

Wielowariantowe prognozy liczby pojazdów elektrycznych w Polsce do roku 2025 oraz ich wpływ na roczne zapotrzebowania na energię elektryczną

Streszczenie. W artykule przedstawiono wielowariantowe prognozy długoterminowe liczby pojazdów elektrycznych w Polsce. Na podstawie opracowanych prognoz wykonano analizę wzrostu rocznego zapotrzebowania na energię elektryczną w Polsce do roku 2025 wynikająca z eksploatacji pojazdów elektrycznych. Sformułowano wnioski końcowe.

Abstract. The article presents long-term multi-variant forecasts of the number of electric vehicles in Poland. On the basis of the forecasts, an analysis of the growth of the annual electricity demand in Poland by 2030 resulting from the operation of electric vehicles was performed. Final conclusions were formulated. (Multi-variant forecasts of the number of electric vehicles in Poland until 2025 and their impact on annual electric energy demand)

Słowa kluczowe: prognozy długoterminowe, pojazdy elektryczne, roczne zapotrzebowanie na energię elektryczną.

Keywords: long-term forecasts, electric vehicles, annual electric energy demand.

Wstęp

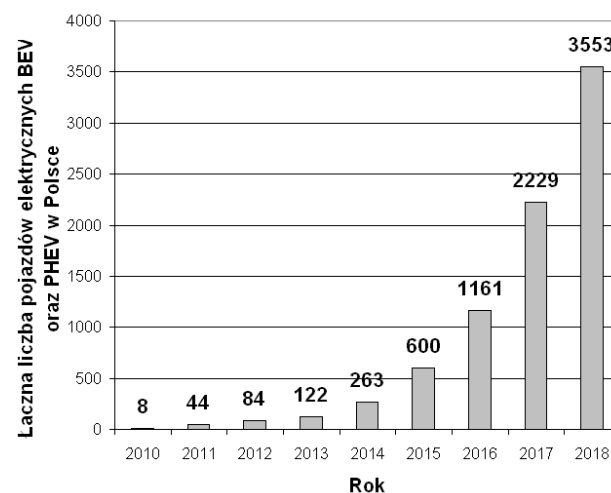
W zależności od punktu widzenia elektromobilność jest postrzegana jako szansa na: kreowanie popytu na nowy produkt, obniżenie kosztów transportu, zmniejszenie zanieczyszczenia powietrza czy też zwiększenie udziału energetyki odnawialnej w miksie energetycznym kraju. Dlatego też w ostatnich latach na całym świecie, dynamicznie wzrasta zainteresowanie elektromobilnością [1,2]. W Polsce - zgodnie z Planem [3] przyjętym przez rząd 16 marca 2017 roku - rozwój elektromobilności nastąpi w trzech fazach, które będzie różnicował stopień dojrzałości rynku oraz niezbędne zaangażowanie państwa. Według tego planu w 2025 r. we flocie wykorzystywanej przez administrację publiczną pojazdów napędzanych prądem miałyby być już połowa. Sumaryczna liczba pojazdów elektrycznych powinna osiągnąć 1 milion przy wzroście zapotrzebowania na energię elektryczną o 4,3 TWh [4]. W niniejszym artykule zaprezentowano wyniki badań, które skonfrontowano z założeniami wspomnianego planu.

Prognozowanie liczby pojazdów elektrycznych było w praktyce wykonywane różnymi metodami. Przykładowo, prognozy światowe autorstwa IEA (International Energy Agency), wykonywano z wykorzystaniem wytycznych Deklaracji Paryskiej COP21 i scenariusza klimatycznego 2DS [5]. Z kolei autorzy pracy [6] wykorzystali Stated Preferences (SP) Model zaś twórcy [7] posłużyli się jedno- i wielowymiarowymi szeregami czasowymi.

Prognozy liczby pojazdów elektrycznych w Polsce z wykorzystaniem samego szeregu czasowego (ekstrapolacja funkcją logistyczną) opisano w [8]. Inne badania krajowe jako istotny czynnik wpływający na rozwój elektromobilności wskazują zmienność w czasie cen akumulatorów [9]. Coraz częściej do prognoz zapotrzebowania na energię elektryczną konieczną do ładowania samochodów wykorzystywane są różne egzogeniczne zmienne objaśniające (gromadzone coraz intensywniej w ostatnich latach), mające znaczący związek z prognozowaną zmienną objaśnianą. Przykładowo w pracy [10] opisano model prognozowania zapotrzebowania na energię elektryczną potrzebną do ładowania z wykorzystaniem danych typu big data. (m.in.: wykorzystano dane historyczne dotyczące ruchu ulicznego oraz warunków meteorologicznych). Z kolei autorzy pracy [11], prognozowali zapotrzebowanie na energię elektryczną niezbędną do ładowania pojazdów elektrycznych techniką klasteryzacji, wykorzystując zgromadzone dane typu big

data. Syntetyczny przegląd różnych metod modelowania użycia pojazdów elektrycznych zawiera praca [12].

Z analizy dynamiki liczby pojazdów elektrycznych w różnych krajach wynika, że w początkowej fazie wzrost jest dość powolny, by w kolejnej fazie zmienić się w szybki i nieliniowy. Kształt zmian jest zbliżony do funkcji wykładniczej. Prawdopodobnie po fazie gwałtownego wzrostu nastąpi faza nasycenia procesu (liczba pojazdów elektrycznych jest ograniczona szacowaną ogólną liczbą pojazdów z różnym napędem) i z tego powodu warto wykorzystać do prognoz np. funkcję logistyczną mającą ustaloną wartość maksymalną. Prognozowany szereg czasowy stanowi łączna liczba pojazdów elektrycznych typu BEV (ang. Battery Electric Vehicle) oraz PHEV (ang. Plug-in Hybrid Electric Vehicle). Na rysunku 1 przedstawiono dane historyczne z lat 2010-2018.



Rys.1. Dynamika wzrostu liczby pojazdów elektrycznych BEV oraz PHEV w Polsce w latach 2010-2018

Charakterystyka wykorzystanych metod prognozowania łącznej liczby pojazdów elektrycznych w Polsce do roku 2025

Metody wykorzystane do skonstruowania prognoz można podzielić na 3 grupy:

- metody bezpośredniej ekstrapolacji trendu (funkcje typu wielomian, funkcja wykładnicza oraz funkcja logistyczna),

- metody oparte na teorii chaosu deterministycznego (model wg Prigogine'a),
- modele hybrydowe (połączenie modeli w jedną funkcję hybrydową [13].

Natomiast biorąc pod uwagę aspekt sterowania pułapem maksymalnej wartości rosnącego procesu wykorzystane metody można podzielić na:

- metody ze sterowaniem pułapem wzrostu procesu (funkcja logistyczna oraz model wg Prigogine'a),
- metody bez sterowania pułapem wzrostu procesu (funkcje typu wielomian oraz funkcja wykładnicza).

W przypadku braku możliwości sterowania pułapem wzrostu (metody bezpośredniej ekstrapolacji trendu) istnieje znaczne ryzyko spadku jakości prognoz wraz z wydłużaniem horyzontu prognozy. Możliwość sterowania pułapem wzrostu procesu wydaje się zatem cenna z uwagi na możliwość kreowania wielu wariantów prognoz w zależności od ustalonego odgórnie pułapu maksymalnego wzrostu procesu. Do wykonanych prognoz modelem wg Prigogine'a (szerszy opis w [14,15,16]) oraz funkcją logistyczną (szerszy opis w [8,17]) wykorzystano 5 wartości szacowanego maksymalnego pułapu wzrostu liczby pojazdów elektrycznych: 0,5 mln, 1 mln, 5 mln, 10 mln oraz 30 mln. Z kolei w modelu hybrydowym uzyskujemy wypadkowe własności wykorzystanych w nim modeli [13].

Wykorzystaną do prognoz funkcję typu wielomian stopnia 2 (F_W2) opisuje wzór (1). Parametry funkcji typu wielomian stopnia 2 dobierane były metodą najmniejszych kwadratów.

$$(1) \quad y_{F_W2}(t) = a \cdot t^2 + b \cdot t + c$$

gdzie: t - numer danej w szeregu czasowym procesu (rok 2010 to początek szeregu czasowego czyli numer równy 1).

Wykorzystaną do prognoz funkcję typu wielomian stopnia 3 (F_W3) opisuje wzór (2). Parametry funkcji typu wielomian stopnia 3 dobierane były metodą najmniejszych kwadratów.

$$(2) \quad y_{F_W3}(t) = a \cdot t^3 + b \cdot t^2 + c \cdot t + d$$

Wykorzystaną do prognoz funkcję wykładniczą (eksponencjalną) (F_E) opisuje wzór (3). Parametry funkcji eksponencjalnej dobierane były metodą najmniejszych kwadratów.

$$(3) \quad y_{F_E}(t) = a \cdot e^{b \cdot t}$$

Wykorzystaną do prognoz funkcję logistyczną (F_L) opisuje wzór (4). Parametry funkcji logistycznej na danych z zakresu estymacji dobierane były z wykorzystaniem optymalizacji metodą DEPS (ang. Differential Evolution and Particle Swarm Optimization), która wykorzystuje dwa niezależne algorytmy optymalizacyjne. Minimalizacji podlegał błąd SSE (ang. Sum of Squared Errors).

$$(4) \quad y_{F_L}(t) = \frac{a}{1 + b \cdot e^{-c \cdot t}}$$

Parametry początkowe funkcji logistycznej przed rozpoczęciem procesu optymalizacji były następujące: a - jedna z pięciu wartości pułapu rozwoju, $b = 100000$, $c = 0,5$.

Wykorzystany do prognoz model wg Prigogine'a (M_P) opisuje wzór (5). Prognoza w metodzie wykonywana jest krokowo. Parametry modelu na danych z zakresu estymacji dobierane były z wykorzystaniem optymalizacji metodą DEPS. Minimalizacji podlegał błąd SSE.

$$(5) \quad y_{M_P}(t) = y(t-1) \cdot \left[1 + r \cdot \left(1 - \frac{y(t-1)}{K} \right) \right]$$

gdzie: y_{M_P} - liczebność populacji, r - współczynnik szybkości wzrostu populacji, K - pułap rozwoju (przewidywany wzrost populacji w przyszłości)

Parametry początkowe modelu Prigogine'a przed rozpoczęciem procesu optymalizacji były następujące: K - jedna z pięciu wartości pułapu rozwoju, $r = 0,1$.

Wykorzystany do prognoz model hybrydowy opisuje wzór (6). Wykorzystuje on funkcję logistyczną oraz model Prigogine'a z przypisanymi do nich wagami.

$$(6) \quad y_{M_H}(t) = y(t)_{F_L} \cdot w_{F_L} + y(t)_{M_P} \cdot w_{M_P}$$

W wariancie podstawowym (M_H) wartości wag dla wyników z pojedynczych metod przyjęto równe 0,5. W wariancie z optymalizacją wag (M_HO), na podstawie wyników uzyskanych z obu metod (zakres estymacji), wagi dobierane były z wykorzystaniem optymalizacji metodą DEPS. Minimalizacji podlegał błąd SSE.

Prognozy łącznej liczby pojazdów elektrycznych w Polsce do roku 2025 za pomocą wybranych metod

Zakres danych do estymacji parametrów modeli przyjęto od roku 2010 do roku 2018 włącznie. Zakres prognoz „ex ante” dotyczy okresu od roku 2019 do roku 2025 włącznie (7 lat). W tabeli 1 przedstawiono statystyki błędów dopasowania modeli bez sterowania pułapem wzrostu procesu. W tabeli 2 przedstawiono statystyki błędów dopasowania modeli ze sterowaniem pułapem wzrostu procesu.

Tabela 1. Statystyki błędów dopasowania modeli bez sterowania pułapem wzrostu procesu

Kod	Metoda prognostyczna	Błąd MAPE [%]	Współczynnik determinacji R ²
F_W2	Funkcja - wielomian stopnia 2	79,13	0,9781
F_W3	Funkcja - wielomian stopnia 3	9,23	0,9995
F_E	Funkcja eksponencjalna	13,70	0,9780

Tabela 2. Statystyki błędów dopasowania modeli ze sterowaniem pułapem wzrostu procesu

Kod	Metoda prognostyczna	Pułap rozwoju [mln]	Błąd MAPE [%]	Współczynnik determinacji R ²
F_L0,5	Funkcja logistyczna	0,5	27,06	0,9611
F_L1		1	27,27	0,9610
F_L5		5	27,44	0,9610
F_L10		10	27,48	0,9610
F_L30		30	27,48	0,9610
M_P0,5		Model wg Prigogine'a	0,5	22,90
M_P1	1		22,91	0,9992
M_P5	5		23,08	0,9890
M_P10	10		23,08	0,9892
M_P30	30		23,08	0,9893

W tabeli 3 przedstawiono statystyki błędów modeli hybrydowych. Najlepsze wskaźniki dopasowania zostały pogrubione. Należy mieć świadomość, że nie zawsze model z najmniejszymi błędami dopasowania będzie najlepszym modelem prognostycznym. Tym niemniej wielkości błędów dopasowania modeli stanowią istotną wskazówkę do ich selekcji. Jak można zauważyć model hybrydowy z optymalizowanymi wagami (M_HO0,5) ma dwukrotnie większy błąd MAPE niż analogiczny model z wagami równymi. Jest to związane z tym, że funkcją celu optymalizowaną podczas doboru wag był błąd SSE, który silnie wpłynął na dobór wag w taki sposób, że małe wartości prognoz z początkowych lat charakteryzowały się dużym względnym błędem.

W tabeli 4 przedstawiono wybrane prognozy „ex ante” łącznej liczby pojazdów elektrycznych od roku 2019 do roku 2025. Czcionką pogrubioną zapisano wyniki metod, które stanowią trzy wybrane warianty (pesymistyczny, zrównoważony oraz optymistyczny) oraz wariant rządowy (WAR_RZ) zgodny z [3].

Tabela 3. Statystyki błędów dopasowania modeli hybrydowych

Kod	Metoda prognostyczna	Pałap rozwoju [mln]	Błąd MAPE [%]	Współczynnik determinacji R ²
M_H0,5	Model hybrydowy „wagi równe” $w_{logist}=0,5, w_{prig}=0,5$	0,5	12,87	0,976
M_H1		1	12,90	0,978
M_H5		5	12,88	0,971
M_H10		10	12,88	0,971
M_H30		30	12,88	0,972
M_HO0,5	Model hybrydowy „wagi dobierane”, $w_{logist}=0,93, w_{prig}=0,07$	0,5	24,39	0,969

Tabela 4. Wybrane prognozy „ex ante” łącznej liczby pojazdów elektrycznych od roku 2019 do roku 2025

Kod metody	Rok prognozy						
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
F_W2	4792	6272	7948	9818	11882	14142	16596
F_W3	5483	7990	11174	15115	19895	25595	32295
F_E	9327	19099	39142	80095	164020	335884	687834
F_L0,5	6410	11273	19685	33952	57366	93791	145996
F_L30	6431	11394	20184	35747	63283	111953	197807
M_P0,5	5895	9566	15477	24926	39846	62948	97613
M_P30	5849	9475	15348	24859	40259	65186	105513
M_H0,5	6153	10420	17581	29439	48606	78370	121805
M_H30	6140	10435	17766	30303	51771	88569	151660
M_HO0,5	6390	11179	19428	33375	56220	91753	142795
WAR_RZ	-	75000	-	-	-	-	1000000

Analiza uzyskanych wyników prognoz i wybór wariantów

Prognozy liczby pojazdów elektrycznych wykonane funkcją – wielomian stopnia 2 wydają się niedoszacowane (nieco ponad 16 tys. w roku 2025). Ponadto w zakresie estymacji błąd MAPE jest bardzo duży. Z kolei prognozy funkcją eksponencjalną wydają się przeszacowane (prawie 700 tys. w roku 2025) aczkolwiek są one najbliższe prognozom rządowym wynikającym z rozwoju e-mobilności w Polsce (1 mln w roku 2025). W tabeli 4 wyniki obu metod zostały skreślone jako odrzucone, zbyt skrajne prognozy.

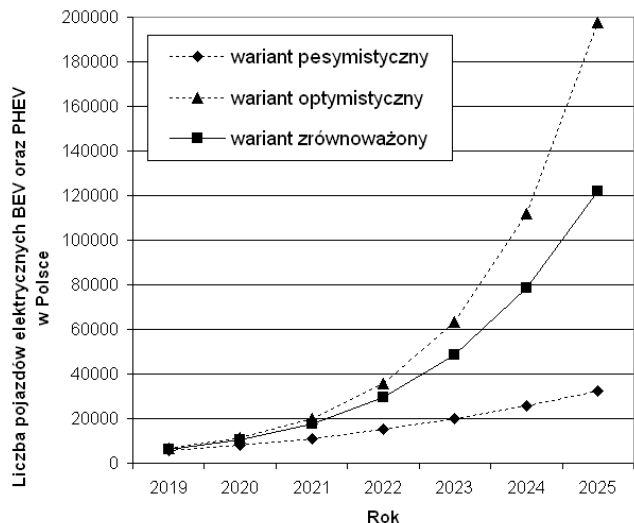
Prognozy modelem Prigogine’a dla różnych pałapów wzrostu mają znacznie mniejszy rozrzut prognoz na rok 2025 (niecałe 8 tys.) niż prognozy na rok 2025 funkcją logistyczną (prawie 52 tys.). Warto dodać, że początkowe wartości pałapów wzrostu, po optymalizacji parametrów modeli Prigogine’a w praktyce niemal nie zmieniły się. Podobne zjawisko stabilności pałapu wzrostu wystąpiło w przypadku optymalizacji parametrów funkcji logistycznej. Dla modelu Prigogine’a oraz prognoz funkcją logistyczną wartości prognoz rosły wraz ze wzrostem pałapów rozwoju.

Tabela 5. Wybrane trzy warianty prognoz na rok 2025

Nazwa wariantu	Metoda prognostyczna	Liczba pojazdów elektrycznych
pesymistyczny	funkcja – wielomian stopnia 3	32295
zrównoważony	model hybrydowy „wagi równe” z pałapem wzrostu 0,5 mln	121805
optymistyczny	funkcja logistyczna z pałapem wzrostu 30 mln	197807

W tabeli 5 przedstawiono przeznaczone do dalszych analiz związanych z rocznym zapotrzebowaniem na energię elektryczną wybrane trzy warianty wykonanych prognoz na rok 2025. Jako wariant pesymistyczny wybrano metodę prognostyczną z najmniejszą prognozowaną liczbą pojazdów elektrycznych w roku 2025, a jako wariant optymistyczny metodę z największą prognozowaną liczbą pojazdów elektrycznych. Jako wariant zrównoważony

wybrano metodę, która wygenerowała prognozę na rok 2025 najbliższą wartości średniej (liczba 124435) ze wszystkich prognoz z tabeli 4 z wyjątkiem dwóch metod wstępnie odrzuconych. Na rysunku 2 przedstawiono prognozy łącznej liczby pojazdów elektrycznych BEV oraz PHEV w Polsce w latach 2019-2025 dla trzech wariantów prognoz.



Rys.2. Prognozy łącznej liczby pojazdów elektrycznych BEV oraz PHEV w Polsce w latach 2019-2025

Oszacowanie wzrostu rocznego zapotrzebowania na energię elektryczną w Polsce do roku 2025 wynikającą z eksploatacji pojazdów elektrycznych

Do oszacowań przyjęto następujące założenia:

- średni roczny przebieg pojazdu elektrycznego osobowego wynosi 15000 km [18],
- średni roczny przebieg samochodu dostawczego, ciężarowego i autobusu elektrycznego wynosi 80000 km [19, 20],
- średni zasięg aut osobowych typu PHEV na zasilaniu elektrycznym wynosi około 50 km wg [21],
- jednostkowe zużycie energii elektrycznej pojazdu elektrycznego osobowego wynosi 0,165 kWh/km [22],
- jednostkowe zużycie energii elektrycznej pozostałych pojazdów (ciężarowych, dostawczych i autobusów) wynosi 1,5 kWh/km [23, 24],

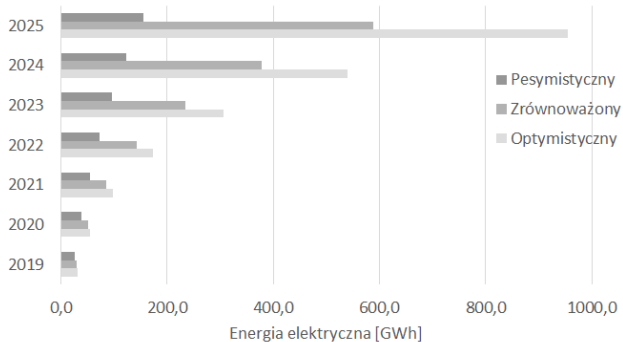
Należy wskazać, że założone wartości są zgrubnymi, wydającymi się realnymi, oszacowaniami, gdyż w dużej części przypadków brak jest dokładnych danych statystycznych. Aktualne dane literaturowe dotyczą często małych grup pojazdów użytkowanych w specyficzny sposób. Tak jest np. w przypadku autobusów elektrycznych, dla których różne źródła podają zapotrzebowanie na energię w zakresie od 1 kWh/km do 1,9 kWh/km w zależności od wielkości autobusu i warunków eksploatacji.

Proporcje pomiędzy liczbą pojazdów typu BEV oraz PHEV w Polsce wynosiły w roku 2018: BEV 47% oraz PHEV 53% [26]. Przyjęto do analizy, że oba typy pojazdów mają podobne średnie roczne przebiegi oraz jednostkowe zużycie energii elektrycznej. W 2018 roku zarejestrowano w Polsce łącznie 532 000 samochodów osobowych (88%) oraz 68 790 ciężarowych, dostawczych i autobusów (12%) na wszystkie rodzaje napędów oraz paliw. Przyjęto założenie, że proporcje te będą zachowane w kolejnych latach do roku 2025. Pojazdy dwukółowe nie były brane pod uwagę w analizie. Dla pojazdów elektrycznych przyjęto proporcję - 95% pojazdy osobowe oraz 5% to pojazdy ciężarowe, dostawcze oraz autobusy. Perspektywy rozwoju rynku ciężarowych pojazdów elektrycznych w Polsce są

niepewne w najbliższych latach - stąd przyjęte proporcje. W tabeli 6 oraz na rysunku 3 przedstawiono wyniki prognoz rocznego zapotrzebowania na energię elektryczną [GWh] wynikające z eksploatacji wszystkich typów pojazdów elektrycznych w danym roku dla 3 wariantów wykonanych prognoz liczby pojazdów elektrycznych oraz prognoz rządowych na rok 2020 (75 tys. pojazdów elektrycznych) oraz 2025 (1 mln pojazdów elektrycznych).

Tabela 6. Prognozy rocznego zapotrzebowania na energię elektryczną [GWh] pojazdów elektrycznych

Wariant	Rok prognozy						
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
pesymistyczny	45	65	91	123	162	208	263
zrównoważony	50	85	143	240	396	638	991
optymistyczny	52	93	164	291	515	911	1610
rządowy	-	610	-	-	-	-	8137



Rys.3. Wielowariantowe prognozy rocznego zapotrzebowania na energię elektryczną [GWh] pojazdów elektrycznych w Polsce do roku 2025.

Podsumowanie

Przedstawione w artykule prognozy rozwoju liczby pojazdów elektrycznych i wynikające z nich prognozy zapotrzebowania na energię elektryczną pojazdów zostały opracowane na podstawie dotychczasowej dynamiki. Opracowane warianty przewidują, że liczby samochodów elektrycznych w roku 2025 będą się zawierały w przedziale od 30 do prawie 200 tysięcy. Górny zakres stanowi zaledwie 20% wartości założonej w planie rządowym. Z przedstawionych prognoz można wysnuć wnioski, że jeżeli ogólna sytuacja wokół elektromobilności (np.: koszty akumulatorów, programy wsparcia) nie zmieni się w sposób zasadniczy to z dużym prawdopodobieństwem plany rządowe nie zostaną osiągnięte.

Autorzy: dr hab. inż. Paweł Piotrowski, Politechnika Warszawska, Instytut Elektroenergetyki, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, E-mail: pawel.piotrowski@ee.pw.edu.pl;

dr hab. inż. Dariusz Baczyński, Politechnika Warszawska, Instytut Elektroenergetyki, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, E-mail: dariusz.baczynski@ee.pw.edu.pl;

dr inż. Piotr Kapler, Politechnika Warszawska, Instytut Elektroenergetyki, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, E-mail: piotr.kapler@ee.pw.edu.pl.

LITERATURA

- <https://autokult.pl/33138,elektromobilnosc-w-polsce-w-rozwojach-barwach-tylko-musimy-sie-zrzucic-na-auta> (dostęp 07.06.2019)
- Kłós M., Zagrajek K., Biczel P., Sosnowski Ł., Problematyka przyłączania do sieci dystrybucyjnej stacji ładowania autobusów elektrycznych, *Przegląd Elektrotechniczny*, 95 (2019), nr 1, 177-181, doi:10.15199/48.2019.01.44
- Plan rozwoju elektromobilności w Polsce, Ministerstwo Energii https://www.gov.pl/documents/33372/436746/DIT_PRE_PL.pdf/ebdf4105-ef77-91df-0ace-8fbb2dd18140 (dostęp 07.06.2019)
- Baczyński D., Piotrowski P., Gotowość systemu elektroenergetycznego na elektromobilność, *Materiały konferencyjne - Konferencja - Pierwsze Forum Dialogu Nauka - Przemysł*, str.31-38, Warszawa, 9-10 października 2017
- International Energy Agency, Global EV Outlook 2017. Two million and counting <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/GlobaleVOutlook2017.pdf> (dostęp 07.06.2019)
- Glerum A., et al., Forecasting the demand for electric vehicles: accounting for attitudes and perceptions http://transpor.epfl.ch/documents/technicalreports/glestathebie_2012.pdf (dostęp 07.06.2019)
- Zhang Y., Zhong M., Forecasting electric vehicles sales with univariate and multivariate time series models: The case of China, *PLOS ONE*, May 2017, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176729>
- Kłós M., Marchel P., Paska J., Bielas R., Błędzińska M., Michalski Ł., Wróblewski K., Zagrajek K., Forecast and impact of electromobility development on the Polish Electric Power System, *E3S Web of Conferences* 84, 01005 (2019), doi.org/10.1051/e3sconf/20198401005
- Krupa K., Kamiński J., Analiza wpływu rozwoju elektromobilności na zużycie energii elektrycznej w Polsce, *Rynek Energii* 12 (2017)
- Arias M., Bae S., Electric vehicle charging demand forecasting model based on big data technologies, *Applied Energy*, 183 (2016), 327-339
- Hunag Q., et al., Forecasting of the Electric Vehicles' Charging Amount of Electricity Based on Curves Clustering, (2017) *13th International Conference on Natural Computation, Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*
- Daina N, et al., Modelling electric vehicles use: a survey on the methods, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 68 (2017), 447-460
- Popławski T., Wybrane zagadnienia prognozowania długoterminowego w systemach elektroenergetycznych, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa (2012)
- Dobrzańska I., Dąsał K., Łyp J., Popławski T., Sowiński J., Prognozowanie w elektroenergetyce. Zagadnienia wybrane. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, (2002)
- Piotrowski P., Prognozowanie w elektroenergetyce w różnych horyzontach czasowych. *Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej*, Warszawa (2013)
- Piotrowski P., Marzecki J., Ekspert kontra klasyczne metody prognostyczne w zadaniu prognozowania rocznego zapotrzebowania na energię elektryczną terenowych stacji transformatorowych SN/nN, *Przegląd Elektrotechniczny*, 93 (2017), nr 8, 81-85, doi:10.15199/48.2017.04.21
- Żurowska J., Zastosowanie modelu trendu logistycznego do prognozowania wskaźnika motoryzacji w Polsce, *Archiwum motoryzacji*, 2 (2007)
- <https://autokult.pl/32044,po-jakim-czasie-zwroci-sie-zakup-samochodu-elektrycznego-policzyliśmy-to> (dostęp 07.06.2019)
- <https://40ton.net/przebiegi-robia-polscy-kierowcy-ciezarowek-czesto-ida-urlop-ilu-maja-kolegow-ukrainy/> (dostęp 07.06.2019)
- <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/warszawa-przed-elektryczna-rewolucja-przebiegi-elektrobusow-dopodwojenia-52015.html>, (dostęp 07.06.2019)
- <https://www.spidersweb.pl/2016/12/hyryda-plug-in-zasieg.html>, (dostęp 07.06.2019)
- https://setis.ec.europa.eu/system/files/Projections_for_Electric_Vehicle_Load_Profiles_in_Europe_Based_on_Travel_Survey_Data.pdf, (dostęp 07.06.2019)
- <https://arxiv.org/pdf/1804.05974.pdf>, (dostęp 07.06.2019)
- <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/mza-warszawa-w-liczbach-jak-sprawdzaja-sie-alternatywne-napedy-51815.html>, (dostęp 07.06.2019)
- <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/proportion-of-vehicle-fleet-meeting-4/assessment-2>, (dostęp 07.06.2019)
- <https://www.acea.be/>, (dostęp 07.06.2019)