

doi:10.15199/48.2021.09.35

Zarys metodyki TCO dla analizy zasadności wprowadzania elektrycznych środków transportu drogowego

Streszczenie. Przedstawiony niżej tekst opisuje wprowadzenie do metodyki TCO w kontekście analizy zasadności wprowadzania pojazdów elektrycznych dla zakupów flotowych i indywidualnych. Artykuł przedstawia główne koncepcje tworzenia poprawnego modelu TCO w celu poprawności szacowania rzeczywistych kosztów użytkowania pojazdu elektrycznego. W części analitycznej przedstawia badania porównawcze wybranych modeli pojazdów elektrycznych pod kątem trwałości pakietów bateryjnych i wyznaczania wartości rezydualnej pojazdu elektrycznego.

Abstract. The following text describes an introduction to the TCO methodology in the context of the analysis of the rationale for introducing electric vehicles into fleet and individual purchases. The article presents the main concepts of creating a correct TCO model in order to correctly estimate the real cost of using an electric vehicle. The analytical part presents comparative tests of selected models of electric vehicles in terms of battery life and determination of the residual value of the electric vehicle. (**Outline of the TCO methodology for the analysis of the legitimacy of introducing electric means of road transport**).

Słowa kluczowe: elektromobilność, efektywność energetyczna, pojazd elektryczny, transport drogowy.

Keywords: electromobility, energy efficiency, electric vehicle, road transport.

Wstęp

Dynamiczny wzrost sprzedaży pojazdów elektrycznych odnotowuje dzisiaj większość koncernów samochodowych, co wydaje się naturalnym punktem odniesienia w perspektywie wyboru środka transportu drogowego. Zmiana spojrzenia na samochód osobowy dzisiaj popularnie nazywana zwrotem ku elektromobilności jest trendem ogarniającym cały świat. Niedawny przełom XX i XXI w. to obraz dynamicznych zmian w zakresie źródeł napędu pojazdów osobowych. Wprowadzanie rygorystycznych norm emisji spalin, wpływa bezpośrednio na strukturę nowo produkowanych środków transportu drogowego. Model spalinowych jednostek napędowych, montowanych w pojazdach samochodowych uległ zmianie na korzyść pojazdów hybrydowych z silnikami o zapłonie iskrowym czy też pojazdów z napędem elektrycznym [1].

Ostatnie lata przyniosły duże zmiany w zakresie możliwości magazynowania energii w pakietach bateryjnych. Nowa generacja tak zwanych ogniw litowych z domieszkami odpowiednich pierwiastków, pozwoliła znacznie zwiększyć gęstość magazynowania energii w 1 kilogramie masy pakietu bateryjnego. Odzwierciedlenie tych szybkich zmian technologicznych możemy zaobserwować w telefonach komórkowych, a dokładniej w jakości baterii jakie są w nich montowane [2].

Dynamiczny rozwój technologii w zakresie magazynowania energii, ma również swoje odzwierciedlenie w projektowaniu napędów dla środków transportu drogowego. Pierwsza dekada tego tysiąclecia to silna dominacja aut hybrydowych nowej generacji. Jednym z prekursorów innowacyjnego sposobu hybrydyzacji aut stał się koncern Toyoty, ze swoim flagowym modelem Priusa. Ten nietypowy dotąd sposób hybrydyzacji napędu pojazdów drogowych, opiera się na pośredniej współpracy silnika spalinowego z silnikiem elektrycznym, który jest podstawowym źródłem napędu kół. Natomiast silnik spalinowy pracujący w cyklu Atkinsona, jest podstawowym źródłem momentu napędowego dla generatora synchronicznego, pracującego w trybie permanentnego ładowania pokładowego akumulatora wysokonapięciowego. Taka konfiguracja napędu hybrydowego, została zaimplementowana w pojazdach Toyoty i Lexusa, dla kilku wybranych pojemności silnika spalinowego. Efekt ekonomiczny dla użytkownika w postaci zmniejszonego zużycia paliwa, pozwolił na dywersyfikację rynku pojazdów spalinowych z dominacją silników wysokoprężnych.

Strategiczne posunięcie japońskiego koncernu samochodowego, przez wprowadzenie napędu hybrydowego pozwoliło na zwiększenie efektywności energetycznej pojazdów osobowych. Koncern Toyoty poprzez ten zabieg technologiczny w swoich pojazdach wyprzedził konkurencję w promocji aut ekologicznych. Jednocześnie Toyota poprzez wysokosprawne układy hybrydowe uzyskała miano najmniej awaryjnej marki w skali świata. Efektem rynkowym jest dynamiczny wzrost sprzedaży pojazdów tej marki, [3].

Druga dekada trzeciego tysiąclecia to renesans aut elektrycznych typu BEV – czyli z napędem czysto elektrycznym. Pojazdy takie posiadają jedyne źródło zasilania czyli wysokonapięciowe pakiety bateryjne, znajdujące się na pokładzie środka transportu drogowego. Taka koncepcja auta z napędem elektrycznym, która przez ponad sto lat za sprawą Forda T, została odsunięta w niepamięć, wróciła z niespotykaną dotąd siłą. Dwa główne czynniki doprowadziły do ponownego wzrostu zainteresowania autami elektrycznymi: pierwszy to wprowadzanie restrykcyjnych norm emisji spalin i opłat związanych z użytkowaniem pojazdów spalinowych oraz drugi wynikający z dynamicznego rozwoju litowych pakietów bateryjnych, [4].

Na rynku krajowym pojawiły się auta czysto elektryczne, promowane przez każdą liczącą się markę samochodową. Polska jest krajem, w którym prym zaczęły wieść modele Nissana Leafa, BMW I3 czy też Renaulta Zoe. Najbardziej spektakularną sprzedaż w Europie, w tym czasie odnotowała marka Tesla ze swoimi modelami aut elektrycznych, które stały się najbardziej popularne w krajach skandynawskich, nastawionych na ekologię i zero emisyjność.

W kontekście tych dynamicznych zmian w motoryzacji z zacięciem proekologicznym, pojawia się aspekt elektromobilności miast. Aktualnie, nie należy rozpatrywać działań proekologicznych w perspektywie działań jednostkowych, raczej należy patrzeć przez pryzmat zmian globalnych myśląc o makroregionach. Ten nowy rodzaj skali czyli aglomeracje miejskie elektryfikujące środki transportu drogowego powinny być perspektywą najważniejszych działań samorządowych. Tego typu podejście do elektromobilności to szersze spojrzenie na środki komunikacji miejskiej o wysokiej efektywności energetycznej oraz zastępowanie starego taboru środków transportu drogowego nowymi pojazdami hybrydowymi czy

też elektrycznymi. Ażeby ocenić jednoznacznie efektywność wprowadzanych zmian w zakresie środków transportu drogowego, stosuje się wieloaspektowy wskaźnik posiadania określonego dobra tak zwaną metodykę TCO (Total Cost of Ownership – Całkowity Koszt Posiadania).

Metodyka TCO dla określenia efektywności kosztowej elektromobilności

Odwolując się do nowych trendów szacowania kosztów użytkowania danego środka transportu, można zastosować metodykę TCO. Całkowity Koszt Posiadania – rozumiany jako suma wszystkich kosztów posiadania określonego dobra, zatem ogół kosztów, jakie wiążą się z korzystaniem z określonego dobra [5]. W przypadku pojazdu elektrycznego będą to koszty jego zakupu, ubezpieczenia, serwisowania, energii zużytej do poruszania się pojazdem, obsługi technicznej, wymiany opon oraz inne koszty, związane z opłatami za parkingi, przejazdy płatnymi drogami czy też podatki i ubezpieczenia. Wymienione składniki kosztów to możliwe do zaistnienia scenariusze, jakich możemy się spodziewać podczas eksploatacji pojazdu elektrycznego.

Efektom końcowym pracy nad modelem TCO jest wykonanie raportu TCO, w którym istotne jest rozpoznanie szczegółowych danych obrazujących skalę wydatków. Należy je sporządzić w oparciu o wybraną metodykę tworzenia raportu zgodną z wytycznymi metodyki TCO. Jest to model pomagający rozdzielić i zrozumieć podział kosztów związanych bezpośrednio i pośrednio z użytkownikiem końcowym każdego potencjalnego pojazdu elektrycznego.

Najczęściej spotykaną jest metodyka TCO, przy tworzeniu analizy całkowitych kosztów posiadania systemów informatycznych [4].

$$(1) \quad TCO(t) = P - \frac{Pd^n}{(1-p)^n} + \sum_{t=0}^n \frac{F(t) + Ins(t) + I(t) + A(t) + M(t)}{(1-p)^t}$$

gdzie: P – cena zakupu, t – kolejne lata analizy, n – czas analizy wyrażony w latach, d – wartość rezydualna, F – roczny koszt energii elektrycznej zużytej do ładowania pojazdu, Ins – roczny koszt przeglądu technicznego, I – roczny koszt ubezpieczenia, A – roczny odpis amortyzacyjny, M – roczne koszty serwisu, p – stopa dyskonta.

Występująca we wzorze wartość rezydualna pojazdu to wartość rzeczowyści pojazdu elektrycznego, uwzględniająca jego eksploatację oraz rzeczowyści wartość rynkową na chwilę sprzedaży pojazdu.

Doświadczenia w zakresie optymalizacji kosztów użytkowania tego typu systemów informatycznych są bardzo dobrym miernikiem porównawczym przy wyborze metodyki TCO dla oceny efektywności elektromobilności, [8]. Odnoszą się do doświadczeń w zakresie systemów informatycznych, czynnikiem decydującym jest ocena kosztu utrzymania określonego dobra dla użytkownika (mamy wybór pomiędzy decyzją o oddaniu go w outsourcing oraz kosztem utrzymania w wewnętrznych zasobach) [5].

$$(2) \quad TCO(t) = P + \sum_{t=0}^n RC \frac{1}{(1+i)^n}$$

gdzie: P – cena zakupu, t – kolejne lata analizy, n – czas analizy wyrażony w latach, RC – cykliczne koszty użytkowania pojazdu elektrycznego, i – stopa dyskonta.

Dokonując wyboru pomiędzy pojazdem spalinowym a pojazdem hybrydowym czy też w przypadku pojazdów

czysto elektrycznych, które są zdecydowanie droższe od ich odpowiedników spalinowych, należy sięgnąć po metodę Całkowitych Kosztów Posiadania [5]. Najprostszy model metodyki TCO dla tego typu dóbr można zrealizować za pomocą sumy kosztów:

- zakupu pojazdu,
- kosztów eksploatacji,
- kosztów serwisowych,
- przychodu ze sprzedaży używanego auta.

Biorąc pod uwagę taki sposób analizy kosztów produktu w cyklu całego jego życia, otrzymujemy informację wpływającą na decyzję przy wyborze pomiędzy samochodem spalinowym, hybrydowym czy też elektrycznym. Taki sposób weryfikacji często podświadomie dokonujemy na bazie własnych doświadczeń dla, urządzenia biurowego czy też innego produktu istotnie kosztownego z punktu widzenia czasu jego życia, [6].

(3)

$$TCO(km) = \frac{(IPC - RV \times PVF) \times CRF + \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{AOC}{(1+i)^n}}{AKT}$$

gdzie: IPC – cena zakupu, RV – wartość odsprzedaży, PVF – współczynnik wartości bieżącej pojazdu, CRF – współczynnik odzyskania kapitału n – czas analizy wyrażony w latach, AOC – roczny koszt użytkowania pojazdu elektrycznego, AKT – kilometrów roczny, I – stopa dyskonta, N – okres utrzymywania pojazdu.

Analiza kosztów według metodyki TCO jest swego rodzaju audytem efektywności kosztowej pojazdu w czasie jego całego cyklu użytkowania [6]. Analiza TCO może być przeprowadzona dwutorowo – pierwsza opcja zakłada przeprowadzenie szczegółowej ankiety wśród użytkowników końcowych pojazdów elektrycznych. Druga możliwość zakłada weryfikację wieloaspektową funkcjonowania pojazdu wraz ze zbieraniem informacji z urządzeń teleinformatycznych związanych z dostarczaniem danych eksploatacyjnych z pojazdu.

Metoda ta jest zatem próbą opisu stanu wiedzy o pojeździe w danym okresie dla spersonalizowanego użytkownika końcowego. Analiza TCO - daje możliwość bardzo dokładnej analizy kosztowej, w poszczególnych obszarach z uwzględnieniem szczegółowych scenariuszy użytkowania pojazdu elektrycznego. Klasyfikacja odpowiednich grup kosztów i weryfikacja ich poprawności, zależy ściśle od jakości pozyskiwanych danych. W praktyce można zastosować dwa modele weryfikacji kosztów, które wzajemnie się uzupełniają dając jednocześnie pełny obraz, są nimi :

- analiza danych księgowych,
- modelowanie i analiza ekonomiczna procesu użytkowania pojazdu [1-7].

Analiza TCO – dla zakupu flotowego pojazdów elektrycznych

Biorąc pod uwagę, że jednym z największych obszarów kosztowych w firmach są pojazdy użytkowe, możemy zatem przyjąć, że koszty utrzymania floty pojazdów stanowią duży udział w kosztach prowadzenia działalności zaraz po wynagrodzeniach pracowników. Efektywność floty pojazdów jest obszarem rzadko rozpoznany pod względem innowacji rynkowych i możliwości minimalizacji kosztów utrzymania parku pojazdowego. Audyty efektywności energetycznej przedsiębiorstw, są czynnikiem na podstawie którego firma może oszacować koszty utrzymania parku pojazdowego. Taki wyodrębniony element

kosztowy w ramach działalności firmy można poddać analizie szczegółowej, korzystając właśnie z metodyki TCO.

Można zauważyć powszechną tendencję użytkowników pojazdów samochodowych, która sugeruje, że na samochodach znają się wszyscy, zatem wiadomo czego się spodziewać po danym środku transportu drogowego. Okazuje się, że stosując metodykę TCO dla analizy efektywności energetycznej pojazdów samochodowych dochodzimy do rozwiązań nie zawsze oczywistych.

Reasumując, często pojawiają się koncepcje dowodzące, które auto jest lepsze, tańsze, mniej lub bardziej zawodne. Aktualnie szeroki dostęp do informacji pozwala na swobodną ocenę i wybór pojazdu spalinowego, hybrydowego czy też elektrycznego, w czym pomagają:

- oferty salonów sprzedaży,
- reklamy wybranych modeli pojazdów,
- broszury informacyjne i ulotki reklamowe,
- gazety motoryzacyjne z określonymi rankingami,
- portale internetowe.

Szerokie spektrum informacji może doprowadzić do dezinformacji i w takim przypadku należy się odnieść do TCO. Metodyka mało znana w kontekście pojazdu elektrycznego i niewiele opracowań daje właściwe odpowiedzi jaki wybór środka transportu drogowego jest optymalny. Najważniejsze kryterium oceny, biorąc pod uwagę realne oszczędności długofalowe to szacowanie rzeczywistych kosztów użytkowania pojazdu. Dlatego konieczne jest opracowanie poprawnego modelu użytkowania, w aspekcie efektywności energetycznej [10].

Tabela 1. Wpływ wiosennej temperatury otoczenia na zasięg auta elektrycznego, badania dla w pełni naładowanego pakietu baterijnego grupy BMW.

Tryb jazdy pojazdu elektrycznego	Zasięg pojazdu dla temperatury otoczenia 17°C [km]	Zasięg pojazdu dla temperatury otoczenia 8,5°C [km]	Zmiana zasięgu auta [km]
Komfortowy	217	208	9
Ekonomiczny	233	222	11
Super ekonomiczny	237	235	2

Pierwszym krokiem w tworzeniu scenariuszy użytkowania pojazdu elektrycznego, powinna być dokładna analiza potrzeb firmy czyli przemyślana decyzja jaki pojazd elektryczny powinniśmy kupić. W przypadku zakupów grupowych dochodzimy do analizy możliwości zakupowych poprzez formę przetargu, co narzuca dodatkowe kryteria bezstronności, które muszą zostać zachowane w procedurach przetargowych.

Zatem przygotowanie przetargu, powinna poprzedzić dokładna analiza sytuacji rynkowej gamy dostępnych pojazdów, wraz z możliwościami gwarancyjnymi, serwisowymi oraz technicznymi potencjalnych do nabycia pojazdów elektrycznych. Opracowanie wytycznych istotnych z punktu widzenia metodyki TCO, dla pojazdów elektrycznych, jest bardzo ważnym kryterium oceny. Po wykonaniu tego etapu można przystąpić do poszukiwań rynkowych poprzez analizę techniczno – ekonomiczną z odpowiednio dobranymi kryteriami.

Budując model TCO dla pojazdu elektrycznego należy zwrócić uwagę na elementy składowe, które w dłuższej perspektywie czasu będą bardzo istotne, natomiast nie widać ich w momencie zakupu pojazdu. Do takich czynników istotnie wpływających na obraz całościowy kosztów posiadania pojazdu elektrycznego, jest wartość rezydualna. Wartość ta będzie bezpośrednio zależała od jakości pakietu baterijnego i możliwości wykorzystania go jako potencjalnego zasobnika energii. Potrzeba ta powstaje naturalnie dla drugiego cyklu życia pakietu baterijnego i wynika z potrzeb gospodarstw domowych. Dzisiaj

większość nowo powstających domów pasywnych czy też zero emisyjnych wymaga wyposażania w zasobniki energii, pozwalające im zachować niezależność energetyczną.

Tabela 2. Wpływ zimowej temperatury otoczenia na zasięg auta elektrycznego, badania dla w pełni naładowanego pakietu baterijnego grupy Renault.

Tryb jazdy pojazdu elektrycznego	Zasięg pojazdu dla temperatury otoczenia 17°C [km]	Zasięg pojazdu dla temperatury otoczenia -17°C [km]	Zmiana zasięgu auta [km]
Komfortowy	297	228	69
Ekonomiczny	315	265	50
Super ekonomiczny	325	294	31

Odpowiedzią na wartość rezydualną dla pojazdu elektrycznego są wyniki badawcze przedstawione w tabeli numer 3. Na podstawie badań eksperymentalnych dla określonej próby badawczej, oszacowano spadek sprawności pakietu baterijnego wraz z czasem eksploatacji pojazdu elektrycznego. Najmniejszy spadek możliwości magazynowania energii uzyskano dla pakietów bateryjnych pojazdu elektrycznego, który posiada niezależne chłodzenie i podgrzewania pakietu baterijnego, co przedstawiono w tabelach 1 i 2. Pozostałe dwa badane modele pojazdów elektrycznych nie posiadają systemu chłodzenia i podgrzewania pakietu baterijnego. Rynek pojazdów używanych jest rynkiem dynamicznym, na który wpływ mają wyłącznie walory techniczne danego pojazdu, a dokładniej jego długofalowa przydatność. Zatem szacowanie wartości rezydualnej pojazdu elektrycznego, będzie ściśle zależało od stopnia użyteczności jego wysokonapięciowego pakietu baterijnego.

Należy bezwzględnie pamiętać, że koszt zakupu pojazdu to nie jego wartość fakturowa. Możemy pomniejszyć koszt nabycia pojazdu o tzw. wartość rezydualną, czyli wartość pojazdu elektrycznego w momencie, gdy będziemy go odsprzedawać.

Jest to bardzo ważny element składowy modelu TCO przy założeniu, że po określonym czasie będziemy chcieli wymienić samochody w naszej flocie. Przy oszacowaniu wartości rezydualnej zdecydowanie przydatna będzie kompleksowa wiedza o stanie technicznym pojazdu, jego przebiegu i historii serwisowej oraz sposobie użytkowania pojazdu elektrycznego (procentowy stopień zużycia pakietu baterijnego). Istotnym elementem odniesienia są w tym przypadku narzędzia do automatycznego obliczania wartości takiego pojazdu szacowane według aplikacji Eurotax Forecast, oraz narzędzia diagnostyczne pozwalające na odczyt szczegółowych danych technicznych pojazdu elektrycznego, [9].

Tabela 3. Sprawność pakietów bateryjnych auta elektrycznego, badania dla w pełni naładowanego pakietu baterijnego badanych modeli aut.

Pakiet baterijny wybranego modelu auta	Pojemność pakietu baterijnego nominalna [kWh]	Sprawność pakietu baterijnego po 2 latach [%]	Sprawność pakietu baterijnego po 5 latach [%]
BMW i3	33,2	97	91
Nissan Leaf	30	86	79
Renault Zoe	22	99	98

Kolejnym obszarem kosztowym dla modelu TCO są dla floty pojazdów koszty pakietów ubezpieczeń. Tutaj mamy dwa istotne składniki czyli polisa OC, która dla pojazdów elektrycznych jest najniższa według tabeli opłat oraz polisa AC najczęściej silnie powiązana z rynkową wartością pojazdu. Zasadniczo (a nawet liniowo) na wysokość składki ubezpieczeniowej typu AC wpływa wartość pojazdu elektrycznego oraz historia współpracy z ubezpieczycielem.

Nieliniowym parametrem, wpływającym na wysokość składki ubezpieczeniowej jest wskaźnik szkodowości, zależny od użytkownika pojazdu elektrycznego. Wprowadza on dla metodyki TCO element wrażliwy, zależny od sposobu użytkowania pojazdów elektrycznych, który można pośrednio modyfikować. Przyglądając się sytuacji rynkowej, możemy znaleźć wiele dostępnych rozwiązań prewencyjnych, które pomagają na zminimalizowanie wskaźnika szkodowości. Istotne znaczenie mają tutaj nabyte umiejętności kierowcy pojazdu elektrycznego w procesie uczenia opartego o:

- szkolenia teoretyczne,
- szkolenia praktyczne,
- szkolenia e-learningowe,
- systemy wspierania oparte o urządzenia GPS,
- systemy wizyjne, śledzące wspierające pracę kierowcy.

Każdy z tych czynników może być elementem składowym modelu TCO, wprowadzanym w pozycji kosztów dla określonego cyklu życia pojazdu elektrycznego, [8].

Biorąc pod uwagę najważniejsze elementy modelu TCO dla pojazdu elektrycznego w kontekście wyboru najlepszego pojazdu elektrycznego dla floty firmowej, bardzo ważnym czynnikiem są koszty jego eksploatacji. Składowe wpływające na te koszty powinny być rozpatrywane z dużą starannością przy uwzględnieniu:

- modelu ładowania pojazdu elektrycznego,
- modelu użytkowania związany z zasięgiem pakietu bateryjnego,
- częstości ładowania i dostępność punktów ładowania,
- serwisów gwarancyjny,
- serwisów pogwarancyjny,
- przeglądów,
- awarii,
- wymiany elementów eksploatacyjnych,
- stosowania opon letnich i zimowych.

Uwzględniając powyższe elementy, trzeba zauważyć, że dłuższa gwarancja nie oznacza niższych kosztów. Gwarancja użytkownika to ograniczenie naszego ryzyka przy niespodziewanych zdarzeniach, które mogą pojawić się w czasie eksploatacji pojazdu. Zdecydowanie większy wpływ na wydatki w procesie użytkowania pojazdu elektrycznego będą miały:

- interwały przeglądowe (co 15.000, 20.000 czy 30.000 kilometrów),
- dostępny sposób ładowania i moc maksymalna ładowania,
- koszty ładowania domowego czy też na wybranych stacjach ładowania zewnętrznego,
- interwały wymiany pakietu bateryjnego,
- koszty wymiany części eksploatacyjnych,
- koszty wynikające z obowiązkowych programów serwisowych producenta itp.

Ważnym elementem zarządzania i optymalizacji kosztów w modelu TCO jest baza danych służąca do wyznaczenia punktu odniesienia i kontroli całego procesu wydatkowania w aspekcie użytkowania pojazdu w całym cyklu jego życia. Można w tym przypadku skorzystać z zaawansowanych systemów finansowo – księgowych, CRM-ów, programów wspierających logistykę, sprzedaż, kontrole działań handlowych, lub zbudować własną bazę wiedzy z pełną kontrolą procesu użytkowania pojazdu elektrycznego. Baza ta powinna uwzględniać analizę modeli ładowania pojazdu elektrycznego i sposobu jego użytkowania. Tworzenie własnej bazy wiedzy jest najbardziej optymalnym rozwiązaniem z punktu widzenia poprawności modelu obliczeniowego. Przykładem wspierającym tworzenie niezależnych systemów analizy

danych jest ich przejrzystość i adekwatność co do przyjętych wytycznych.

Podsumowanie

Biorąc pod uwagę, że jednym z największych obszarów kosztowych w przedsiębiorstwach są pojazdy firmowe zatem analiza kosztowa użytkowania pojazdów elektrycznych w kontekście pojazdów spalinowych według metodyki TCO, jest najbardziej adekwatnym modelem decyzyjnym.

Najmniejszy spadek możliwości magazynowania energii uzyskano dla pakietów bateryjnych pojazdów elektrycznych, które posiadają niezależne chłodzenie i podgrzewanie pakietu bateryjnego.

Szacowanie wartości rezydualnej pojazdu elektrycznego, zależy od stopnia użyteczności jego wysokonapięciowego pakietu bateryjnego i jednocześnie zmniejsza rzeczywisty koszt zakupu pojazdu elektrycznego.

Rzeczywisty koszt użytkowania pojazdu elektrycznego należy pomniejszyć o tzw. wartość rezydualną, czyli wartość pojazdu elektrycznego w momencie, gdy będziemy go odsprzedawać. Takie założenie stanowi kluczowy element przy ocenie zasadności wyboru pojazdu elektrycznego jako alternatywy pojazdu spalinowego.

Autorzy: dr inż. Piotr Błaszczuk, Politechnika Łódzka, Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Instytut Elektroenergetyki, ul. B. Stefanowskiego 18/22, 90-924 Łódź, e-mail: piotr.blaszczuk@p.lodz.pl; dr hab. inż. Sławomir Barański, Politechnika Łódzka, Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Instytut Elektroenergetyki, ul. B. Stefanowskiego 18/22, 90-924 Łódź, e-mail: slawomir.baranski@p.lodz.pl.

LITERATURA

- [1] Selim A., Abdel-Akher M., Kamel S., Jurado F., Almohaimeed S. A., Electric Vehicles Charging Management for Real-Time Pricing Considering the Preferences of Individual Vehicles, *Applied Science*, 11, (2021), 663
- [2] Farid A. M., Viswanat A., Al-Junaibi R., Allan D., Van der Wardt T. J. T., Electric Vehicle Integration into Road Transportation, Intelligent Transportation, and Electric Power Systems: An Abu Dhabi Case Study, *Smart Cities*, 4, (2021), 1039-1057
- [3] Palmer K., Tate J. E., Wadud Z., Nellthorp J., Total cost of ownership and market share for hybrid and electric vehicles in the UK, US and Japan, *Applied Energy*, 209, 2018, s. 108-119
- [4] Atawi I. E., Hendawi E., Zaid S. A., Analysis and Design of a Standalone Electric Vehicle Charging Station Supplied by Photovoltaic Energy, *Processes*, 9, (2021), 1246
- [5] Velzen A., Electric Vehicles: a cost competitive game changer or technology's false hope? Total Cost of Ownership analysis of Electric Vehicles for the 2015-2030 timeframe, *Thesis of the Management and Technology*, Delft University of Technology, Delft, (2016), 1-193
- [6] Wu G., Inderbitzin A., Bening C., Total cost of ownership of electric vehicles compared to conventional vehicles: A probabilistic analysis and projection across market segments, *Energy Policy*, 80, (2015), s. 196-214
- [7] Hagman J., Ritzen S., Janhager J., Susilo Y., Total cost of ownership and its potential implications for battery electric vehicle diffusion, *Research in Transportation Business & Management*, 18, (2016), s. 11-17
- [8] Bubeck S., Tomaschek J., Fahl I. U., Perspectives of electric mobility: Total cost of ownership of electric vehicles in Germany, *Transport Policy*, (2016), s. 63-77
- [9] Vodovozov V., Raud Z., Petlenkov E., Review on Braking Energy Management in Electric Vehicles, *Energies*, (2021), No. 14, 4477
- [10] Błaszczuk P., Fijas J., Buczyńska O., Elektromobilność w Lasach Państwowych, *Państwowe Gospodarstwo Leśne Lasy Państwowe*, 2 (2019), nr 1, 1 - 52