

Problemy infrastrukturalne związane z przejściem od napędu spalinowego do elektrycznego w pojazdach samochodowych

Abstract. The paper presents issues related to the problems that need to be overcome when starting the project of transition from internal combustion to electric vehicles, based on the example of a selected petrol station located in Wrocław, next to one of the shopping malls. In addition, the basic shortcomings of the currently used batteries for electric vehicles and the possibility of their elimination were indicated. (*Infrastructure problems related to the transition from internal combustion to electric drive in motor vehicles*)

Streszczenie. W pracy przedstawiono zagadnienia związane z problemami jakie należy pokonać przystępując do projektu przejścia od napędu spalinowego do elektrycznego pojazdów na przykładzie wybranej stacji paliw zlokalizowanej na terenie Wrocławia przy jednej z galerii handlowych. Dodatkowo wskazano podstawowe mankamenty obecnie stosowanych akumulatorów do pojazdów elektrycznych i możliwości ich eliminacji.

Keywords: electric vehicles, charging stations, photovoltaic power plants, energy distribution system.

Słowa kluczowe: Pojazdy elektryczne, stacje ładowania, elektrownie fotowoltaiczne, system elektroenergetyczny.

Wprowadzenie

Na koniec lipca 2020r. w Polsce było zarejestrowanych 13 057 pojazdów elektrycznych, które dysponowały możliwością ładowania w 1224 stacjach ładowania [1]. Scenariusze rozwoju rynku pojazdów elektrycznych w Polsce zawarte w raporcie „Polish EV Outlook 2020” [2] zakładają, że liczba samochodów całkowicie elektrycznych (BEV) może wynieść 280 tys. szt. w 2025 i blisko 900 tys. szt. w 2030r., zakładając aktywne wsparcie państwa.

Realizacja rozwoju elektromobilności w Polsce wymaga m.in. budowy stacji ładowania dla samochodów elektrycznych. Dla zapewnienia mobilności pojazdów w zakładanych powyżej ilościach potrzebne byłoby funkcjonowanie ok. 9 tys. stacji ładowania pojazdów elektrycznych w 2025r., zachowując relację do ilości pojazdów, które funkcjonują w Wielkiej Brytanii [3], natomiast w raporcie Polish EV Outlook 2019 zakłada się, że liczba punktów ładowania zainstalowanych w stacjach ogólnodostępnych wzrośnie z obecnych 2,1 tys. do 40 tys. w 2025 r. i 91 tys. w roku 2030.

Metodologia i problem do rozwiązania

W pracy przedstawiono bariery ograniczające rozwój rynku pojazdów elektrycznych w Polsce oraz możliwy wpływ wzrostu e-mobilności na system elektroenergetyczny kraju poprzez zamodelowanie oczekiwanego systemu funkcjonowania pojazdów elektrycznych w latach 2025 – 2030 poprzez przedstawienie funkcjonowania docelowego systemu od mikroskali – jednej stacji ładowania będącej odpowiednikiem typowej stacji paliw, do potrzeb w skali miasta i kraju.

Omówiono również potencjalne bariery wzrostu e-mobilności ze względu na charakter źródła zasilania pojazdu, takie jak:

- Standardy stacji ładowania,
- Czas ładowania baterii,
- Pojemność baterii (gęstość energii),
- Degradacja baterii względem częstości ładowania
- Bezpieczeństwo
- Infrastruktura ładowania.

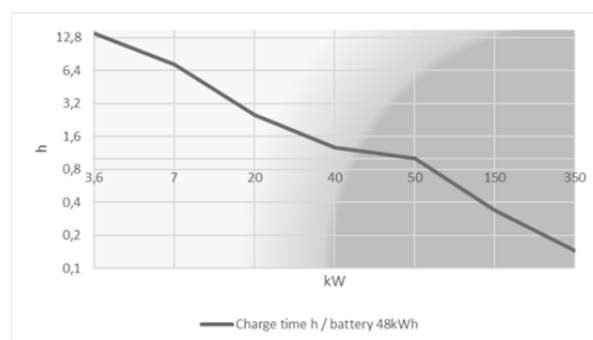
Standardy stacji ładowania oraz ich wpływ na czas ładowania

Zgodnie z normą IEC 62196 wyróżniamy cztery standardy ładowania pojazdów:

- Mode 1 (AC) – slow charging from a standard household-type socket-outlet/ wolne ładowanie ze standardowego gniazdka domowego jedno lub trójfazowego

- Mode 2 (AC) – slow charging from a standard household-type socket-outlet with an in-cable protection device / wolne ładowanie ze standardowego gniazdka domowego z podstawowymi systemami ochrony
- Mode 3 (AC) – slow or fast charging using a specific EV socket-outlet and plug with control and protection function permanently installed / wolne lub półszybkie ładowanie z pinowego gniazda EV posiadającego funkcje sterujące i zabezpieczające
- Mode 4 (DC) – fast charging using an external charger/ szybkie ładowanie za pomocą ładowarki prądu stałego.

Standardy 1-3 dotyczą prądu zmiennego, który jest powszechnie dostępny i zapewnia moce ładowania do 3,6 kW z instalacji jednofazowej i do 44 kW z instalacji trójfazowej. Obecnie w celu szybkiego ładowania pojazdu preferuje się korzystanie z prądu stałego i w takie ładowarki wyposażane są stacje komercyjne. Ładowanie prądem stałym pozwala znacznie skrócić ten proces, ponieważ wykorzystuje się moce od 41 do 350 kW [5].



Rys. 1. Czas ładowania akumulatora o pojemności 60 kWh ładowarkami o różnej mocy, opracowanie własne

Efektywność alternatywnych systemów zasilania pojazdów w energię

Czas tankowania pojazdu spalinowego bez formalności związanych z płaceniem wynosi około 1 minuty (dystrybutor zapewnia wydatek 40 l/min). Oznacza to, że w czasie potrzebnym do naładowania pojedynczego pojazdu elektrycznego można by zatankować około 30 pojazdów spalinowych. Dlatego między innymi promotorzy rozwiązań e-mobilnych zakładają znaczny wzrost ilości stacji i punktów ładowania w stosunku do obecnie istniejącej sieci stacji paliw liczącej około 7700 jednostek [6].

Problem naładowania odpowiedniej ilości pojazdów elektrycznych można rozwiązać zwiększając moc

ładowarek lub ilość punktów ładowania. Obie te metody prowadzą do zwiększonego zapotrzebowania na moc.

Poniżej przedstawiono symulację „zastępowalności” stacji paliw stacją ładowania, która może składać się z punktów ładowania umieszczonych na parkingu galerii handlowej. Podstawowe parametry stacji ładowania zestawione są w tabeli poniżej:

Tabela 1. Parametry stacji ładowania

Stacja ładowania	
Moc pojedynczego punktu ładowania	150 [kW]
Czas ładowania	0,3 [h]
Energia zmagazynowana	48 [kWh]
Ilość punktów ładowania na stacji	16 [szt.]
Moc zainstalowana	2,4 [MW]

Na stację ładowania składają się ładowarki prądu stałego o mocy 150kW. Podczas ładowania ok. 5% energii to straty ładowarki w procesie ładowania. Po ładowaniu w czasie 20 min pełną mocą ładowarki, ilość energii w akumulatorach pojazdu wzrośnie o ok.48 kWh.

Rzeczywista przepustowość dobową stacji paliwowej i teoretyczna przepustowość dobową stacji ładowania akumulatorów

W tabeli 2 oszacowano możliwą dobową ilość tankowanych pojazdów (tankowanych jest 6 pojazdów na godzinę z jednego dystrybutora x 8 dystrybutorów, dla stacji ładowania założono 16 dystrybutorów) na przeciętnej stacji paliw [7] i zestawiono ją z możliwą ilością ładowania pojazdów w tym samym czasie i na takiej samej powierzchni. Zasięgi pojazdów oszacowano na podstawie informacji dotyczącej zużycia paliwa przez pojazdy kompaktowe [8] a zasięg pojazdów [9].

Tabela 2. Funkcjonowanie stacji paliw/ładowania

Stacja paliw/stacja ładowania	Paliwa	Energia el.
Dobowa liczba pojazdów w szt.	1152	1140
Sprzedż paliwa/energii na pojazd	21 [l]	48 [kWh]
Dobowa sprzedaż paliwa	24192 [l]	
Dobowa sprzedaż energii elektrycznej		54720 [kWh]
Niezbędna moc zainstalowana na stacji	46 [kW]	2400 [kW]
Zasięg pojazdu z zakupionego paliwa/energii	350 [km]	300 [km]

Powyższe zestawienie ukazuje, że aby w pełni zastąpić stację paliw pod względem ilości pojazdów ładowanych na tej samej powierzchni stacji, należy uruchomić 16 stanowisk ładowania (8 stanowisk położonych w miejscu obecnie istniejących dystrybutorów oraz 8 w garażu galerii). Dla zapewnienia pełnej swobody w funkcjonowaniu systemu dla pojazdów elektrycznych musielibyśmy założyć, że niezbędna moc zainstalowana na takiej stacji może wynosić nawet 2,4 MW. Tak duża moc może się okazać trudną do pokonania barierą dla dostawcy energii, co wymusi wyższe koszty funkcjonowania całego systemu. Dodatkowo należy pamiętać, że obecnie przeciętny pojazd elektryczny posiadający akumulatory o pojemności 60 kWh ma zasięg ok. 300 km, który jest blisko dwukrotnie niższy od zasięgu pojazdu spalinowego. Wymusza to konieczność częstszego ładowania akumulatorów trakcyjnych pojazdu elektrycznego w porównaniu z tankowaniem samochodu spalinowego.

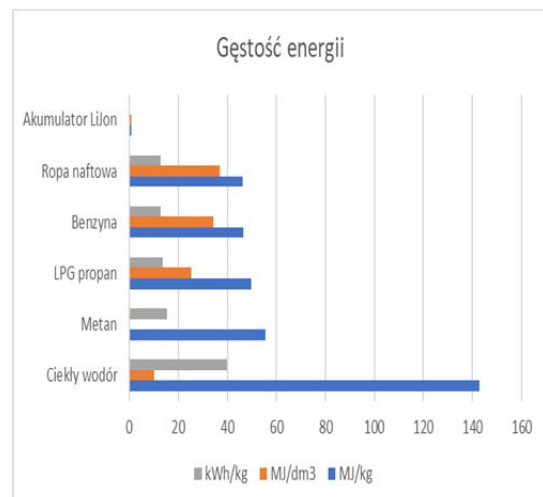
Problem naładowania odpowiedniej ilości pojazdów elektrycznych można rozwiązać zwiększając moc ładowarek lub ilość punktów ładowania. Obie te metody prowadzą do zwiększonego zapotrzebowania na moc. Rys.1 przedstawia niezbędny czas dla naładowania pojazdu przy określonej mocy ładowania. Moc ładowarek domowych to 2,3kW, darmowych słupków ładowania na prąd przemienny (AC) zawiera się w przedziale od 6,6 kW

do 20 kW a szybkich ładowarek na prąd stały (DC) od 50 kW [10].

Jedynie ładowanie pojazdów z mocą od 50kW, która zaczyna być standardem przy stacjach paliw oraz na komercyjnych stacjach ładowania, pozwala na w miarę krótkotrwałe 1 – 0,2 h uzupełnienie energii niezbędnej do dalszej eksploatacji pojazdu.

Pojemność akumulatorów aut elektrycznych i gęstość energii

Aktualnie pojemność akumulatorów stosowanych w osobowych pojazdach elektrycznych waha się od kilkudziesięciu do stu kilkudziesięciu kWh. Istotny jest zasięg pojazdów jaki może być z niej uzyskany. Jest on uzależniony od zużycia energii oraz warunków pogodowych i charakteru jazdy. Teoretyczne zasięgi pojazdów są niewspółmiernie wysokie w stosunku do zasięgów rzeczywistych. Jednak w przeciwieństwie do samochodów spalinowych, pojazdy elektryczne zużywają niewiele energii w jeździe miejskiej, a znacznie więcej energii przy prędkościach powyżej 100km/h. Nowa odmiana Nissan Leaf e+ wyposażona w akumulator 62 kWh, umożliwi przejazd od 290 do 390 km, co sprawia że jest to jeden z niewielu pojazdów elektrycznych umożliwiający poruszanie się między miastami[11]. Nadal jest to ok. 1/3 zasięgu odpowiednika tego auta z silnikiem spalinowym[12].



Rys. 2. Porównanie gęstości energii paliw ciekłych i gazowych do energii gromadzonej w akumulatorze elektrochemicznym, opracowanie własne

Gęstość energii w stosowanych obecnie akumulatorach jest wielokrotnie mniejsza od gęstości energii w paliwach ciekłych i gazowych, co wpływa na efektywność ich stosowania w pojazdach elektrycznych. Obecnie uzyskiwana gęstość energii w stosowanych w pojazdach elektrycznych akumulatorach litowo jonowych nie jest wystarczająca by zrekomensować korzyści ze stosowania pojazdów spalinowych. Efektywne konstrukcje akumulatorów pozwalające na masowe funkcjonowanie pojazdów elektrycznych będą prawdopodobnie wdrażane w niedalekiej przyszłości. Wyeliminują one podstawowe wady obecnie stosowanych akumulatorów, jakimi są niska gęstość energii, degradacja baterii i długi czas ładowania. Jest szereg technologii jak np.:

- baterie grafenowe, które zmniejszają degradację baterii oraz zwiększają bezpieczeństwo jej pracy. Jak wiadomo podczas ładowania baterii wytwarzane jest ciepło ze względu na rezystywność przewodnika. W baterii litowo jonowej wytworzone ciepło zwiększa rezystywność litu, co powoduje dalszy wzrost temperatury i rezystywności litu,

doprowadzając niekiedy do pożaru. Zastosowanie grafenu eliminuje to zjawisko[13];

- krzem zastępujący proszek grafitowy, może pozwolić na zwiększenie gęstości energii akumulatorów o 20%-25%[14],
- wykorzystanie nieorganicznego elektrolitu, co umożliwi produkcję akumulatorów o gęstości energii wynoszącej 1000 Wh/kg [15].

Funkcjonowanie stacji ładowania w mieście wielkości Wrocławia z uwzględnieniem możliwości dystrybucji energii

We Wrocławiu działa 14 galerii handlowych o podobnych parametrach do obiektu opisanego powyżej. Odpowiadająca im ilość stacji ładowania pozwoli na zasilenie do 15 960 pojazdów elektrycznych dziennie.

Tabela 4. Wyliczenie zapotrzebowania na energię dla stacji ładowania pojazdów i jej udziału w całkowitym zużyciu

Wyszczególnienie	Dane
Liczba stacji ładowania	14 [szt.]
Dzienna liczba pojazdów	15960 [szt.]
Ładowanie baterii	48 [kWh]
Ilość energii niezbędna do naładowania pojazdów	766,08 [MWh]
Niezbędna moc ładowania	33,6 [MW]
Roczne zużycie energii elektrycznej na ładowanie poj.	279,6 [GWh]
Roczne zużycie energii elektrycznej dostarczanej przez Tauron S.A. przez Wrocław	2388 [GWh]
Udział stacji ładowania w zużyciu energii przez miasto	12%

Aktualny stan zapotrzebowania Wrocławia na energię elektryczną wynosi 2 388 GWh. Ilość energii elektrycznej potrzebna do zasilenia takiej ilości pojazdów stanowi ok. 12% energii dostarczanej przez Tauron SA [16].

W przyjętym przez miasto planie zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe dla obszaru Gminy Wrocław” na lata 2020÷2035, założono że przyrost zapotrzebowania na energię elektryczną uwzględni rozwój elektromobilności na obszarze miasta. Prognozowane zapotrzebowanie na energię elektryczną obejmujące pokrycie potrzeb dla transportu publicznego, floty obsługującej Urząd Miasta i spółek z nim związanych oraz sieci ogólnodostępnych punktów ładowania oceniono na poziomie ~21MW [17]. Są to wartości zbliżone do przyjętych w przedstawionym modelu.

Europejski lider elektromobilności jakim jest Oslo posiada ok. 2000 punktów ładowania. Na jego ulicach porusza się ponad 38 tys. pojazdów elektrycznych i narasta problem braku dostępności ładowarek [18]. We Wrocławiu funkcjonuje 75 stacji paliw [19]. Codziennie po mieście porusza się blisko 100 tys. pojazdów [20].

Określenie wystarczalności potencjału energii generowanej z OZE do ładowania pojazdów elektrycznych w Polsce.

Moc generowana w Polsce z paneli fotowoltaicznych wyniesie w roku 2020 2,5 GW, a w 2025 roku 7,8 GW. Według założeń Polityki Energetycznej Polski potencjał instalacji jest oceniany na 16 GW do 2040 roku. Oznacza to, że w 2025 produkcja energii elektrycznej z elektrowni fotowoltaicznych może wynieść 7,8 TWh, a w 2040 16 TWh.

Przy założeniu, że w 2025 będzie jeździło 1 mln aut elektrycznych w Polsce, zapotrzebowanie z tego tytułu na energię wyniesie 4 TWh. W 2040 przy funkcjonowaniu 10 mln EV, zapotrzebowanie na energię wyniesie 40 TWh. Doliczając do elektrowni fotowoltaicznych, elektrownie wiatrowe, których potencjał wynosi obecnie 6,4 GW, produkcja energii 14,3 TWh, w 2025 wyniesie 7,0 GW,

produkcja 15,0 TWh a, w 2040 11GW mocy i produkcja 24 TWh [21]. Produkcja z OZE wystarczy na pokrycie zapotrzebowania generowanego przez pojazdy elektryczne w Polsce.

Problem dostępności mocy do ładowania pojazdów elektrycznych na poziomie kraju

Zgodnie ze Strategią na Rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju w 2025r. po polskich drogach ma jeździć 1 mln pojazdów elektrycznych [22]. Według autorów opracowania [23] z punktu widzenia Krajowego Systemu Elektroenergetycznego wzrost zapotrzebowania na energię wywołany wprowadzeniem do eksploatacji miliona pojazdów elektrycznych wyniesie ok. 5% produkowanej energii elektrycznej w Polsce tj. 4,41 TWh. Autor podobnej analizy [24] również uznaje, że nawet duży wzrost ilości pojazdów elektrycznych w transporcie drogowym będzie powodował raczej umiarkowane zapotrzebowanie na dodatkowe moce wytwórcze, zakładając, że przedsiębiorstwa energetyczne będą miały pewną kontrolę nad trybem ładowania aut. Wyliczenia tego modelu zakładają brak ograniczeń w sieci przesyłowej.

Brak ekonomicznych zachęt do ładowania poza godzinami szczytu może prowadzić do rozchwiania systemu energetycznego kraju poprzez powiększenie się różnicy pomiędzy zapotrzebowaniem szczytowym a pozaszczytowym na energię elektryczną w kraju. Istotnym problemem jest dostępność odpowiedniej mocy elektrycznej, która musi być dostarczona przy wykorzystaniu infrastruktury OSD.

Wnioski.

1. Do naładowania takiej samej ilości aut elektrycznych, co spalinowych, na stacji paliw/ładowania potrzebnych jest 16 punktów ładowania zamiast 8 dystrybutorów paliw. Dodatkowe punkty ładowania mogą zostać umiejscowione na parkingu galerii handlowej, co rozwiąże problem dodatkowych miejsc koniecznych do ładowania pojazdów.

2. Zapotrzebowanie na moc w sytuacji maksymalnego obciążenia wynosi 2,4 MW dla jednej dużej stacji ładowania.

3. Obecnie wykorzystywane akumulatory litowo jonowe mogą nie spełniać oczekiwań użytkowników pojazdów ze względu na niską gęstość energii, długi czas ładowania, degradację oraz niebezpieczeństwo przegrzania ogniw.

4. U uruchomienie grupy kilkunastu dużych stacji ładowania w mieście pozwoli na funkcjonowanie systemu pojazdów elektrycznych w zakładanej dla lat 2025 – 2030 ilości, ale wymusi znaczne zapotrzebowanie na energię elektryczną.

5. Generacja energii elektrycznej z OZE wystarczy do zaspokojenia potrzeb ładowania pojazdów elektrycznych w Polsce w zakładanym horyzoncie czasowym, tj. do 2040r.

6. Zapotrzebowanie na moc ładowania pojazdów użytkowanych w sposób podobny do pojazdów spalinowych, które zasilane są podczas dnia, może wywołać problemy z dostępnością wystarczającej mocy energii w systemie energetycznym. System zachęt do ładowania pojazdów poza godzinami szczytu i powszechność stosowania ładowarek domowych, może ograniczyć ten problem.

Autorzy:

mgr inż. Robert Kaznowski, E-mail: robertk@mailplus.pl; mgr inż. Jacek Gumiela, Politechnika Wroclawska, ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, E-mail: jacek.gumiela@pwr.edu.pl; mgr inż. Mariusz Gurdek, E-mail: biuromde.wroclaw@gmail.com; dr hab. Dariusz Sztarfrowski prof. PWr. Politechnika Wroclawska, Katedra Energoelektryki, ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, E-mail: dariusz.sztarfrowski@pwr.edu.

LITERATURA

- [1] <https://pspa.com.pl/2020/informacja/licznik-elektromobilnosci-ponad-13-tys-samochodow-osobowych-z-napedem-elektrycznym-na-polskich-drogach/> (dostęp 28.09.2020r.)
- [2] <https://www.kierunekenergetyka.pl/artykul,76136,najnowsza-prognoza-rozwoju-elektromobilnosci-w-polsce.html> (dostęp 17.07.2020r.)
- [3] UK now has more EV charging points than petrol stations, Smart Energy International, smart-energy.com
- [4] <https://www.iec.ch/newslog/2011/nr1611.htm>
- [5] Jakub Zawieska, Infrastruktura ładowania pojazdów elektrycznych w Polsce, Instytut Infrastruktury, Transportu i Mobilności, Szkoła Główna Handlowa („Nowa Energia” – 4/2019)
- [6] Polish EV Outlook 2019, Polskie Stowarzyszenie Paliw Alternatywnych i Frost & Sullivan, Warszawa 2019
- [7] Jakub Zawieska, Infrastruktura ładowania pojazdów elektrycznych w Polsce, Instytut Infrastruktury, Transportu i Mobilności, Szkoła Główna Handlowa („Nowa Energia” – 4/2019)
- [8] Raport roczny 2018, Polska Organizacja Przemysłu i Handlu Naftowego, Warszawa 2020
- [9] <https://www.wyorkierowcow.pl/60-najoszczedniejszych-aut-uzywanych-srednio-spalaja-mniej-niz-6-l-100-km/> (dostęp 17.01.2020r.)
- [10] Andrzej Maciejczyk Samochody z Napędem Elektrycznym. Mity i rzeczywistość, Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe, Radom 12/2017
- [11] Jakub Zawieska, Infrastruktura ładowania pojazdów elektrycznych w Polsce, Instytut Infrastruktury, Transportu i Mobilności, Szkoła Główna Handlowa („Nowa Energia” – 4/2019)
- [12] <https://e.autokult.pl/35427,nissan-leaf-e-2019-test-opinia-cena-zasieg>
- [13] <https://www.autocentrum.pl/dane-techniczne/nissan/pulsar/silnik-benzynowy-1.2-dig-t-115km-2014-2018/>
- [14] <https://realgrapheneusa.com/>
- [15] <https://www.media.daimler.pl/akumulatory-przyszosci-od-techniki-litowo-jonowej-do-rozprawiania-sie-z-mitami/>
- [16] <https://innolith.com/technology/>
- [17] TAURON Dystrybucja S.A. Oddz. we Wrocławiu
- [18] „Założenia do planu zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe dla obszaru Gminy Wrocław” na lata 2020+2035, Energoexpert. z o. o., Załącznik nr 1 do uchwały nr XV/421/19 Rady Miejskiej Wrocławia z dnia 21 listopada 2019 r.
- [19] <https://wysokienapiecie.pl/17445-koniec-kolejnego-przywileju-dla-aut-elektrycznych/>
- [20] Wykaz stacji paliwowych i zakładowych, Urząd Ochrony Konkurencji i Konsumentów, Warszawa 2020
- [21] https://www.wroclaw.pl/open-data/dataset/liczbapojazdowwjezdajacychdowroclawiazposzczegolnychgmin_data
- [22] Polityka Energetyczna Polski 2040, Ministerstwo Klimatu, Warszawa 2020r.
- [23] Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej, Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju, Warszawa 2016
- [24] Paweł Bralewski, Łukasz Szablowski, Krzysztof Badyda, Wojciech Bujalski, Perspektywy rozwoju elektromobilności w Polsce z Punktu widzenia Krajowego Systemu Elektroenergetycznego, „Nowa Energia” – 4/2018
- [25] Uroś RADOVIĆ, Wpływ samochodów elektrycznych na polski system elektroenergetyczny, emisję CO₂ oraz inne zanieczyszczenia powietrza, Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk nr 104, Warszawa 2018