi zasilanymi wodorem
FFV	Flexible Fuel Vehicle, pojazd samochodowy z systemem wielopaliwowym
GHG	Greenhouse Gases, gazy cieplarniane
GTL	Gas to Liquid, ciekłe paliwa syntetyczne powstające w wyniku przetwarzania gazu ziemnego
GIC	Green Investment Scheme, System Zielonych Inwestycji
GPP	Green Public Procurement, Zielone Zamówienia Publiczne
HDI	Human Development Index, wskaźnik rozwoju społecznego
HDV	Heavy Duty Vehicle, ciężki pojazd samochodowy
HEV	Hybrid Electric Vehicle, pojazd hybrydowy, który posiada dwa współpracujące ze sobą silniki, tj. spalinowy i elektryczny
H2G	Home to Grid, koncepcja rozwoju sieci inteligentnej poprzez włączanie inteligentnych sieci domowych
IEA	International Energy Agency, Międzynarodowa Agencja Energetyczna

IAEA	International Atomic Energy Agency, Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej
IMF	International Monetary Fund, Międzynarodowy Fundusz Walutowy
INF	Działania na rzecz rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych
IPPC	Intergovernmental Panel on Climate Change, Międzyrządowy Zespół do Spraw Zmian Klimatu
IRENA	International Renewable Energy Agency, Międzynarodowa Agencja Energii Odnawialnej
KE	Komisja Europejska
KIB	Krajowa Izba Biopaliw
LEDS	Low-Emission Development Strategies, strategie rozwoju niskoemisyjnego
LCA	Life Cycle Assessment, metodyka oceny cyklu życia
L-CNG	Stacje tankowania gazu ziemnego w postaci skroplonej (LNG) i sprężonej (CNG)
LDV	Light Duty Vehicle, lekki pojazd dostawczy
LNG	Liquefied Natural Gas, gaz ziemny w postaci skroplonej
LPG	Liquefied Petroleum Gas, skroplony gaz ropopochodny
MAP	Multi-Annual Work Programme, Wieloletni Program Prac
NAFTA	North American Free Trade Agreement, Strefa Wolnego Handlu Ameryki Północnej
NCW	Narodowy cel wskaźnikowy
NGV	Natural Gas Vehicle, pojazd zasilany gazem ziemnym
NGVA	Natural Gas Vehicles Association, Stowarzyszenie Użytkowników Pojazdów Zasilanych Gazem Ziemnym
NMHC	Nonmethane Hydrocarbon, węglowodory niemetanowe
NO <sub>x</sub>	Nitric Oxides, tlenki azotu
NPRGN	Narodowy Program Rozwoju Gospodarki Niskoemisyjnej
OECD	Organisation for Economic Cooperation and Development, Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju
OKL	Działania w ramach polityki ochrony klimatu
OZE	Odnawialne źródła energii
PAL	Paliwa alternatywne
PE	Parlament Europejski
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle, pojazd samochodowy z napędem elektrycznym wyposażony w dwa źródła zasilania, z możliwością ładowania akumulatora z sieci elektrycznej
PKB	Produkt Krajowy Brutto
PLN	Złoty (waluta)

PM	Atmospheric Particulate Matter, cząstki pyłu atmosferycznego
POIG	Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka
POIiŚ	Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko
POIR	Program Operacyjny Inteligentny Rozwój
PPP	Purchasing Power Parity, Parytet siły nabywczej
PRO	Działania na rzecz promowania stosowania paliw alternatywnych
RPA	Działania na rzecz wprowadzania paliw alternatywnych na rynek
SEEA	System of Environmental-Economic Accounts, System rachunkowości środowiskowo-gospodarczej
UE	Unia Europejska (obejmująca 28 państw członkowskich)
UE-13	13 państw, które weszły w skład Unii Europejskiej po 1 maja 2004 r.
UE-15	15 państw wchodzących w skład Unii Europejskiej przed 1 maja 2004 r.
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change, Ramowa Konwencja Narodów Zjednoczonych w Sprawie Zmian Klimatu
USD	Dolar amerykański (waluta)
TEN-E	Trans-European Energy Network, transeuropejska sieć energetyczna
TEN-T	Trans-European Transport Network, transeuropejska sieć transportowa
TPES	Total Primary Energy Supply, Globalna Podaż Energii Pierwotnej
TTW	<i>Tank to Wheel</i> , etap analizy LCA, obejmujący emisje związane z użytkowaniem pojazdu, tj. od zbiornika do koła pojazdu
UKOOG	UK Onshore Operators Group, Zrzeszenie Operatorów Przemysłowych Branży Naftowo-Gazowej Wielkiej Brytanii
V2G	Vehicle to Grid, koncepcja zakładająca, że pojazdy elektryczne mogą nie tylko pobierać energię z sieci elektrycznej, ale także ją oddawać
WEC	World Energy Council, Światowa Rada Energetyczna
WTO	World Trade Organisation, Światowa Organizacja Handlu
WTT	<i>Well to Tank</i> , etap analizy w cyklu życia produktu, obejmujący emisje od źródła (nośnika) energii do zbiornika (paliwa)
WTW	<i>Well to Wheel</i> , analiza obejmująca całkowite emisje w cyklu życia produktu
WWF	World Wide Fund for Nature, Światowy Fundusz na Rzecz Przyrody
ZEW	Czynniki zewnętrzne

# Wstęp

Degradacja środowiska naturalnego jest aktualnie jedną z najbardziej istotnych barier rozwoju cywilizacyjnego świata. Jego ochrona wymaga zmian wzorców konsumpcji, a także aktywności gospodarczej i społecznej. Konieczność tych zmian wynika głównie z intensywnej eksploatacji zasobów naturalnych i jej negatywnych skutków dla środowiska. Transformacja modeli gospodarczych w kierunku efektywnego wykorzystania tych zasobów i obniżenia emisji gazów cieplarnianych stanowi jedno z podstawowych wyzwań cywilizacyjnych. W obliczu powszechnej zgody co do tego, że klimat się ociepla, podjęcie skoordynowanych działań w skali światowej jest konieczne, aby zapobiec groźnemu w skutkach globalnemu efektowi cieplarnianemu<sup>1</sup>.

Globalizacja gospodarki jest wieloaspektowym procesem we współczesnym świecie. Racjonalne gospodarowanie zasobami naturalnymi powinno opierać się na spójnych strategiach rozwoju o zasięgu globalnym, dążących do osiągnięcia równowagi w wymiarze ekonomicznym, środowiskowym i społecznym. Wypracowanie wspólnych celów i kierunków działań oraz uzyskanie zgody wszystkich państw na ich podjęcie jest jednak bardzo złożonym procesem, który wymaga pogodzenia odmiennych, a niekiedy wręcz sprzecznych ze sobą narodowych strategii rozwoju. Przykładem takich globalnych działań są m.in. negocjacje toczące się w ramach Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w Sprawie Zmian Klimatu (ang. United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) czy też regulacje wynikające z przyjętych przez Unię Europejską (UE) pakietów klimatyczno-energetycznych, mających na celu przeciwdziałanie zmianom klimatycznym.

---

<sup>1</sup> Mimo powszechnej zgody co do występowania zjawiska ocieplania klimatu nie ma zgody co do poglądów w postrzeganiu przyczyn tego zjawiska.

Realizacja zobowiązań dotyczących redukcji emisji dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>) ma służyć poprawie klimatu przy jednoczesnym zapewnieniu konkurencyjności gospodarek państw członkowskich UE oraz ich bezpieczeństwa energetycznego. Do realizacji tych zobowiązań prowadzi rozwój gospodarki niskoemisyjnej, która opiera się na wykorzystaniu nowych zasobooszczędnych i niskoemisyjnych technologii wytwarzania i konsumpcji energii, postrzeganych jako zasadnicze czynniki długookresowego rozwoju gospodarczego UE.

Koncepcja rozwoju gospodarki niskoemisyjnej jest ukierunkowana na tworzenie globalnego ładu klimatycznego, działania służące temu tworzeniu mają pozostawać w ścisłej zależności ze wzrostem poziomu wartości wytworzonych w gospodarce dóbr i usług, będących podstawową miarą rozwoju gospodarczego. Rozwój ten musi mieć charakter zrównoważony, co oznacza, że jego efekty powinny uwzględniać realizację celów gospodarczych, środowiskowych i społecznych. Obecnie w UE priorytetowym obszarem rozwoju gospodarki niskoemisyjnej jest sektor energetyczny, w którym tkwi duży potencjał ograniczania emisji gazów cieplarnianych.

Z punktu widzenia ograniczania emisji gazów cieplarnianych istotny jest także transport, który odgrywa znaczącą rolę w procesach przemian społeczno-gospodarczych w UE, pozostając jednocześnie pod dużym wpływem globalnych trendów rozwojowych. Trendy te determinują wzrost zapotrzebowania transportu na surowce ropopochodne, a jego skalę potęgują silne preferencje dla transportu samochodowego zarówno w przewozach osób, jak i ładunków. Aktualnie brakuje realnej możliwości zastąpienia tych surowców, co nie sprzyja rozwojowi transportu niskoemisyjnego. Czynnikiem stwarzającym i wspierającym tę możliwość, zwłaszcza w dłuższej perspektywie czasowej, może stać się wykorzystanie paliw alternatywnych w transporcie. Jednak rozwój rynku paliw alternatywnych wymaga budowy odpowiedniej infrastruktury oraz zwiększenia liczby pojazdów z alternatywnymi systemami napędu. Wobec wysokich kosztów tych przedsięwzięć nadal większość aktualnie dostępnych rozwiązań alternatywnych nie może konkurować z rozwiązaniami konwencjonalnymi pod względem ceny.

Rozwój rynku paliw alternatywnych jest hamowany nie tylko przez wysokie koszty innowacyjnych zastosowań substytutów ropy naftowej czy brak odpowiedniej infrastruktury, ale także przez brak wystarczającej akceptacji ze strony konsumentów. Również wśród przedstawicieli nauki, polityki i biznesu trwają dyskusje poddające w wątpliwość zasadność stosowania na szeroką skalę paliw alternatywnych w aspekcie dekarbonizacji transportu i zmniejszenia jego zależności od ropy naftowej. Dyskusje te nie doprowadziły dotychczas do przełomu w postrzeganiu roli tych paliw w rozwoju niskoemisyjnego transportu i gospodarki niskoemisyjnej. W związku z tym istnieje potrzeba kontynuowania dalszych badań

zarówno na poziomie unijnym, jak i krajowym, pozwalających ocenić wpływ stosowania alternatywnych źródeł energii na proces dekarbonizacji transportu i możliwość równoważenia celów gospodarczych, środowiskowych i społecznych.

Przedmiotem rozprawy jest badanie potrzeb energetycznych transportu samochodowego UE (obejmującej 28 państw członkowskich) w zakresie możliwości wykorzystania paliw alternatywnych do rozwoju transportu niskoemisyjnego, co jest jednym z dostępnych rozwiązań o dużym potencjale, wzmacniającym ten rozwój.

Ze względu na zróżnicowany zakres stosowania paliw alternatywnych w państwach członkowskich UE i różne perspektywy jego zwiększenia, co jest pochodną głównie różnic w rozwoju infrastruktury tych paliw, stopnia rozwoju motoryzacji, struktury wiekowej używanych samochodów oraz zamożności tych państw, przedmiotem pogłębionego badania stał się transport samochodowy Polski. Znaczny jest bowiem potencjał rozwoju transportu niskoemisyjnego w naszym kraju, co wynika np. ze stosunkowo dużej liczby samochodów zaawansowanych wiekowo, wysokiego udziału używanych pojazdów samochodowych w transakcjach kupna oraz znacznego potencjału produkcji biopaliw.

Celem rozprawy jest identyfikacja zależności zachodzących między wykorzystaniem paliw alternatywnych a rozwojem gospodarki niskoemisyjnej i wskazanie efektów zastosowania tych paliw w transporcie samochodowym w Polsce. Efekty te postrzegane są zarówno w kategorii wyniku całościowego, jak i wyników częściowych. Uzyskanie wyniku całościowego oznacza wyznaczenie stopnia, w jakim stosowanie paliw alternatywnych wpłynie na rozwój gospodarki niskoemisyjnej, tj. realizację celu łącznego. Z kolei wyniki częściowe stanowią odpowiedź na pytanie o stopień, w jakim do tego rozwoju przyczyni się realizacja celów częściowych, zakładających poprawę konkurencyjności transportu samochodowego (cel rynkowy), ograniczenie emisji CO<sub>2</sub> pochodzących z tego transportu (cel środowiskowy), zapewnienie bezpieczeństwa dostaw paliw transportowych (cel bezpieczeństwo dostaw) i realizację kategorii społecznych (cel społeczny).

Koncentracja badań na poszukiwaniu związków między strategią rozwoju gospodarki niskoemisyjnej a kierunkami zmian popytu na paliwa w transporcie samochodowym zdeterminowała główną hipotezę badawczą rozprawy, która brzmi: wykorzystanie paliw alternatywnych w transporcie samochodowym przyczynia się do rozwoju gospodarki niskoemisyjnej w UE i Polsce, zapewniając przy tym realizację celów strategii rozwoju zrównoważonego. Efekty części zrealizowanych działań, podejmowanych na rzecz wykorzystania tych paliw, ulegają wzajemnej kompensacie, co zmniejsza efektywność rozwoju gospodarki niskoemisyjnej w Polsce.

Cel rozprawy determinuje również, oprócz hipotezy głównej, pięć pomocniczych hipotez badawczych. Hipotezy te dotyczą podstawowych ogólnych zależności przyczynowo-skutkowych, które mogą się okazać istotne z punktu widzenia realizacji tego celu. Hipotezy pomocnicze zostały zweryfikowane w pięciu kolejnych rozdziałach rozprawy. Sprawdzenie ich prawdziwości umożliwiło budowę ilościowego modelu transportu samochodowego Polski i wskazało kierunki jego wykorzystania.

Sformułowane hipotezy pomocnicze brzmią:

1. Rozwój gospodarki niskoemisyjnej jest wyrazem realizacji założeń zasady racjonalnego gospodarowania zasobami naturalnymi i istotnym instrumentem spełnienia założeń strategii rozwoju zrównoważonego w skali globalnej.
2. Realizacja koncepcji gospodarki niskoemisyjnej w transporcie jest niezbędna do przeprowadzenia transformacji gospodarki UE i Polski w kierunku efektywnego wykorzystania źródeł energii i obniżenia emisji gazów cieplarnianych.
3. Wobec dużego i rosnącego znaczenia transportu samochodowego w gospodarce UE i Polski oraz wzrostu jego potrzeb paliwowych, wykorzystanie paliw alternatywnych w tej gałęzi transportu jest istotnym czynnikiem stopniowej substytucji paliw kopalnych i rozwoju transportu niskoemisyjnego.
4. Politycznie inspirowana strategia rozwoju gospodarki niskoemisyjnej jest źródłem struktury instytucjonalno-prawnej, umożliwiającej wzrost wykorzystania paliw alternatywnych w transporcie samochodowym UE i Polski oraz zwiększania ich społecznej akceptacji.
5. Istnieje możliwość wartościowania, identyfikacji obszarów oddziaływania i określania kierunków działań podejmowanych na rzecz rozwoju gospodarki niskoemisyjnej w Polsce w wyniku wykorzystania paliw alternatywnych w transporcie samochodowym.

Hipotezę główną i hipotezy pomocnicze zweryfikowano, wykorzystując wybrane metody i techniki badawcze. Analiza opisowa posłużyła do określenia przedmiotu badań oraz identyfikacji w jego obrębie podstawowych zależności. Za pomocą analizy przyczynowo-skutkowej zdefiniowano relacje występujące między ogólnymi trendami rozwojowymi, np. między popytem na transport i popytem na paliwa transportowe.

Teoriopoznawcze elementy badania związane ze statystycznymi i dynamicznymi aspektami gospodarowania zasobami naturalnymi przeprowadzono, stosując metodę badania dokumentów źródłowych (*desk research*). Do usystematyzowania dotychczasowego dorobku naukowego i stanu wiedzy na temat istoty i motywów rozwoju gospodarki niskoemisyjnej



użyteczna okazała się metoda analizy i krytyki piśmiennictwa. Systematyzacja tego dorobku i wiedzy stworzyła podstawę do zastosowania metody analizy porównawczej. Dzięki niej możliwe było określenie priorytetowych kierunków dalszych badań, dotyczących działań i czynników, istotnych dla rozwoju niskoemisyjnego transportu samochodowego. Kierunki tych działań i czynników, ważne dla Polski, zostały zweryfikowane m.in. w wyniku badań pierwotnych przeprowadzonych w urzędach administracji publicznej. Pozyskane za pomocą skategoryzowanych wywiadów kwestionariuszowych i telefonicznych informacje i dane umożliwiły wskazanie głównych barier rozwoju rynku paliw alternatywnych dla transportu samochodowego w naszym kraju. Bardziej szczegółowe i zaawansowane badania w zakresie kształtowania potrzeb energetycznych pojazdów samochodowych przeprowadzono, korzystając z metody analizy i konstrukcji logicznej. Metoda ta pozwoliła na skonstruowanie logicznych zależności łączących działania w zakresie dekarbonizacji przewozów ładunków i osób środkami transportu samochodowego z ich efektami.

W finalnym etapie badań skorzystano z metody analizy jakościowej, która umożliwiła zbudowanie jakościowego modelu transportu samochodowego, który za pomocą metod analizy ilościowej dostosowano do warunków polskich. W budowie modelu ilościowego szczególnie przydatne okazały się metody sztucznej inteligencji i metody oparte na teorii zbiorów rozmytych. Zbudowany model ilościowy stał się użyteczny przy prowadzeniu analiz symulacyjnych. Analizy te przeprowadzono m.in. z wykorzystaniem autorskich zestawów założeń istotnych dla identyfikacji stopnia równoważenia rozwoju rynku paliw alternatywnych. Zestawy tych założeń zostały następnie poddane zwymiarowaniu w wyniku przeprowadzonych badań własnych. W badaniach tych wykorzystano metodę ekspercką oraz wywiady bezpośrednie, do których zaproszono osoby ze świata nauki i biznesu.

Zastosowanie wspomnianych metod i technik badawczych pozwoliło na znalezienie skutecznego podejścia w zakresie analizy trudno mierzalnych obszarów badawczych i rozwiązywania niełatwych problemów naukowych. Za główną jego zaletę należy uznać zapewnienie możliwości badania złożonej problematyki rozwoju gospodarki niskoemisyjnej w wyniku wykorzystania paliw alternatywnych w transporcie samochodowym w stosunkowo prosty i przystępny sposób. Skonstruowany model ilościowy może stanowić praktyczne narzędzie dla decydentów do weryfikacji efektów tego rozwoju w wymiarze ekonomicznym, środowiskowym, społecznym i bezpieczeństwa dostaw paliw oraz ewentualnej korekty przyjętych założeń.

W rozprawie wykorzystano zarówno publikacje obcojęzyczne, jak i krajowe. Pozycje książkowe posłużyły głównie do analizy dotychczasowego dorobku nauk ekonomicznych w zakresie rozwoju zrównoważonego

i gospodarki niskoemisyjnej. Ze względu na aktualny charakter i wysoką dynamikę przedmiotu rozprawy podstawą wielu analiz i ocen stały się bieżące oficjalne dokumenty UE i Polski, dotyczące strategii tego rozwoju. W badaniach przydatne okazały się raporty i inne opracowania statystyczne, a także analizy eksperckie wyspecjalizowanych agencji międzynarodowych i instytucji analitycznych oraz polskich ośrodków naukowo-badawczych i eksperckich, w tym m.in.: European Environmental Agency (EEA), Energy Information Administration (EIA), Environment Pollution Agency (EPA), International Energy Agency (IEA), International Atomic Energy Agency (IAEA), Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), International Renewable Energy Agency (IREA), World Energy Council (WEC), World Trade Organisation (WTO), The World Bank, EurObserv'ER, BP, Exxon-Mobil, Deloitte, McKinsey, Cambridge Econometrics & Ricardo-AEA, Agency for Cooperation of Energy Regulators (ACER), DG MOVE, Centrum Analiz Energetycznych, ECORYS Polska Sp. z o.o.

Rozprawa składa się z pięciu zasadniczych rozdziałów. W rozdziale pierwszym dokonano analizy powiązań gospodarki ze środowiskiem naturalnym, co pozwoliło na ujawnienie wewnętrznych sprzeczności z nich wynikających, identyfikację dopuszczalnych obciążeń tego środowiska oraz wskazanie warunków funkcjonowania systemu społeczeństwo-gospodarka-przyroda. Teoriopoznawcze rozważania zmierzające do zbadania podstaw i następstw gospodarowania energią w gospodarce oparto na badaniu istoty racjonalnego gospodarowania zasobami naturalnymi. Na podstawie analizy literatury przedmiotu dokonano przeglądu przyrodniczych i fizycznych uwarunkowań gospodarowania, wynikających z teorii ekonomii. Badając problem racjonalności w wymiarze globalnym, dokonano analizy relacji między racjonalnością mikroekonomiczną i makroekonomiczną. Wnioskiem z tej analizy jest potrzeba wypracowania globalnego podejścia do zarządzania i ochrony zasobów naturalnych w zgodzie z zasadami rozwoju zrównoważonego. Przejawem tego podejścia jest ograniczenie emisji CO<sub>2</sub> i oszczędne gospodarowanie tymi zasobami, co mieści się w koncepcji rozwoju gospodarki niskoemisyjnej UE. Wyniki przeprowadzonych w tym rozdziale badań pozwoliły na weryfikację pierwszej hipotezy pomocniczej.

W rozdziale drugim skoncentrowano się na teoretycznych i pragmatycznych aspektach koncepcji niskoemisyjnego modelu gospodarczego. Struktura tego rozdziału jest konsekwencją badań, mających na celu weryfikację drugiej hipotezy pomocniczej. Przegląd literatury przedmiotu pozwolił na identyfikację głównych przesłanek rozwoju gospodarki niskoemisyjnej. W rozdziale tym dokonano analizy zasadniczych kierunków rozwoju globalnego sektora paliwowo-energetycznego, koncentrując rozważania na zmianach popytu na surowce energetyczne w UE, których

wykorzystanie w działalności gospodarczej człowieka postrzegane jest przez część środowisk naukowych za jedno ze źródeł zmian klimatu. Częścią tego rozdziału było także badanie możliwości operacjonalizacji koncepcji modelu gospodarczego z uwzględnieniem postulatów ograniczenia antropogenicznych zmian klimatu i zasady racjonalnego gospodarowania energią w transporcie samochodowym. Badanie to przeprowadzono, biorąc pod uwagę regulacje prawne UE, dotyczące założeń gospodarki niskoemisyjnej i działań prowadzących do jej rozwoju.

Rozdział trzeci poświęcono badaniu relacji zachodzących między rozwojem transportu a zmianą popytu na paliwa. Podstawowym celem tego badania była weryfikacja trzeciej hipotezy pomocniczej. Przeprowadzone badania obejmowały przegląd dostępnych ścieżek rozwoju niskoemisyjnego transportu samochodowego, z przesunięciem punktu ciężkości na analizę możliwości wykorzystania potencjału alternatywnych paliw transportowych. W rozdziale tym dokonano także identyfikacji głównych trendów rozwojowych, które implikują potrzeby energetyczne transportu. Podjęto wątek badawczy dotyczący roli dualnego charakteru transportu w procesach społeczno-gospodarczych. Określono główne kierunki rozwoju transportu samochodowego w państwach członkowskich UE zarówno w zakresie przewozów ładunków, jak i osób oraz kierunki zmian popytu na te przewozy w perspektywie do 2050 r. Częścią tego rozdziału było ponadto badanie zmian potrzeb paliwowych transportu samochodowego w aspekcie realizacji koncepcji rozwoju gospodarki niskoemisyjnej. Badaniu poddano także wpływ zdominowanej przez paliwa ropopochodne struktury koszyka paliwowego transportu samochodowego UE na bezpieczeństwo dostaw paliw transportowych, konkurencyjność tego transportu i na jego oddziaływanie na klimat.

Rozdział czwarty podporządkowano weryfikacji czwartej hipotezy pomocniczej, dokonując analizy koncepcji rozwoju paliw alternatywnych i właściwej infrastruktury pod kątem jej założeń zmierzających do poprawy konkurencyjności transportu samochodowego, bezpieczeństwa dostaw paliw, optymalizacji wykorzystania surowców ropopochodnych oraz przeciwdziałania zmianom klimatu. Analizie poddano mechanizmy najważniejszych instrumentów, umożliwiających wsparcie rozwoju rynku tych paliw. Oceniono efektywność ekonomiczną inwestycji w rozwój tego rynku i określono rolę rozwiązań instytucjonalno-prawnych dla tego rozwoju. Bazując na dostępnych danych statystycznych, dokonano oceny rozwoju rynków paliw alternatywnych i infrastruktury w państwach członkowskich UE. Przedmiotem uwagi były rynki biopaliw, paliw gazowych CNG i LNG oraz elektromobilności, które zgodnie z zapisami dyrektywy nr 2014/94/UE w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych uznano za istotne w perspektywie do 2030 r.

Rozdział piąty rozprawy poświęcono wyznaczeniu efektów rozwoju niskoemisyjnego transportu samochodowego w Polsce w wyniku wykorzystania paliw alternatywnych. Efekty te określono za pomocą zbudowanego jakościowego modelu transportu samochodowego, któremu nadano cechy ilościowe, co było możliwe w rezultacie pozytywnej weryfikacji piątej hipotezy pomocniczej. Nadanie tych cech dzięki zastosowaniu metod sztucznej inteligencji umożliwiło przeprowadzenie obliczeń z wykorzystaniem dwuwarstwowej sieci neuronowej. Dążąc do realizacji celu rozprawy, wyznaczono efekty rozwoju niskoemisyjnego transportu samochodowego w Polsce w wyniku wykorzystania paliw alternatywnych, reprezentujące cztery poziomy równoważenia, tj. ekonomiczny, środowiskowy, społeczny i bezpieczeństwo dostaw paliw. Zbadano także wrażliwość tych efektów względem założeń je determinujących. Zróżnicowane były bowiem wartości zestawów założeń do modelu ilościowego, podane przez badaczy.

Interdyscyplinarny charakter rozprawy obligował do stosowania wielu terminologii, głównie z zakresu ekonomii i nauk przyrodniczych, wymagających ujednoczenia i uporządkowania. Podejście przyrodnicze będące przedmiotem wielu badań w ekonomii spowodowało wprowadzenie do analiz ekonomicznych wybranych pojęć z zakresu ekologii. Jednocześnie interdyscyplinarna ich interpretacja doprowadziła do ukształtowania się pewnych skrótów pojęciowych służących do opisu złożonych zjawisk i procesów gospodarczych, takich jak np. zielony rozwój gospodarki, zielone miejsca pracy, kryzys ekologiczny czy ekologiczne bariery rozwoju społeczno-gospodarczego. Pojęcia te stosowane są zarówno w pracach naukowych, jak również w dokumentach prawnych. Autorka w swoim badaniu procesów gospodarczych i społecznych starała się precyzyjnie stosować pojęcia zaczerpnięte z różnych dyscyplin nauk przyrodniczych. Jednak w uzasadnionych przypadkach, mając świadomość skrótu terminologicznego, zastosowała w rozprawie pojęcia jak np. „strefa ekologiczna”, „pojazd ekologiczny” czy „korytarz ekologiczny”. Podyktowane to było przede wszystkim dążeniem do przestrzegania kryterium jasności odbioru interpretowanych zależności, które wkraczały w obszar badawczy nauk technicznych i przyrodniczych, takich jak np. mechanika czy chemia. Kierując się tym kryterium, w niektórych przypadkach zamiennie stosowała pojęcia „środowisko przyrodnicze” (naturalne) i „środowisko”.

Zaprezentowane w rozprawie interdyscyplinarne podejście badawcze w analizach ekonomicznych stanowi efekt zainteresowań naukowych autorki. Jako absolwentka Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi oraz Wydziału Ekonomiczno-Socjologicznego Uniwersytetu Łódzkiego w swoich badaniach naukowych łączy zagadnienia z zakresu ekonomii i nauk przyrodniczych.

## Rozdział 1

# Gospodarowanie energią jako przedmiot badań ekonomicznych

### 1.1. Wprowadzenie

Działalność gospodarcza jest działalnością świadomą i celową, co stanowi punkt wyjścia wielu analiz ekonomicznych. W teorii ekonomii można wyróżnić dwa ujęcia celu tej działalności. Ujęcie mikroekonomiczne sprowadza się do ustalenia zasad funkcjonowania podmiotów gospodarczych oraz określenia motywów postępowania człowieka w działalności gospodarczej, w tym zwłaszcza udzielenia odpowiedzi na pytanie o racjonalność ludzkiego działania. W ujęciu makroekonomicznym natomiast przedmiotem analizy jest gospodarowanie w skali krajów. Współcześnie w coraz większym stopniu wykracza się poza granice państw, czyniąc przedmiotem badania gospodarkę światową. Gospodarka ta, choć składa się czasami z bardzo odmiennych gospodarek narodowych, stanowi całość, zwłaszcza gdy uwzględni się istnienie granic wzrostu gospodarczego<sup>1</sup>.

W ogólnych warunkach ekonomicznych, wyznaczonych przez stosunki produkcji i dystrybucji, powstają bodźce ekonomiczne kierujące działalnością ludzi oraz określone sposoby reagowania na te bodźce. Cele działalności gospodarczej wyznaczają więc określone bodźce ekonomiczne, a reakcja na nie polega na stosowaniu środków służących do urzeczywistnienia tych celów. Można więc przyjąć, że działalność gospodarcza polega na realizacji określonych celów za pomocą pewnych środków<sup>2</sup>. Cele działalności gospodarczej oraz środki służące ich realizacji zależą od trzech zasadniczych czynników. Pierwszy z nich to czynnik

---

1 R. Bartkowiak, *Ekonomia rozwoju*, PWE, Warszawa 2013, s. 13.

2 O. Lange, *Ekonomia polityczna*, wyd. 4, t. 1 i 2, PWN, Warszawa 1983, s. 132.

historyczny, który wiąże się z charakterem gospodarki danego okresu. Kolejny, tj. czynnik logiczny, wynika z rozwoju ludzkiej myśli, zwłaszcza tych jej elementów, które dotyczą filozofii i refleksji nad ludzkim myśleniem. Obecnie coraz większe znaczenie w analizach procesów gospodarczych zyskuje także trzeci czynnik – przyrodniczy<sup>3</sup>.

Istotę wymienionych wyżej czynników, jak zauważa S. Czaja, można już dostrzec w dyskusjach filozoficznych poświęconych problemom gospodarczym w starożytności i średniowieczu, czyli u źródeł ludzkiego myślenia o gospodarowaniu<sup>4</sup>. Gospodarowanie jako podstawowy proces aktywności ludzkiej, pozwalający człowiekowi przetrwać zarówno w biologicznym, jak i społecznym wymiarze, wpisywało się w zwyczajowo-tradycyjny charakter gospodarki naturalnej. W platońskiej wizji państwa idealnego gospodarka miała charakter agrarny i autarkiczny, odzwierciedlając tym samym rzeczywistość społeczno-ekonomiczną panującą w starożytnej Grecji. Gospodarowanie oznaczało natomiast takie prowadzenie gospodarstwa, które zapewniało utrzymanie wielopokoleniowej rodziny (wraz z pracującymi w gospodarstwie niewolnikami) w długiej perspektywie czasowej. Jak zauważa B. Poskrobko, w świadomości społecznej mieszkańców wsi, szczególnie wschodniej Polski, tak rozumiane gospodarowanie przetrwało niemal do lat 50. XX w.<sup>5</sup>

Spojrzenie na procesy gospodarcze w świecie antycznym i średniowieczu pozwoliło myślicielom ekonomii stwierdzić jednoznacznie, że procesy te były pod silną presją akceptacji naturalnego charakteru ówczesnej gospodarki. „Fizyczność” procesów gospodarczych dominowała zdecydowanie nad ich pieniężnym wymiarem. Pieniądz ułatwiał wymianę, ale nie tworzył rzeczywistego bogactwa<sup>6</sup>. Źródłem bogactwa była bowiem

---

3 Wśród przedstawicieli ekonomii rozwoju zaczyna zyskiwać na znaczeniu przekonanie, że poprawne zrozumienie i opis przeszłych oraz bieżących zdarzeń gospodarczych wymaga łącznego podejścia przyrodniczo-historycznego. Przekonanie to wynika z przypisania czynnikowi przyrodniczemu nadrzędnej roli w analizie procesów gospodarczych. Podejście historyczne, uznane za wtórne w stosunku do podejścia przyrodniczego, jest jednak na tyle ważne, że powinno się stosować podejście łączne, za: R. Bartkowiak, *Ekonomia...*, s. 28.

4 S. Czaja, *Periodyzacja rozwoju współczesnej teorii ekonomii*, [w:] *Wyzwania współczesnej ekonomii. Wybrane problemy*, red. S. Czaja, A. Becla, J. Włodarczyk, T. Poskrobko, Difin, Warszawa 2012, s. 13.

5 B. Poskrobko, *Metodologiczne aspekty ekonomii zrównoważonego rozwoju*, [w:] *Ekonomia zrównoważonego rozwoju w świetle kanonów nauki*, red. B. Poskrobko, Wyższa Szkoła Ekonomiczna, Białystok 2011, s. 18.

6 W ekonomii głównego nurtu pojęcie bogactwa nie uzyskało statusu kategorii ekonomicznej. W ekonomii zrównoważonego rozwoju kategorię bogactwa narodu odniesiono do makrosystemu społeczeństwo-środowisko-gospodarka. Więcej: *ibidem*, s. 20–27.