

Maciej Koszorek

ORCID: 0000-0001-5984-8880

koszorek.maciej@gmail.com

Uniwersytet Zielonogórski

<https://doi.org/10.26366/PTE.ZG.2022.230>

Open Access CC BY 4.0



Mateusz Kurowski

ORCID: 0000-0002-9979-6517

m.kurowski@wez.uz.zgora.pl

Uniwersytet Zielonogórski

Cytowanie: Koszorek, M., Kurowski, M. (2022). Wyzwania związane z rozwojem elektromobilności w Europie. *Zeszyty Naukowe Polskiego Towarzystwa Ekonomicznego w Zielonej Górze*, 17, s. 105-117. DOI: 10.26366/PTE.ZG.2022.230

Wyzwania związane z rozwojem elektromobilności w Europie

Abstrakt: Przedmiotem artykułu jest rozwój elektromobilności w Europie i koncepcja zrównoważonego transportu. Celem niniejszego artykułu jest przeprowadzenie prognozy liczby nowo rejestrowanych pojazdów w pełni elektrycznych w latach 2021-2025 i przedstawienie wyzwań związanych z zaobserwowanym trendem. Praca ma charakter teoretyczny, opiera się na analizie literatury, branżowych stron internetowych i danych statystycznych. Do prognozowania wykorzystano metodę Holta – model wygładzania wykładniczego. Prognoza na lata 2021-2025 wykazała, że w kolejnych latach nastąpi znaczny wzrost liczby nowo rejestrowanych samochodów w pełni elektrycznych w Europie. Według prognozy przewidywana liczba samochodów elektrycznych rejestrowanych rocznie wzrośnie w 2025 aż o 261% w porównaniu z 2020 rokiem. Rozwój elektromobilności jest ważnym elementem koncepcji zrównoważonego transportu, ale jego realizacja to nie tylko produkcja i rozpowszechnienie samochodów z napędem elektrycznym. Spełnienie założeń koncepcji elektromobilności wymaga m.in. równoczesnego rozwoju infrastruktury ładowania, zwiększenia efektywności recyklingu i pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych. Istotny w tym przypadku jest również obserwowany ostatnio w Europie kryzys energetyczny, który może zahamować rozwój lub wpłynąć na zmianę kierunku w stronę innej technologii.

Słowa kluczowe: zrównoważony transport; elektromobilność; samochody elektryczne; prognozowanie.

Challenges related to the development of electromobility in Europe

Abstract: The subject of the work is the development of electromobility in Europe and the concept of sustainable transport. The aim of the work is to forecast the number of newly registered fully electric vehicles in the years 2021-2025 and to present the challenges related to the observed trend. The work is theoretical, based on the analysis of literature, industry websites and statistical data. The Holt method was used for forecasting. According to the forecast, the expected number of electric cars registered annually will increase in 2025 by 261% compared to 2020. The development of electromobility is an important element of the concept of sustainable transport, but its implementation is not only the production and proliferation of electric cars. Fulfilling the assumptions of the electromobility concept requires the simultaneous development of the charging infrastructure, increasing the efficiency of recycling and obtaining energy from renewable sources. Also relevant in this case is the recent energy crisis in Europe, which could hinder development or influence a shift toward another technology.

Keywords: sustainable transport; electromobility; electric cars; forecasting.

JEL: R420

Wstęp

Transport prywatny jest nieodłącznym elementem życia wielu ludzi. Społeczeństwo nie chce lub nie może zrezygnować z własnych pojazdów z powodu przyjętego stylu życia, charakterystyki wykonywanego zawodu, braku dostępnych alternatyw lub zwyczajnie poczucia komfortu. Równolegle coraz większego znaczenia nabiera koncepcja zrównoważonego rozwoju i chęć walki ze zmianami klimatu, a w szczególności zmniejszenia emisji CO₂ i innych toksycznych substancji będących efektami ubocznymi działalności człowieka. Kompromisem dla tych dwóch zjawisk w obszarze transportu jest rozwój elektromobilności. Unijne regulacje i strategie największych producentów samochodów w najbliższym czasie mogą przynieść znaczny wzrost liczby nowo rejestrowanych pojazdów elektrycznych, co wiąże się z wieloma wyzwaniami.

Celem niniejszego artykułu jest przeprowadzenie prognozy liczby nowo rejestrowanych pojazdów w pełni elektrycznych w latach 2021-2025 i przedstawienie wyzwań związanych z zaobserwowanym trendem. Postawiono następujące pytania badawcze:

1. Jak będzie kształtować się liczba nowo rejestrowanych samochodów z napędem elektrycznym w Europie, do roku 2025?
2. Jakie bariery hamują rozwój elektromobilności w Europie?
3. W jaki sposób można ograniczyć bariery rozwoju elektromobilności w Europie?

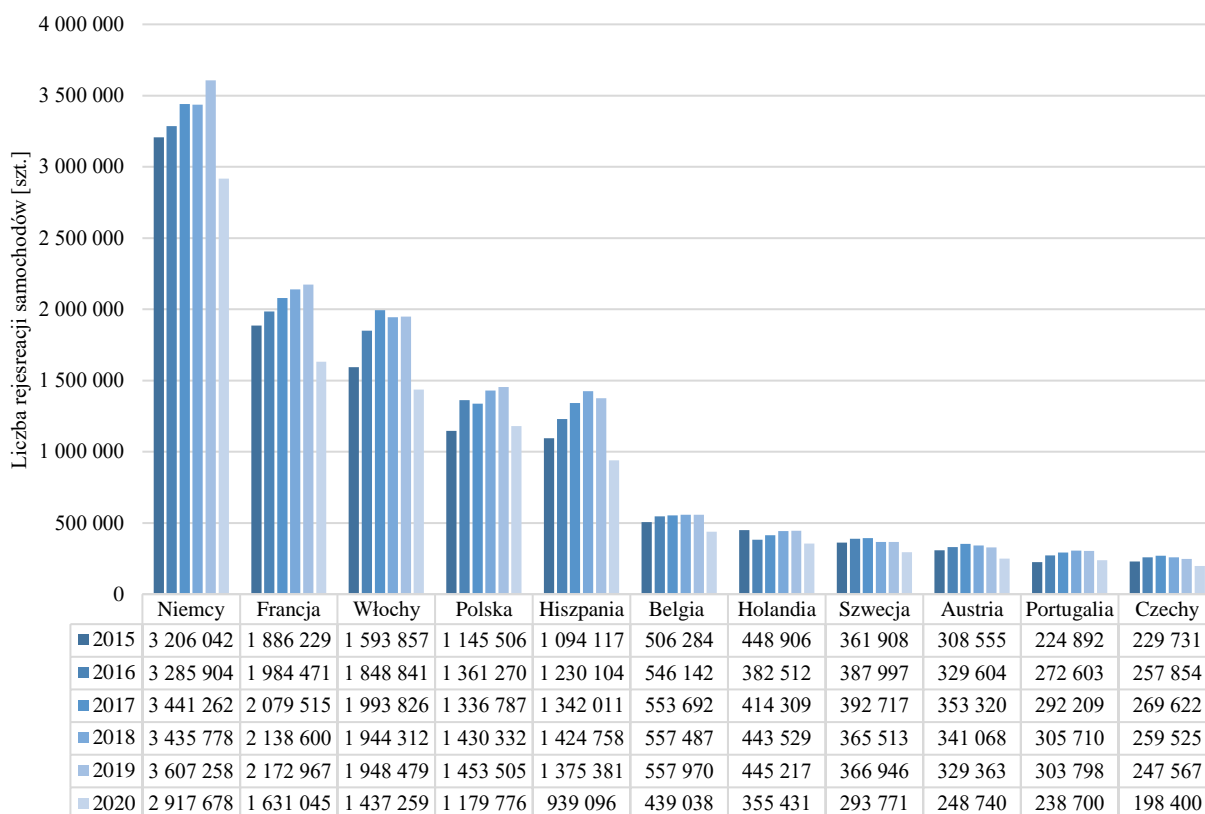
Opracowanie ma charakter teoretyczny, opiera się na analizie literatury (z baz Google Scholar, ResearchGate), branżowych stron internetowych i danych statystycznych zebranych przez Eurostat. W doborze źródeł kierowano się aktualnością danych dotyczących koncepcji zrównoważonego transportu i elektromobilności. Część empiryczną oparto na analizie danych statystycznych od 2012 do 2020 roku, których użyto do zdiagnozowania trendu na najbliższe lata. Prognozę zbudowano przy pomocy modelu liniowego Holta, opierając się na danych Europejskiej Agencji Środowiska dotyczących liczby nowo rejestrowanych samochodów elektrycznych w krajach europejskich.

1. Transport w kontekście zrównoważonego rozwoju

Zrównoważony transport jest takim sposobem przewozu osób i ładunków, który odbywa się przy minimalizacji emisji dwutlenku węgla i innych produktów spalania paliw (Miłaszewicz i Ostapowicz, 2011, s. 108). Jego główne założenie zintegrowanie interesów transportowych, społecznych, gospodarczych i środowiskowych (Brzeziński 2015, s. 54). Obecnie w Europie i na całym świecie podejmowane są działania mające na celu wprowadzenie proekologicznych

rozwiązań transportowych. Wiele z nich w założeniu ma nie tylko usprawniać ruch, ale wręcz wyeliminować przemieszczanie się prywatnymi pojazdami na rzecz dostępnych alternatyw. Wśród takich rozwiązań można wyróżnić między innymi (Brzeziński i Rezwow, 2007, s. 7-25): strefowanie ruchu (ograniczanie ruchu samochodowego w zależności od gęstości zabudowy i dostępności środków komunikacji publicznej), rozwój transportu publicznego oraz, zapewnienie pasażerom możliwości łączenia kilku podsystemów transportowych podczas jednej podróży (np. autobusu i tramwaju). Ponadto podejmowane są różnego rodzaju inicjatywy związane z promocją transportu publicznego, komunikacji rowerowej oraz *carsharingu* i *carpoolingu*. Przykładem są akcje marketingowe skierowane do ogółu społeczeństwa lub konkretnych grup (np. pracowników, uczniów studentów), takie jak: dystrybucja ulotek i broszur, rozwieszanie plakatów i organizowanie wydarzeń jak „dzień bez samochodu” lub „rowerem do pracy” w wielu europejskich miastach (Nosal, 2011, s. 37-38). Dla osób niemogących zrezygnować z jazdy samochodem istotny jest rozwój *car-sharingu*, czyli usługi wynajmu samochodów na minuty oferowanej przez prywatne przedsiębiorstwa i *carpoolingu*, czyli udostępniania miejsc w samochodach (najpopularniejszym sposobem jest w tym przypadku używanie aplikacji Blablacar pozwalającej na oferowanie miejsca innym osobom wyrażającym chęć podróżowania w tym samym kierunku w Internecie) (Godlewska i Szpilko, 2020, s. 133-134). Działania tego rodzaju mają zwiększać świadomość dotyczących alternatyw dla transportu prywatnego bądź redukcji ich negatywnego wpływu na środowisko.

Mimo tych działań wielu ludzi nadal preferuje przemieszczanie się własnymi środkami transportu. Ten fakt potwierdzają dane Eurostatu. Pierwszą dziesiątkę krajów UE, w których nowe samochody rejestrowane są najczęściej, według dostępnych danych od 2015 do 2020 roku ukazano na rysunku 1.



Rysunek 1. Dynamika rejestracji samochodów w wybranych krajach UE

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Eurostat 2021a).

Z przedstawionych danych wynika, że liczba nowych rejestracji w krajach Unii Europejskiej wykazuje tendencję wzrostową lub utrzymuje się na podobnym poziomie. Jedynie w 2020 roku zanotowano spadek, jednak było to powiązane z pandemią koronawirusa; sytuacja najprawdopodobniej zmieni się po wyjściu z tego kryzysu. Z punktu widzenia zrównoważonego transportu, w długoterminowej perspektywie najlepiej byłoby ograniczyć całkowitą liczbę nowo rejestrowanych i użytkowanych samochodów prywatnych. Musiałoby to jednak iść w parze z głębokimi przemianami infrastrukturalnymi i społecznymi. Jeżeli w krótkim okresie nie jest możliwe zmniejszenie liczby nowo rejestrowanych pojazdów, należy skoncentrować się na ograniczeniu ich negatywnego wpływu na środowisko. To zadanie ma wypełnić ekologizacja pojazdów samochodowych, m.in. wykorzystanie zelektryfikowanych układów napędowych (Brach i Wojtowski 2021, s. 6), i związana z tym koncepcja elektromobilności.

Elektromobilność to „całokształt zagadnień związanych z produkcją i eksploatacją pojazdów z napędem elektrycznym (ang. electric vehicles, dalej: EV) (Elektromobilni.pl, 2021). Kierunek zmian w tym zakresie wynika m.in. z ustawodawstwa unijnego. Został on opisany w wydanym 14 lipca 2021 r. pakiecie regulacyjnym „Fit for 55” określającym cele dla

całej Unii Europejskiej. Najważniejsze założenia tego dokumentu dotyczące transportu drogowego to (Polskie Stowarzyszenie Paliw Alternatywnych, 2021): wyeliminowanie z obiegu samochodów z tradycyjnym napędem do 2035 roku, opracowanie przez państwa członkowskie narodowych strategii na rzecz paliw alternatywnych do 2024 i rozwój infrastruktury ładowania.

Na rozwój koncepcji istotny wpływ mają również strategie, które obierają najwięksi światowi producenci samochodów. Przykładem mogą być takie korporacje jak Volkswagen AG czy General Motors, które deklarują dążenie do całkowitej elektryfikacji swoich pojazdów (Volkswagen, 2021; General Motors, 2021). Te czynniki w połączeniu ze usprawnieniami technologicznymi sprawiają, że pojazdy elektryczne będą stawać się coraz bardziej dostępne dla zwykłego konsumenta.

3. Metodyka badań

Prognozę na potrzeby niniejszych badań przeprowadzono w oparciu o dane Eurostatu zebrane w krajach UE-27, Islandii, Norwegii i Wielkiej Brytanii w latach 2012-2020. Dane pozyskano z *Common Questionnaire for Transport Statistics* (Eurostat, 2020). Metodą wykorzystaną do badania był model liniowy Holta. Wybrano ją ze względu na dopasowanie do charakterystyki danych, które cechuje tendencja rozwojowa i wahania przypadkowe (Szostek, 2012, s. 16-17). Wykorzystana metoda jest modelem wygładzania wykładniczego, który opiera się na dwóch równaniach (Radzikowska, 2004, s. 33):

– równaniu służącym do wyznaczenia wygładzonych wartości szeregu czasowego w momencie/okresie $t - 1$:

$$F_{t-1} = \alpha * y_{t-1} + (1 - \alpha) * (F_{t-2} + S_{t-2}), \quad (1)$$

– równaniu służącym do wyznaczenia wygładzonych wartości przyrostu trendu na moment/okres $t - 1$:

$$S_{t-1} = \beta * (F_{t-1} - F_{t-2}) + (1 - \beta) * S_{t-2}, \quad (2)$$

gdzie α i β to parametry wygładzania modelu należące do przedziału $[0,1]$.

W celu zwiększenia dokładności wartości parametrów powinny opierać się na minimalizacji średniego błędu *ex post*. Do wyznaczenia wartości błędu wykorzystano następujący wzór (Radzikowska, 2004, s. 33):

$$s^* = \left[\frac{1}{T-n} \sum_{t=n+1}^T (y_t - y_t^*) \right]^2 \quad (3)$$

gdzie: y_t – rzeczywista wartość zmiennej w okresie t , y_t^* – wartość prognozowana na okres t , n – numer ostatniej obserwacji rzeczywistej, T – numer ostatniego okresu, na który była sprawdzana prognoza.

Na potrzeby tego opracowania parametry wygładzania modelu pozwalające na minimalizację błędu wynosiły 0,99, co zostało obliczone za pomocą dodatku Solver do Microsoft Excel. Budowa prognozy w modelu Holta opiera się na zsumowaniu wygładzonych wartości szeregu danego okresu i wielokrotności wygładzonej wartości przyrostu trendu na okres $t = n$ (Radzikowska, 2004, s. 34):

$$y_T^* = F_n + (T - n) * S_n \quad (4)$$

Ostatnim ważnym elementem niezbędnym do budowy modelu Holta jest określenie wartości początkowych F_1 i S_1 . W tym przypadku F_1 jest równy wartości rzeczywistej y_t z pierwszego okresu, a S_1 – przyrostem wartości przychodu rzeczywistego między drugim, a pierwszym okresem (Radzikowska, 2004, s. 33-37).

4. Prognoza dotycząca liczby samochodów elektrycznych w krajach Unii Europejskiej, Islandii, Norwegii i Wielkiej Brytanii

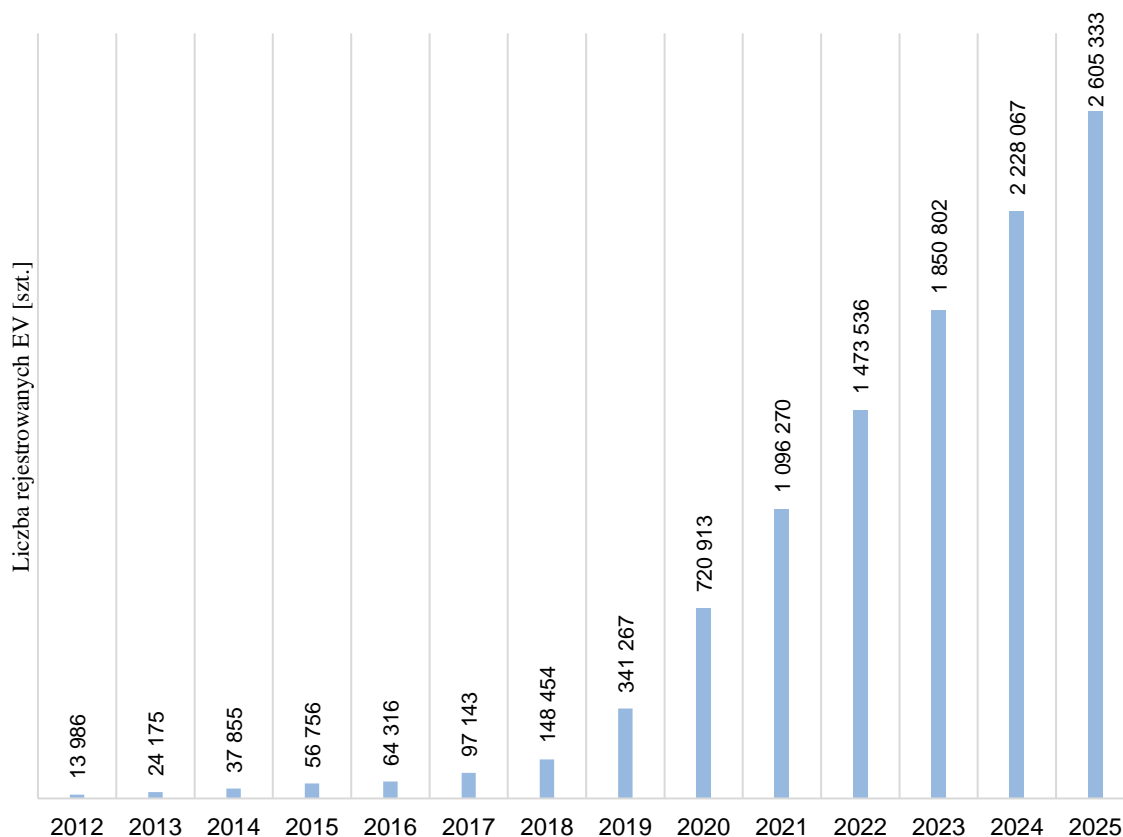
W ramach badań opracowano prognozę dotyczącą liczby rejestracji samochodów w pełni elektrycznych. W tabeli 1 przedstawiono obliczenia niezbędne do opracowania prognozy. Opierając się na danych rzeczywistych zebranych przez Europejską Agencję Środowiska w krajach UE-27, Islandii, Norwegii i Wielkiej Brytanii wyznaczono potencjalny wzrost liczby samochodów w pełni elektrycznych zarejestrowanych na tych obszarach do 2025 roku.

Obliczenia zawarte w tabeli pozwalają również na ustalenie błędów względnych *ex post* wartości wynoszących odpowiednio 8%, 6%, 5%, 4% i 3% (porównanie średnich wartości dla prognoz wygasłych i wartości już znanych). W związku z tym, że prognozowanie zostanie wykorzystane wyłącznie do dalszych rozważań teoretycznych, można założyć, że otrzymane wyniki są dopuszczalne, gdyż wartość błędu względnego nie przekracza 10%. Porównując wprost wartości rzeczywiste z prognozami wygasłymi średnia różnica wynosiła 53 504 samochodów elektrycznych z korzyścią dla wartości rzeczywistych, co wskazuje na wysoką dynamikę wzrostu i potwierdza wnioski z prognozy. Z obliczeń można wywnioskować, że trend rosnący się utrzyma i tylko w okresie 2021-2025 na wskazanym obszarze przybędzie łącznie 9 254 008 samochodów w pełni elektrycznych. Wartości dla każdego roku umieszczono na rysunku 2.

Tabela 1. Wyznaczenie prognozy dotyczącej liczby nowo zarejestrowanych EV w latach 2021-2025

T	Rok	y_t	F_t	S_t	Prognoza y_t^*	$(y_t - y_t^*)^2$
1	2012	13 986	13 986,00	10189,00	-	-
2	2013	24 175	24 175,00	10189,00	24 175	-
3	2014	37 855	37 820,09	13610,53	34 364	12 187 081
4	2015	56 756	56 702,75	18829,94	51 431	28 359 682
5	2016	64 316	64 428,17	7836,47	75 533	12 5813 935
6	2017	97 143	96 894,22	32219,75	72 265	618 933 166
7	2018	148 454	148 260,60	51174,92	129 114	374 036 760
8	2019	341 267	339 848,69	190183,95	199 436	20 116 169 633
9	2020	720 913	719 004,20	377265,80	530 033	36 435 312 234
10	2021	-	-	-	1 096 270	-
11	2022	-	-	-	1 473 536	-
12	2023	-	-	-	1 850 802	-
13	2024	-	-	-	2 228 067	-
14	2025	-	-	-	2 605 333	-

Źródło: opracowanie własne na podstawie (European Environment Agency, 2021).

**Rysunek 2. Liczba EV rejestrowanych na obszarze EU-27, Islandii, Norwegii i Wielkiej Brytanii**

Źródło: opracowanie własne na podstawie (European Environment Agency, 2021).

Na rysunku 2 dane do roku 2020 to wartości rzeczywiste, a od 2021 – prognozowane. Przewidywana liczba samochodów elektrycznych rejestrowanych rocznie wzrośnie w 2025 aż o 261% w porównaniu z 2020 rokiem. Wniosek ten jednak wysuwa się przy założeniu liniowego, niezmiennego wzrostu, który wymaga jednoczesnego rozwoju energii odnawialnej. W obliczu braku stabilności obserwowanego w Europie i na świecie, związanego między innymi z wyjściem z pandemii koronawirusa oraz inwazją Rosji na Ukrainę i związanym z tym kryzysem energetycznym możliwe są inne scenariusze. Szczególnie, że rozwój zależy równocześnie od strony popytowej, jak i podażowej, to znaczy trzeba brać pod uwagę zarówno możliwości producentów, jak i konsumentów. Z punktu widzenia zrównoważonego transportu szybki rozwój elektromobilności jest pozytywnym zjawiskiem, ale towarzyszą temu pewne trudności.

5. Wyzwania związane z rozwojem elektromobilności w Europie

Najważniejszym wyzwaniem jest zapewnienie warunków umożliwiających efektywne użytkowanie samochodów elektrycznych. Szczególnie istotny jest rozwój odpowiedniej infrastruktury. Według danych Europejskiego Trybunału Obrachunkowego w 2020 r. na terenie UE-27 i Wielkiej Brytanii było 250 000 punktów ładowania, w tym 35 000 umożliwiających szybkie ładowanie. Konfrontując najnowsze dane z założeniami Europejskiego Zielonego Ładu, liczba punktów powinna wzrosnąć czterokrotnie w przeciągu 5 lat, co oznaczałoby 150 000 nowych punktów rocznie (Europejski Trybunał Obrachunkowy, 2021, s. 22-23).

Innym problemem jest nierówne rozmieszczenie infrastruktury. Przykładowo w Niemczech, Belgii, Holandii i Wielkiej Brytanii współczynnik zagęszczenia punktów ładowania na 100 km² wynosił w 2020 r. powyżej 10, a w kilkunastu innych krajach (m.in. w Polsce, Czechach, Rumunii, Bułgarii i na Słowacji) poniżej 2 (Europejski Trybunał Obrachunkowy, 2021, s. 25). W tym przypadku wyzwaniem jest wyrównanie dysproporcji, aby swobodne podróże były możliwe na całym obszarze, a nie tylko w wybranych krajach (Komarnicki i in. 2020, s. 4). Wywołuje to jednak wątpliwości natury ekonomicznej. Szybki wzrost współczynnika potrzebny do swobodnego użytkowania pojazdów napędzanych energią elektryczną w krajach o mniejszej dostępności punktów ładowania wiązałby się z wydatkami, na które społeczeństwa nie mogą sobie pozwolić nie tylko ze względu na ich zasobność, ale także gotowość płacenia na ekologię.

Dla użytkowników pojazdów elektrycznych ważną kwestią jest również zużywanie się baterii samochodowych. Według szacunków już po około 8-10 latach następuje spadek ich

pojemności do 70-80% (Chudy, 2020, s. 28). Taka sytuacja sprawia, że naturalnym tokiem postępowania jest podjęcie próby ponownego użycia, a dopiero później recykling. Przykładowe zastosowania takich baterii to (Chudy, 2020, s. 30-31):

- magazynowanie energii elektrycznej na poziomie gospodarstw domowych i przedsiębiorstw,
- stosowanie akumulatorów jako rezerwy na wypadek awarii,
- wyposażenie innych pojazdów i urządzeń, np. wózków widłowych.

Te i inne rozwiązania pozwolą na wydłużenie cyklu życia baterii, jednak nie zlikwidują całości problemu odpadów akumulatorowych, szczególnie zakładając zawodność niektórych z nich (np. przypadki samozapłonów). Biorąc to pod uwagę konieczne jest zorganizowanie efektywnego systemu recyklingu. Obecnie najpopularniejsze metody są oparte na (Geuss, 2019):

- procesach pirometalurgicznych – polegających na wytopianiu cennych metali w wysokiej temperaturze,
- procesach hydrometalurgicznych – opartych na wymywaniu składników przy użyciu kwasów nieorganicznych,
- odnowieniu części katody starego akumulatora.

Oprócz tego wciąż opracowywane są nowe technologie, które mają zmniejszyć negatywny wpływ na środowisko przy jednoczesnym zwiększeniu efektywności ekonomicznej rozwiązań. Przykładem jest technologia nanokrzemu, która pozwala na potrojenie pojemności baterii i skrócenie czasu ładowania o połowę (Beecham 2022).

Wyzwaniem warunkującym sens elektromobilności jest również pozyskiwanie energii potrzebnej do zasilania samochodów elektrycznych. Po pierwsze, technologię ogranicza konieczność przewodowego ładowania energii i jej efektywne magazynowanie. Ponadto bardzo istotne dla zrównoważonego transportu jest to, aby rozwój elektromobilności pociągał za sobą rozwój odnawialnych źródeł energii, energii jądrowej i sieci dystrybucji energii (Misztal, 2022, s. 118). W sytuacji, gdy pojazdy będą ładowane prądem pochodzącym ze spalania paliw kopalnych, emisja CO₂ zostanie jedynie przesunięta na inny etap cyklu użytkowania produktu. Według najnowszych danych Eurostatu z 2019 roku w krajach UE-27 energia odnawialna stanowiła 19,73% całkowitego zużycia energii. Widoczne są też duże dysproporcje między poszczególnymi krajami. Przykładowo trzy kraje o najgorszym współczynniku – Luksemburg, Malta i Holandia – mają udział odnawialnych źródeł energii na poziomie odpowiednio 7,05%, 8,49% i 8,77%, a o najlepszym współczynniku – Islandia, Norwegia i Szwecja – kolejno 78,20%, 74,63% i 56,40% (Eurostat, 2021b). Jeśli w tym zakresie nie zostaną wypracowane skuteczne rozwiązania, wszelkie inwestycje w zakresie elektromobilności okażą się wyłącznie kosztowną alokacją zanieczyszczeń.

Na tempo rozwoju elektromobilności w Europie wpływ będą też miały czynniki polityczne i ekonomiczne. Wymiana dotychczasowych środków transportu indywidualnego wymaga odpowiedniego poziomu dochodów gospodarstw domowych. Mogą być one jednak wspomagane przez dopłaty z budżetów państw lub samej UE, na przykład w ramach programu *NextGenerationEU* (Komisja Europejska, 2020). Odpowiedni poziom zamożności nie jest warunkiem wystarczającym do zmiany środka transportu. Samochody z napędem spalinowym są użytkowane od dekad i jako takie nie budzą obaw. Wiąże się z nimi też pewna tradycja motoryzacji. Ponadto nawet osoby skłonne do zmiany indywidualnego środka transportu mogą zwlekać z decyzją, np. ze względu na bardzo dobry stan dotychczasowego samochodu z napędem spalinowym.

Podsumowanie

Dynamiczny rozwój elektromobilności jest istotnym elementem zrównoważonego transportu. Wykorzystywanie samochodów elektrycznych w transporcie prywatnym może przynieść wiele korzyści i znacznie przyczynić się do wyeliminowania negatywnego oddziaływania na środowisko, takich jak hałas czy emitowanie szkodliwych związków. Badania pozwoliły na ukazanie trendu wzrostowego i potencjalnych przeszkód rozwoju.

Według przeprowadzonej prognozy jednym z możliwych scenariuszy jest intensywny wzrost liczby nowo rejestrowanych samochodów elektrycznych w Europie. Podczas gdy w 2020 roku zarejestrowano 720 913 samochodów elektrycznych, w 2025 roku liczba ta ma wzrosnąć do 2 605 333. Wskazany przez autorów trend wymaga wprowadzenia przez państwa Unii Europejskiej i producentów szeregu praktycznych rozwiązań, m.in. związanych z przygotowaniem infrastruktury ładowania samochodów elektrycznych, rozwiązań technicznych i organizacyjnych pozwalających na ponowne wykorzystanie akumulatorów i produkcją energii elektrycznej. Sugerowane przez autorów rozwiązania to:

- ponowne wykorzystanie akumulatorów z samochodów elektrycznych w innych urządzeniach i jako magazyny energii,
- poddanie baterii procesom recyklingu,
- zwiększenie efektywności i wydłużenie cyklu życia akumulatorów poprzez zastosowanie nowoczesnych koncepcji, np. wykorzystania nanokrzemu do ich produkcji,
- wykorzystanie energii atomowej i odnawialnych źródeł energii.

Wykorzystanie tych sposobów pozwoli na pełne włączenie elektromobilności do strategii zrównoważonego transportu. Warto jednak zauważyć, że nie jest to jedyny potencjalny kierunek zmian, szczególnie w obliczu postępującego kryzysu energetycznego. Być może

w najbliższych latach na znaczeniu będą zyskiwać inne technologie, niewymagające ładowania bezpośrednio z sieci – na przykład ogniwa wodorowe i silniki hybrydowe, wytwarzające energię w czasie jazdy. Są to rozwiązania, które wyeliminują problemy infrastrukturalne i uzależnienie mobilności jedynie od potencjału i mixu energetycznego krajów.

Poważnym ograniczeniem niniejszej analizy jest skupienie się wyłącznie na Europie. Poruszane w badaniach zagadnienia są istotne w wymiarze globalnym i w przyszłości należałoby rozszerzyć je pod względem geograficznym. Badając zjawisko na poziomie międzynarodowym konieczne było ograniczenie się do danych statystycznych zebranych przez Eurostat i Europejską Agencję Środowiska. Ponadto barierą jest wciąż zmieniająca się sytuacja w Europie, szczególnie wydarzenia takie jak pandemia koronawirusa i inwazja Rosji na Ukrainę, które mogą zakłócić dotychczasowy wzrost. W dalszych opracowaniach autorzy skupią się na potencjale poszczególnych regionów oraz innych niż elektromobilność elementach zrównoważonego transportu. Wnioski płynące z badań mają znaczenie przede wszystkim dla prawodawców w poszczególnych państwach Europy i Unii Europejskiej, a także dla resortów odpowiedzialnych za gospodarkę energetyczną i transport.

Bibliografia

Beecham M. (2022). Silicon-based battery technology ‘breakthrough that improves performance and decreases costs’. Pobrano z just-auto.com website: <https://www.just-auto.com/interview/silicon-based-battery-technology-breakthrough-that-improves-performance-and-decreases-costs/>

Brach, J., i Wojtowski, B. (2021). Ekologizacja ostatniej mili od strony taborowej. *Zeszyty Naukowe Polskiego Towarzystwa Ekonomicznego w Zielonej Górze*, 8(14), 5-23. DOI: 10.26366/PTE.ZG.2021.188

Brzeziński, A., i Rezwow, M. (2007). Zrównoważony transport – ekologiczne rozwiązania transportowe. W: P. Pieczyński (red.), *Ekorozwój i Agenda 21. Interdyscyplinarny model kształcenia* (s. 1-33). Szczecin: Szczecińska Szkoła Wyższa Collegium Balticum.

Brzeziński, A. (2015). Czym może być zrównoważony transport miejski. W: A. Kalinowska (red.), *Miasto idealne–miasto zrównoważone. Planowanie przestrzenne terenów zurbanizowanych i jego wpływ na ograniczenie skutków zmian klimatu* (53-60). Warszawa: Uniwersytet Warszawski, Uniwersyteckie Centrum Badań nad Środowiskiem Przyrodniczym i Zrównoważonym Rozwojem

Chudy, A. (2020). Akumulatory litowo-jonowe w samochodach elektrycznych – regeneracja, zastosowanie wtórne i recykling. W: M. Babicz (red.), *Problemy i wyzwania współczesnego rolnictwa oraz ochrony środowiska*. Tom I, s. 26-34. Lublin: Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie

Elektromobilni.pl. (b.d.). *Dlaczego elektromobilność?* Pobrano z Elektromobilni.pl website: <https://elektromobilni.pl/elektromobilnosc/dlaczego-elektromobilnosc>.

European Environment Agency (2021). Electric cars registered in the EU-27, Iceland, Norway and the United Kingdom. Pobrano z EEA website: https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/new-electric-vehicles-in-eu-1/#tab-chart_1

Europejski Trybunał Obrachunkowy. (2021). Infrastruktura ładowania pojazdów elektrycznych. Pobrano z ECA website: https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR21_05/SR_Electrical_charging_infrastructure_PL.pdf

Eurostat (2020). Common Questionnaire for Inland Transport Statistics. Pobrano z Eurostat website: https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/rail_if_esms.htm

Eurostat (2021a). New registrations of passenger cars by type of motor energy and engine size. Pobrano z Eurostat website: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/bookmark/ce761119-017c-4e1a-91d5-64b703fc02cd?lang=en>

Eurostat (2021b). Share of renewable energy in gross final energy consumption. Pobrano z Eurostat website: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/bookmark/6e938617-8f07-4c82-b651-814419e075f9?lang=en>

General Motors (2021). Electrification. Pobrano z General Motors website: <https://www.gm.com/commitments/electrification>

Geuss, M. (2019). Electric car batteries might be worth recycling, but bus batteries aren't yet. Pobrano z Arstechnica website: <https://arstechnica.com/science/2019/02/electric-car-batteries-might-be-worth-recycling-but-bus-batteries-arent-yet/>

Komarnicki P., Wenge Ch., i Pietracho R. (2020). Elektromobilność – integracja pojazdów elektrycznych z infrastrukturą sieci elektroenergetycznej. *Przegląd Elektrotechniczny*, R. 96, Nr 5, 1-13. DOI: 10.15199/48.2020.05.01.

Komisja Europejska (2020). *Postawmy na ekologię*. Pobrano z Europa.eu website: https://next-generation-eu.europa.eu/make-it-green_pl

Miłaszewicz, D., i Ostapowicz, B. (2011). Warunki zrównoważonego rozwoju transportu w świetle dokumentów UE. *Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania*, 24, 103-118

Misztal, A. (2022). Instrumenty ekonomiczne a zrównoważony rozwój przedsiębiorstw energetycznych w Polsce. *Zeszyty Naukowe Polskiego Towarzystwa Ekonomicznego w Zielonej Górze*, 16, 115-126. DOI: 10.26366/PTE.ZG.2022.218

Nosal, K. (2011). Działania edukacyjne i promocyjne w zakresie zarządzania mobilnością. *Transport Miejski i Regionalny*, 01, 36-41

Polskie Stowarzyszenie Paliw Alternatywnych (2021). *Pakiet „Fit for 55” daje nowy impuls do przyspieszenia rozwoju elektromobilności*. Pobrano z PSPA website: <https://pspa.com.pl/2021/informacja/pakiet-fit-for-55-daje-nowy-impuls-do-przyspieszenia-rozwoju-elektromobilnosci/>

Radzikowska, B. (2004). *Metody prognozowania. Zbiór zadań*. Wrocław: Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego we Wrocławiu

Szostek, R. (2012). Uogólniony model Holta na przykładzie prognozowania liczby pasażerów w transporcie lotniczym w Polsce. *Ekonometria*, 36, 16-26

Szpilko, D., i Godlewska, I. (2020). Carsharing – nowoczesna forma współdzielonego transportu w smart city. *Akademia Zarządzania*, 4(4), 130-147

Volkswagen (2021). *NEWAUTO: Volkswagen Group set to unleash value in battery-electric autonomous mobility world*. Pobrano z Volkswagen website: <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/press-releases/new-auto-volkswagen-group-set-to-unleash-value-in-battery-electric-autonomous-mobility-world-7313>