

**Jarosław Brach**

<https://doi.org/10.26366/PTE.ZG.2021.188>

ORCID: 0000-0002-7615-3893

jaroslaw.brach@ue.wroc.pl

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

**Bartosz Wojtowski**

bwojtowski@usk.wroc.pl

Uniwersytecki Szpital Kliniczny

Uniwersytetu Medycznego we Wrocławiu

**Cytowanie:** Brach, J., 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

## Ekologizacja ostatniej mili od strony taborowej

### Abstrakt

W artykule autorzy podjęli niezwykle dzisiaj aktualną problematykę, jaką jest wprowadzanie proekologicznego taboru samochodowego – na paliwa alternatywne i z alternatywnymi, w pełni elektrycznymi zespołami napędowymi – w miejskich dostawach realizowanych w ramach tzw. ostatniej mili. Cel polegał na stwierdzeniu, czy obecnie w polskich warunkach kosztowych i prawnych wprowadzenie takiego taboru wykazuje uzasadnienie ekonomiczne. Dane do artykułu pochodzą z badań autorskich, wykonanych przez zespół w ramach projektu dotyczącego celowości wprowadzenia w polskich miastach idei tzw. zielonego inteligentnego miasta.

**Słowa kluczowe:** dostawy w ramach ostatniej mili, ekologizacja taboru samochodowego

### Abstract

#### **Ecologization of the van fleet strategy within the framework of the last mile deliveries**

In the article, the authors dealt with the issues that are extremely current today, as is the introduction of a pro-ecological van fleet - using alternative fuels and with alternative, fully electric power units - in urban deliveries under the so-called last mile. The aim was to determine whether the introduction of such vehicles currently demonstrates economic justification in the Polish cost and legal conditions. The data for the article comes from the author's research carried out by the team as a part of the project on the purposefulness of introducing the so-called green smart city.

**Keywords:** last mile deliveries, ecologization of the van fleet strategy

**JEL:** R4

### Wstęp

W najbliższym okresie na dostawy realizowane w ramach logistyki ostatniej mili niezwykle mocny wpływ wywrą zmiany technologiczne i organizacyjne, związane z wprowadzaniem zasad Przemysłu 4.0. Dla samych dostaw realizowanych w ramach logistyki ostatniej mili powyższe będzie się silnie wiązać z wdrażaniem podstawowych wyróżników Logistyki 4.0 oraz silnie z nią połączonych – współzależnych m.in. Transportu 4.0, Pojazdu Użytkowego 4.0 oraz Mobilności 4.0 i w jej ramach Miejskiej Mobilności 4.0. Zasadniczymi wyróżnikami tych przekształceń będą współlistniejące: digitalizacja i cyfryzacja, łączność i sieciowość, automatyzacja zmierzająca

w kierunku pełnej autonomizacji, ekologizacja oraz serwicyzacja.

Ekologizacja w odniesieniu do pojazdów samochodowych jest zjawiskiem bardzo dawnym, de facto towarzyszącym tym pojazdom od chwili, gdy weszły one do eksploatacji. Obecnie przybiera ona dwie podstawowe formy: stosowania paliw alternatywnych – ciekłych i gazowych – oraz wprowadzania zelektryfikowanych układów napędowych – hybrydowych – spalinowo-elektrycznych – i w pełni elektrycznych.

Celem tego artykułu jest określenie, czy obecnie w polskich warunkach staje się opłacalne wdrożenie w ramach dostaw ostatniej mili lekkich pojazdów dostawczych na paliwa alternatywne, jak gaz, oraz z alternatywnymi, w pełni elektrycznymi zespołami napędowymi. Zaprezentowane: analiza i wnioski, opierają się na badaniach, wykonanych przez zespół autorski w ramach projektu związanego z realizacją strategii wdrażania tzw. inteligentnego zielonego miasta („smart green city”). Jednocześnie w artykule, ze względu na jego szczupłe ramy i zarazem złożoność omawianych zjawisk, nie zajęto się samą problematyką i specyfiką dostaw na tzw. ostatniej mili oraz szerzej koncepcją logistyki miejskiej, do której tzw. ostatnia mila niezaprzeczalnie należy. Skupiono się bowiem bardziej na samych cechach różnych rodzajów taboru dostawczego i naturalnej ekonomicznej opłacalności wykorzystania go do dostaw dla odbiorców finalnych.

### **Założenia wstępne proekologizacji strategii taborowej**

Proekologizacja od strony taborowej przejawia się stopniowym zastępowaniem w środkach transportu eksploatowanych w ramach ostatniej mili silników spalinowych zasilanych olejem napędowym czy benzyną przez alternatywne zespoły napędowe, zespoły napędowe na paliwa alternatywne oraz alternatywne zespoły napędowe na paliwa alternatywne. W przypadku zespołów napędowych na paliwa alternatywne kwestia dotyczy zastępowania benzyny i oleju napędowego gazem sprężonym lub skroplonym, alkoholem (etanol) bądź coraz szerzej dzisiaj dostępną gamą paliw alternatywnych – biopaliw w postaci przykładowo HVO. Alternatywne zespoły napędowe są to zespoły częściowo lub całkowicie zelektryfikowane. Częściowa elektryfikacja odbywa się poprzez połączenie jednostki spalinowej z jednostką elektryczną w układzie szeregowym albo równoległym, a jeżeli w takim rozwiązaniu jednostka spalinowa jest zasilana którymś z paliw alternatywnych (gaz, alkohol, biopaliwa) wówczas występuje alternatywny zelektryfikowany – hybrydowy układ napędowy na paliwa alternatywne. W pełni elektryczne układy napędowe są to zaś układy w ogóle pozbawione silnika spalinowego i wobec tego zaopatrzone jedynie w silnik/silniki elektryczne. Takie w pełni elektryczne układy napędzają wszelkie drony drogowe i powietrzne, rowery wspomagane elektrycznie oraz stopniowo coraz częściej nabywaną gamę

elektrycznych – w pełni elektrycznych samochodów różnych klas i typów.

Przy tym obecnie przyjmuje się, że paliwa alternatywne, układy hybrydowe oraz układy hybrydowe na paliwa alternatywne w odniesieniu do ruchu miejskiego stanowią jedynie wyjście czasowe i suboptymalne. Są uważane bowiem jako swoisty łącznik – na aktualnym etapie akceptowalny ekonomicznie – ze względu na TCO – i użytkowo – w zakresie prezentowanych parametrów – między tradycyjnymi układami napędowymi a układami w pełni elektrycznymi. Te ostatnie wciąż mianowicie nie są pozbawione szeregu kluczowych wad, takich jak bardzo wysoka cena, relatywnie niezbyt duży zasięg oraz problemy z akumulatorami, w tym w pierwszym rzędzie ich masa, cena, pojemność, utylizacja i długość życia (bezpieczeństwo  $\times$  wydajność  $\times$  pojemność  $\times$  cena  $\times$  dostępność  $\times$  czas deprecjacji fizycznej).

W takim układzie prowadzenie pojazdów na paliwa alternatywne i z alternatywnymi zespołami napędowymi zależy od wielu czynników. Wśród głównych aspektów należy uznać koszt nabycia tego samochodu czy wejścia w jego użytkowanie oraz TCO. Poza tym niezwykle ważną rolę pełni zdolność do generowania przychodów, czyli TOE. Niestety w dokonywanej analizie pojawiają się elementy realnie dzisiaj niewiadome – tzn. o trudnej do oszacowania wartości za kilka lat, jak wartość rezydualna bądź ewentualne koszty utylizacji akumulatorów. Wartość rezydualna jest o tyle istotna, że pojazd, który fizycznie mógłby być użytkowany przez nawet dziesięć, dwanaście lat, biorąc pod uwagę jego rzeczywistą deprecjację fizyczną, realnie będzie eksploatowany przez zaledwie sześć, siedem lat, ze względu na wysoki koszt zakupu akumulatorów. Tym samym będzie musiał być całkowicie zamortyzowany zaledwie po kilkuletnim okresie. Zarazem koncerny motoryzacyjne podają, że koszty serwisowania będą relatywnie niewielkie. Przy czym z drugiej strony stoi to w sprzeczności z szeroko pojętym interesem producenta, którego model biznesowy częściowo bazuje na serwisie – tzn. na tym, by po okresie gwarancji klienci także w jak największym stopniu korzystali z usług autoryzowanych punktów obsługi. Co więcej, w ostatnich latach w te punkty inwestowane są potężne środki finansowe. Mówimy tu o wielomilionowych inwestycjach nie tylko w sprzęt oraz wyposażenie, ale i szeroko pojętą infrastrukturę. W takim układzie nieco przekornie trzeba zatem zapytać – jaki sens mają takie inwestycje, skoro podobno – zgodnie z oficjalnymi obecnymi oświadczeniami wytwórców – warianty elektryczne będą niemal bezserwisowe?

W Raporcie PSPA testów porównawczych odmian tradycyjnych i należących do grupy paliwo-napędowych alternatyw pada stwierdzenie, że wynik porównania TCO (Raport, 2019) pozwala stwierdzić, że elektryczne samochody dostawcze mogą niedługo stać się realną alternatywą dla flot spalinowych. Niemniej kluczowe w tym aspekcie staje się wprowadzenie wsparcia w postaci systemu dopłat. Innymi słowy jeszcze przez wiele lat odmiany elektryczne nie będą

wykazywały tzw. naturalnej opłacalności eksploatacyjnej – tzn. bez systemu znaczących dopłat ich zakup nie będzie nadal miał uzasadnienia biznesowego. O biznesowo-strategicznej kluczowości tych dopłat w omawianym przypadku świadczy m.in. fakt, że dopłaty w wysokości wskazanej w rozporządzeniu (Ministra Aktywów Państwowych z dnia 23 grudnia 2019 r.) już w znaczący sposób obniżają TCO pojazdu. Przykładowo w analizowanych scenariuszach właśnie z dopłatami TCO e Vito było już niższe w drugim roku użytkowania. W takim układzie dopłaty mogą się okazać czynnikiem, który być może nawet przesądzi o podjęciu decyzji biznesowej – tzn. skłoni firmy do wzięcia pod uwagę elektryfikacji flot swoich pojazdów. Przy czym nie powinno się zapominać, że na potrzeby obliczeń związanych z TCO przyjęto różne założenia, dotyczące m.in. wartości rezydualnej modelu elektrycznego, ceny paliwa czy cen energii elektrycznej, które w przyszłości mogą się zmieniać zarówno na korzyść jak i na niekorzyść odmian elektrycznych. Mając powyższe na uwadze, na potrzeby porównania pojazdów przyjęto założenia ostrożnościowe, których prawdziwość w najbliższych latach zostanie zweryfikowana przez rynek.

W konsekwencji, na gruncie VAT, CIT oraz akcyzy, samochody dostawcze nie podlegają przepisom, odnoszącym się jedynie dla aut osobowych i zawierającym pewne preferencje dla pojazdów elektrycznych. Zarówno w przypadku elektrycznego, jak i spalinowego modelu dostawczego, można odliczyć całość VAT przy zakupie, nie będzie się obowiązującym do zapłaty akcyzy, a wszelkie wydatki eksploatacyjne zaliczy się do kosztów podatkowych. W kosztach ujmie się również całość odpisów amortyzacyjnych. Tym samym, potencjalny nabywca elektrycznego pojazdu dostawczego może skorzystać ze wsparcia jedynie w momencie nabycia.

Niezależnie od aktualnej polityki państwa w zakresie elektromobilności oraz stanu i dostępności infrastruktury, czynniki decyzyjne w doborze samochodów flotowych można podzielić na:

- ocenę przydatności pojazdu do realizacji danego celu, warunkująca dobór modelu;
- zgodność z celami strategicznymi przedsiębiorstwa;
- ocenę opłacalności pojazdu przez cały okres jego eksploatacji.

Koszty energii elektrycznej zależą od źródła energii i sposobu poboru, tzn. co do zasady są niższe w przypadku ładowania pojazdu z prywatnego źródła energii elektrycznej niż w przypadku korzystania z ogólnodostępnych, odpłatnych stacji ładowania. Na obecnym poziomie rozwoju technologii czas ładowania w trasie nie jest bez znaczenia, a zatem w ramach kosztów eksploatacji także powinien zostać uwzględniony w pełnym modelu TCO. Ładowanie może bowiem trwać od kilkunastu minut do kilku godzin, co oznacza, pomijając pory nocne, że przez dużą część dnia wariant elektryczny pozostaje podłączony do ładowarki, zamiast wykonywać prace i generować przychód. Osobne wyzwanie stanowi kwestia określenia wartości rezydualnej pojazdu

elektrycznego (Raport, 2019). Wartość rezydualna stanowi oszacowanie wartości, jaką dany pojazd będzie posiadał po upływie okresu jego eksploatacji (np. po 4 latach), przy czym istotnymi parametrami są stan i przebieg tego pojazdu oraz wartość dla całej floty lub jej podzbioru, np. określonych modeli aut. Bieżący pomiar TCO i porównanie jego wyników z TCO planowanym umożliwia podejmowanie decyzji w celu obniżenia TCO przy jednoczesnym spełnieniu kryteriów jakościowych floty. Proces decyzyjny może obejmować zarówno wybór modeli i wyposażenia samochodów, wybór odpowiedniego sposobu finansowania, optymalne dostrajanie zakresu usług objętych pakietami serwisowymi i dobranie odpowiedniego okresu eksploatacji życia pojazdów oraz celowe kształtowanie stylu jazdy kierowców, np. poprzez szkolenia i konkursy. W tym celu pomocne jest wyznaczanie TCO nie tylko jako sumy, ale i w odniesieniu do jednostki czasu (tzn. średnie TCO roczne lub miesięczne, bądź TCO narastające), w odniesieniu do przebiegu (średnie TCO na każde 100 km) lub w połączeniu obu perspektyw (np. średnie TCO na 100 km w układzie miesięcznym). TCO w czasie daje ponadto możliwość analizy budżetowej, polegającej na porównaniu kwoty TCO przewidzianej do „zużycia” przez pojazd do chwili bieżącej z faktycznie poniesionymi kosztami (tzw. analiza burn-down).

Na poziomie strategicznym, analizę TCO można także wykorzystać w celu dokonania wyboru pomiędzy utworzeniem własnej floty pojazdów a wykorzystaniem innych rozwiązań mobilnościowych takich, jak np. car shering lub wynajem (Raport, 2019).

Kolejnym alternatywnym paliwem jest gaz. Stosujący go mogą korzystać z podobnych ulg, co eksploatujący pojazdy elektryczne. Zasilanie samochodów gazem jest technologią dobrze znaną i sprawdzoną. Do tego wersja z instalacją gazową CNG jest droższa od odpowiednika wyposażonego w silniki Diesla zaledwie o kilkanaście procent, a nie o kilkaset, jak w odniesieniu do typów w pełni elektrycznych. W przypadku pojazdów z instalacją gazową jest też znana wartość rezydualna. Pojazdy takie mogą być eksploatowane dziesięć lat, a po odpowiednich przeglądach (legalizacjach) okres ten ulega wydłużeniu. Inna zaleta posiadania odmian z instalacją gazową to dobrze rozwinięta sieć stacji z gazem. W Polsce do lepiej rozwiniętych należy sieć dystrybucji gazu LPG, również zaliczanego do paliw alternatywnych, ale nie będącego paliwem tak niskoemisyjnym, jak gaz CNG. W Europie są jednak kraje, które mają już dobrze rozwiniętą sieć stacji CNG. Do tej grupy należy przykładowo nasz zachodni sąsiad – Niemcy.

"Za stosowaniem gazu przemawia fakt, że systemy stosowane od wielu lat są dokładnie eksplorowane i dopracowane, oraz względy ekonomiczne (niski koszt paliwa i łatwość dostosowania do niego konwencjonalnych silników spalinowych). Należy dodać, że jest to paliwo bardzo ekologiczne; produktem jego spalania nie są cząstki stałe" (Wojtowski, 2020).

## Wykonane badania

Wykonane badania dotyczą tzw. inteligentnego zielonego miasta („smart green city”), czyli miasta w wysokim stopniu bazującego na sieciowości, łączności oraz cyfryzacji, w połączeniu z silną proekologizacją. Powyższe ma na celu podnoszenie społecznego, ekonomicznego i środowiskowego standardu życia mieszkańców. W ramach realizowanych prac zespół sprawdzał tzw. naturalną ekonomiczną celowość implementacji, czyli celowość dokonania wyboru w przypadku braku dodatkowych zachęt, takich jak dotacje lub ulgi, czy zakazów i nakazów, jak zakaz poruszania się w pewnych strefach czy/i godzinach. Celowość ta odnosiła się do wprowadzenia w takim „zielonym i inteligentnym” mieście dwóch typów taboru proekologicznego w wybranych rodzajach dostaw odbywających się na tzw. ostatniej mili. Sprawdzanym proekologicznym taborom były dwa warianty pojazdów uważane – klasyfikowane za proekologiczne: z zasilaniem gazowym (dokładnie gazowo-benzynowym) oraz z układem napędowym w pełni elektrycznym (Davydenko, Hopman, 2020). Dostawy na ostatniej mili odbywały się w warunkach normalnie realizowanych dla dostaw tego typu – były to bowiem dostawy odbywające się w codziennej obsłudze szpitala klinicznego oraz dostawy przez kurierów przesyłek z lokalnego centrum dystrybucji kurierskiego operatora logistycznego do odbiorców końcowych – adresatów ostatecznych (Kim, 2019). Jednocześnie, ze względu na odmienne warunki dokonywania prób (m.in. odmienne trasy i warunki pogodowe), nie istnieje możliwość bezpośredniego porównania wyników testów uzyskanych w Badaniu 1 i Badaniu 2.

### Badanie 1.

W celu sprawdzenia przydatności wykorzystania w transporcie szpitalnym samochodów zasilanych alternatywnym paliwem i z alternatywnymi zespołami napędowymi na przestrzeni roku w ramach wykonywanych badań sprawdzono trzy lekkie pojazdy dostawcze: były to dwa wydania gazowe – Volkswagen Caddy CNG oraz GAZ GazelleNEXT zasilany za pomocą gazu LPG, a jako wykonanie z alternatywnym zespołem napędowym został przetestowany elektryczny Volkswagen e-Crafter. Ogół tych aut użytkowano w ramach potrzeb transportowych Uniwersyteckiego Szpitala Klinicznego we Wrocławiu.

Jako pierwsze przeprowadzono próby wana Volkswagen Caddy CNG Furgon (wersja krótka) (B. Wojtowski s. 65-66). Ma on ustawione interwały serwisowe co 15000 km, a koszt przeglądu serwisowego to około 800 PLN. Niestety, nie wszystkie autoryzowane serwisy Volkswagena wciąż mają możliwość obsługi zasilanego sprężonym gazem ziemnym Volkswagena Caddy, co negatywnie rzutuje na koszty obsługi i generowane TOE, ponieważ powoduje większe i droższe –

bezwzględnie i względnie – wyłączenie Caddy CNG z ruchu.

W układzie eksploatacyjnym główną zaletą Caddy CNG jest jego zasięg. Zależy on od wersji nadwoziowej. Caddy Maxi ma zainstalowane 5 butli, mieszczących 34 kg gazu CNG, co odpowiada 51 m<sup>3</sup> gazu nie sprężonego i według danych producenta daje możliwość przejechania 790 km. Krótsza wersja Caddy ma zamontowane 4 butle gazu, mieszczące 36 m<sup>3</sup> gazu, co zapewnia zasięg 620 km. Test VW Caddy CNG odbywał się w zimie przy występującym mrozie. W cyklu mieszanym, czyli podczas jazdy głównie w mieście na dystansie 358,7 km, auto zużyło 28,89 m<sup>3</sup> gazu, co daje zużycie 8,05 m<sup>3</sup> na 100 km. W sferze zużycia benzyny, to na tym dystansie w cyklu mieszanym przy znacznej liczbie rozruchów silnika wykonywanych w mieście, samochód zużył 1,36 litra benzyny Pb95 ze swojego 13 litrowego zbiornika. Całkowity koszt pokonania 358,7 km wyniósł 106,60 PLN, przy cenie gazu 3,69 PLN/m<sup>3</sup>. W trasie Caddy CNG zużył zaledwie 6,99 m<sup>3</sup> gazu na 100 km; koszt pokonania stu kilometrów wyniósł 25,79 PLN. Oszczędności na paliwie są, ale nie aż tak duże. W kwestii zaś zasięgu, to Caddy na gaz ziemny wypada dużo lepiej od swojego bliźniaczego modelu przygotowanego przez firmę ABT, zaopatrzonego w elektryczny układ napędowy. VW ABT e-Caddy dostał silnik elektryczny o mocy 82 kW, zasilany energią elektryczną z litowo-jonowego akumulatora o pojemności 37 kWh; auto cechują zasięg 220 kilometrów oraz prędkość maksymalna 120 km/h. Zarówno Caddy CNG Maxi, jak i ABT e-Caddy mogą zabrać ładunek o objętości 4,2 m<sup>3</sup>. Natomiast Caddy CNG ma przestrzeń ładunkową o objętości 3,2 m<sup>3</sup>, a jego ładowność równa się aż około 700 kg.

Następnie przetestowano samochód dostawczy Volkswagen e-Crafter (B. Wojtowski, 2019 a), zasilany energią elektryczną z akumulatora. Z zewnątrz wariant ten praktycznie niczym nie różni się od odpowiedników z silnikami wysokoprężnymi. Egzemplarz, który ma być wykonany jako elektryczny, musi jednak trafić do fabryki aut użytkowych VW w Hanowerze, gdzie zostanie wyposażony w elektryczny silnik synchroniczny EEM85 o mocy 100 kW i maksymalnym momencie obrotowym 290 Nm. Zostaną też zabudowane ogniwa litowo-jonowe o pojemności równej 35,8 kWh.

Zasięg e-Craftera wynosi 173 km (mierzone według normy NEDC). Należy wspomnieć, że procedura badania według normy NEDC wykonywana jest na hamowni w laboratorium. Symulowane są warunki jazdy w mieście i na trasie. Niestety, badanie w ten sposób nieco odbiega od rzeczywistości, gdyż w trakcie jazdy dochodzą opory toczenia – współczynnik tarcia – oraz opory powietrza – tzw. współczynnik CX. Dodatkowo na pojemność akumulatora wpływa temperatura zewnętrzna.

Ogólnie, delikatne obchodzenie się z pedałem przyśpieszenia (potencjometrem) w ruchu miejskim zaowocowało zasięgiem nawet do 160 kilometrów, ale przy wyłączonej klimatyzacji.

Samochód z włączoną klimatyzacją w ruchu miejskim jest w stanie przebyć 140 kilometrów. Prędkość maksymalna – ograniczona do 90 km/h – zmusza kierowcę w trasie do trzymania się prawego pasa. Poza miastem przy naładowanych do pełna akumulatorach pojazd mógł pokonać około 120 kilometrów. Na stacji ładowania prądem stałym za pomocą złącza CCS w ciągu 45 min da się go naładować do 85% pojemności akumulatorów. Z przeprowadzonego testu wynika, że nie warto pojazdu doładowywać „do pełna”, bo trwa to za długo. Lepsze rozwiązanie stanowi tzw. pełne ładowanie. Z jednofazowego gniazdka elektrycznego prądu przemiennego 230V akumulator samochodu ładuje się przez 17 godz. Można zaprogramować godziny, w jakich e-Crafter podpięty do sieci elektrycznej ma się ładować. Natomiast z Wallboxa ładuje się około 5 godz. Dodatkowym atutem elektrycznego Craftera są darmowe miejsca do parkowania w centrach miast czy możliwość poruszania się buspasem. Sieć elektrycznych ładowarek coraz gęściej pokrywa Polskę, ale stacji szybkiego ładowania wciąż jest za mało. Najbardziej pożądane są te darmowe.

W obszarze ładowności przestrzeń ładunkowa jest trochę mniejsza niż w „zwykłym” Crafterze; wysokość przestrzeni ładunkowej e-Craftera od Craftera z silnikiem diesla różni się o 10 cm; z 11,3 m<sup>3</sup> zostaje 10,7 m<sup>3</sup> objętości przestrzeni ładunkowej. Samochód wyróżnia ładowność na poziomie 1000 kg. Po wykonaniu zabudowy zmniejszy się do około 956 kg. e-Crafter mógłby przewieźć wiele więcej ładunku, ale wtedy nie będzie mieścił się w przestrzeni prawnej naszego kraju, dopuszczalną masę całkowitą określającą na 3500 kg. Należy dodać, że załadowany do dopuszczalnej masy całkowitej e-Crafter rozpędza się tak samo szybko, jak wersja z jednostką wysokoprężną, nie tracąc przy tym wiele więcej energii.

Na tę chwilę e-Crafter to ciekawa, poważna alternatywa dla aut dostawczych napędzanych silnikami diesla, lecz jego mobilność ogranicza słabo rozwinięta sieć ładowarek elektrycznych (Wojtowski, 2019b).

**Tabela 1. Analiza materiałów USK dotycząca samochodów do DMC 3500 kg**

	Diesel	Napęd elektryczny
Koszt Zakupu	100000	360000
Liczba lat	6	6
Liczba km na mc	3500	3500
Zużycie paliwa na 100 km	15 L	
Koszt litra paliwa	5	
Zużycie energii na 100 km		25,9 kWh
Koszt paliwa mc	2400	1300
Amortyzacja mc	1400	5000
Koszt 1 kWh		1,49
Koszty serwisowe mc	200	bd
Inne koszty		ładowarka

Źródło: opracowanie własne.



Na podstawie przeprowadzonych testów da się sformułować następujące wnioski o charakterze decyzyjno-operacyjnym (Wojtowski, 2020). Aby zakup wariantu elektrycznego stał się opłacalny, jego cena, przy uwzględnieniu całkowitego kosztu eksploatacji – TCO, w tym wszelkich wydatków na eksploatację oraz odpisów amortyzacyjnych w kategorii pojazdów do 3,5 t DMC, nie powinna być większa niż 180 000 PLN. Jeśli koszty przeglądów będą niższe od wersji zasilanych olejem napędowym – przy czym aktualnie te koszty nie są znane, cenę bazową można podnieść do 190 000 PLN-maksymalnie 200000 PLN. Niemniej w tej analizie nie uwzględniono elementów mogących generować dodatkowe koszty, których jednoznaczne ustalenie jest dzisiaj trudne czy realnie wręcz niemożliwe. Są nimi:

- wzrost cen energii, którego tempo będzie wyższe niż tempo wzrostu cen oleju napędowego;
- stabilność cen akumulatorów, które okresowo podlegają wymianie na nowe;
- koszty utylizacji akumulatorów.

Do tego należy uwzględnić elementy sprzyjające oraz stanowiące zagrożenie.

Element sprzyjający to możliwość otrzymania dotacji na zakup:

- samego pojazdu;
- stacji ładowania;
- ogniw fotowoltaicznych zasilających ładowarkę przeznaczoną do ładowania pojazdu elektrycznego we własnym zakresie.

Jednocześnie do istotnych, wręcz kluczowych argumentów przy podejmowaniu decyzji o zakupie czy/i wdrożeniu do eksploatacji zalicza się:

- konieczność amortyzacji – rozliczenia kosztów inwestycji oraz późniejszych kosztów eksploatacji własnej stacji ładowania wyłącznie na użytkowane własne pojazdy, o ile nie uwzględni się opcji dopuszczenia klientów z zewnątrz;
- brak opłat recyklingowych lub takich opłat za użytkowane akumulatory po okresie eksploatacji w aucie. Teoretycznie po tzw. pierwszym życiu w pojeździe akumulatory mogą zyskać drugie życie, przykładowo jako magazyn własnej zapasowej energii dla szpitala. Jednak trzeba pamiętać, że tego rodzaju technologia znajduje się dopiero w fazie prób i trudno dzisiaj oszacować koszty związane z jej wprowadzeniem;
- brak możliwości korzystnej odsprzedaży modelu elektrycznego nawet po zaledwie kilkuletnim okresie eksploatacji – tzw. wartość rezydualna może się kształtować na poziomie zdecydowanie niższym niż wartość tradycyjnych odpowiedników o takim samym stanie technicznym, wieku oraz przebiegu. Innymi słowy nikt nie nabędzie 6-7-letniego pojazdu elektrycznego nawet

o księgowej wartości "zero", jeśli będzie musiał nabyć do niego akumulatory o wartości 100000-150000 PLN, czyli wartości nowego, dobrze wyposażonego tradycyjnego wariantu;

- koszt zakupu APU (Auxiliary Power Unit) – koniecznej spalinowej napędowej jednostki pomocniczej, funkcjonującej jako tzw. zwiększacz zasięgu – range extender – lub/i dodatkowe pokładowe zapasowe źródło energii.

Należy też zwrócić uwagę na specyficzne uwarunkowania występujące w przewozach uprzywilejowanych, negatywnie oddziałujące na decyzje o zakupie aut w wersji elektrycznej, ale w tradycyjnej eksploatacji stanowiące argument sprzyjający ich zakupowi. Jako przykład należy wymienić możliwość wjazdu do stref ograniczonego ruchu czy nawet stref z zakazem ruchu, możliwość poruszania się po buspasach oraz swobodnego poruszania się w godzinach wieczornych, nocnych i porannych. Czynniki te – jak wiadomo – odgrywają ważną rolę dla typowych użytkowników, lecz w przypadku pojazdów uprzywilejowanych takie korzyści nie występują.

**Tabela 2. Analiza materiałów USK dotycząca samochodów do DMC 3500 kg**

	Diesel	Napęd elektryczny	CNG
Koszt Zakupu	80000	140000	92000
Liczba lat	6	6	6
Liczba km na mc		2500	
Zużycie paliwa na 100 km	10		
Koszt litra paliwa	5		
Zużycie energii na 100 km		6,3	
Koszt paliwa mc	1250	280	650
Amortyzacja mc	1100	2000	1270
Zużycie energii	5L	1,49kWh	3,32 m <sup>3</sup>
Koszty serwisowe mc		bd	bd
Możliwe dotacje		30%	30%
Inne koszty		ładowarka	

Źródło: materiały wewnętrzne USK.

Porównanie samochodów z napędem tradycyjnym oraz z napędem alternatywnym i na paliwa alternatywne skłania do wyciągnięcia następującego wniosku: nieopłacalny okazuje się zakup wersji o dopuszczalnej masie całkowitej 3500 kg, ze względu na bardzo wysoką cenę wyjściową modelu z w pełni elektrycznym zespołem napędowym. W przeprowadzonych testach wykazano bowiem, że wysokie koszty zakupu tego pojazdu, aż o 280% przekraczające koszty nabycia odpowiednika z silnikiem wysokoprężnym, powodują, iż koszty amortyzacji są na tyle wysokie, że nie kompensują ich niższe koszty zużycia energii w porównaniu z miesięcznym zużyciem paliwa. Należy zaznaczyć, że, ze względu na bardzo małą liczbę egzemplarzy z napędem elektrycznym, nie są znane koszty serwisowania takich aut, natomiast w odniesieniu do wersji tradycyjnych są one

w pełni rozpoznane. Nie zmienia to jednak faktu, że jeżeli nawet koszty te staną się niższe, w analizie nie będzie to stanowiło ważnego elementu. Różnica w kosztach serwisowania może się mieścić w przedziale 10 000-15 000 PLN. Ponadto przeprowadzona symulacja wykazała, przy uwzględnieniu podanych kosztów, że maksymalna cena wersji elektrycznej pojazdu dostawczego o dopuszczalnej masie całkowitej 3500 kg musiałaby wynosić około 180 000 PLN, aby pojazd ten był kosztowo konkurencyjny w stosunku do auta – odpowiednika wyposażonego w silnik wysokoprężny. W przypadku wersji zasilanych gazem CNG nie istniała jeszcze możliwość porównania, ponieważ w momencie wykonywania testów nie były one dostępne na polskim rynku.

Zdecydowanie o wiele ciekawsze są wnioski z analizy lekkich samochodów o dopuszczalnej masie całkowitej do 1500 kg. Porównano tu już trzy odmiany różniące się napędem czy paliwem: odmianę z tradycyjnym spalinowym silnikiem wysokoprężnym, odmianę dwupaliwową – z CNG i benzyną, czyli odmianę na sprężony gaz ziemny i benzynę, oraz odmianę w pełni elektryczną. Nawet bez dotacji do kosztów energii (kosztów paliwa) wersja w pełni elektryczna zaczyna być konkurencyjna w porównaniu z wykonaniem z silnikiem Diesla. Taki samochód bazowo jest droższy o około 80%, a nie o 280% – jak w przypadku odmian cięższych, o dopuszczalnej masie 3500 kg. Dzięki temu koszty stają się porównywalne, gdyż wyższe odpisy amortyzacyjne są kompensowane niższymi nakładami na energię w porównaniu z wydatkami na olej napędowy. Argumentem przemawiającym za zakupem wersji elektrycznej jest także możliwość otrzymania dotacji. Należy więc wskazać, że otrzymanie dotacji na tego typu samochód jeszcze zwiększy jego atrakcyjność.

Przy tym wersja CNG ma koszty porównywalne z wersją z jednostką wysokoprężną. Ze względu na to, że w niej stosuje się paliwo alternatywne, istnieje też możliwość uzyskania dotacji. W takiej sytuacji, po otrzymaniu dotacji, wersja na gaz CNG pod względem ekonomicznym staje się opłacalna. Świadczy to, że na aktualnym etapie zakup do obsługi szpitala pojazdu w pełni elektrycznego o DMC do 3500 kg nie ma uzasadnienia ekonomicznego, nawet przy hipotetycznej możliwości uzyskania dotacji, gdyż wartość tej subwencji musiałaby wynosić około 200 000 PLN, czyli 60% kosztu zakupu auta. Tak wysokie dotacje nie są w Polsce – jak dotychczas – dostępne. Całkowicie inaczej wygląda kwestia zakupu lekkich wariantów na paliwa alternatywne czy z alternatywnymi zespołami napędowymi, tzn. samochodów elektrycznych o DMC do 1500 kg. Jak wskazano, ich zakup wykazuje już sens bez uzyskania dotacji. Otrzymanie dotacji jeszcze mocniej uzasadni ich zakup. Jednak z punktu widzenia nabywających określone rozwiązanie zawsze musi wykazywać opłacalność ekonomiczną. Wskazana byłaby opłacalność naturalna, tzn. bez dodatkowych form wsparcia. Wówczas wykorzystanie tego typu środków transportu, opierających się na zasilaniu paliwami alternatywnymi czy zaopatrzonych w alternatywne zespoły

napędowe, byłoby co najmniej porównywalne z kosztami zakupu odpowiedników zaopatrzonych w silniki na olej napędowy. Oczywiście ważnymi elementami potencjalnego wyboru są tzw. skłonność proekologiczna społeczeństw – odbiorców do płacenia więcej za eksploatację i domniemana zgoda na niewykazywanie w pełni przez te środki transportu opłacalności ekonomicznej.

## **Badanie 2**

Kolejne testy zespół badawczy przeprowadził w Legnicy i we Wrocławiu. Były to próby samochodu Gazella Next na gaz LPG i benzynę (Jazdy próbno-testowe..., 2020).

W przypadku Legnicy<sup>1</sup> sprawdzian w/w auta dostawczego odbywał się w doświadczonej firmie kurierskiej Transborg, Wojciech Tutaj, z Taczalina koło Legnicy w dniach 10.08-28.08.2020 roku. Drogowe warunki testu nie odbiegały od typowych w tym segmencie transportu, w tym regionie i w tej wielkości przedsiębiorstwie. Częstotliwość start-stop silnika (średnio 65 dziennie) także była modelowa. Średni dzienny przebieg, wynoszący 242 km, był nieco wyższy od spodziewanego, ale wynikał z rozproszenia punktów dostawy wzdłuż dróg szybkiego ruchu. Poza tym, w polskich realiach, gdzie jedynie kilka aglomeracji miejskich tworzy stricte metropolitalne warunki pracy, trudno oczekiwać wyłącznie miejskiego charakteru pracy pojazdu. Testowany pojazd operował w obszarze średniego zagęszczenia punktów dystrybucyjnych i na maksymalnej granicy regionów dystrybucyjnych operatorów logistycznych (oscylujących w promieniu maksymalnie 100 km od miejsca załadunku). Średnia masa dziennego załadunku wynosiła 745 kg, a maksymalna 1200 kg.

Testowany pojazd pracował przy optymalnym obciążeniu. Dodatkowy wydatek energetyczny związany był z pracą klimatyzacji. W okresie testów średnia temperatura powietrza w ciągu dnia wynosiła 24°C, co nie było wartością szczytową dla tego okresu i tego regionu testów. Pojazd pracował wyłącznie na paliwie gazowym LPG, którego zużycie – w kilku porównywalnych przypadkach na tej samej trasie i z podobnym ładunkiem – wynosiło mniej więcej dwukrotność zużycia oleju napędowego. Średnie zużycie LPG wynosiło 21,06 l/100km. Z zestawienia porównywalnych tras i ładunków wynika, że średni koszt kilometra okazał się o 6% wyższy w przypadku zasilania paliwem LPG – jednak jest to wartość zależna od ceny paliw i może się zmieniać w zależności od wahań rynku. Z drugiej strony, ta różnica nie zalicza się do na tyle dużych, aby stała się czynnikiem decyzyjnym przy wyborze silnika wysokoprężnego czy zasilanego LPG. Niemniej, biorąc pod uwagę cieplejsze lata, ładunki bardziej wyczerpujące ładowność oraz podgórskie i górskie trasy, należy się spodziewać zdecydowanie wyższej konsumpcji paliwa. Również podczas większej kongestii w ruchu miejskim zużycie paliwa LPG wzrośnie. Oczywiście,

---

<sup>1</sup> Przygotował inż. Grzegorz Teperek.

są to prognozy, ale wręcz idealne warunki drogowe w trakcie testu i niewielka różnica w kosztach ON-LPG studzą optymizm. Za to nie widać obaw o eksploatację w okresie zimniejszej części roku. Od lat temperatury jesienno-zimowe nie są tak niskie, jak w minionych dekadach, dlatego nie należy spodziewać się wzrostu zużycia paliwa, związanego z dłuższym okresem rozgrzewania silnika. W trakcie testu ujawniły się wady i zalety funkcjonalne pojazdu.

Następnie testy tego samego wykonania Gazella NEXT VAN benzynowo-gazowy odbyły się w Uniwersyteckim Szpitalu Klinicznym (USK) we Wrocławiu. Sprawdzającymi byli pracownicy działu logistyki tego szpitala. Testy podlegające ocenie przeprowadzono w dniach od 9 do 25 września 2020 roku na terenie miasta Wrocław. Jazdy odbywały się w klasycznym aglomeracyjnym ruchu miejskim na dwie zmiany – zmiana pierwsza w godzinach 6-14 i zmiana druga w godzinach 14-22. Ponieważ niezależnie od pory dnia jazdy odbywały się po tej samej trasie, istniała możliwość sprawdzenia m.in. zużycia paliwa przy innym natężeniu ruchu – pierwsza zmiana operowała samochodem przy bardzo dużym natężeniu ruchu, w godzinach szczytu, z dużą liczbą operacji start stop, podczas gdy zmiana druga przy zdecydowanie mniejszym natężeniu ruchu, szczególnie po godzinach 19-20. Dobrze powyższe obrazuje właśnie liczba operacji start-stop, dla pierwszej zmiany średnia i mediana wynosiły około 29, natomiast w przypadku zmiany drugiej zdarzały się przejazdy z bardzo małą liczbą zatrzymań – nawet zaledwie 4, 6, 7 i 8.

Poza tym przebieg pojazdu w momencie przejścia go przez USK w dniu 9 września wynosił 3726 km, a na koniec okresu sprawdzanego w dniu 25 września 4511 kilometrów. W trakcie prób pojazd pokonał 785 km. Wykorzystywano go na dwie zmiany. Przebiegi na zmianie zawierały się w zakresie od 14 do 43 km, ale po wykluczeniu tych wartości skrajnych o charakterze jednostkowym można uznać, że rzeczony przebiegi zawierały się w zakresie od 27 do 38 kilometrów. Powyższe daje średnią 29,57142857 km oraz medianę 29 km.

W przypadku liczby zatrzymań – operacji start stop – skrajne wartości najniższe wynoszą 4 i 6,7,8. W związku z faktem, że odbiegają one od pozostałych, nie będą uwzględniane. Inaczej prezentuje się ta sytuacja w przypadku wartości najwyższych, gdyż równały się one 20 i 22. W związku z czym średnia wynosi 14, a mediana 12,9. Natomiast przy wzięciu pod uwagę jeszcze wartości najniższych uzyskuje się 12,92.

W badanym okresie pojazd był sprawdzany na tych samych trasach na dwóch paliwach. W dniach od 9 do 17 września jako paliwo wykorzystano benzynę, z kolei od 18 do 23 września wykorzystywano gaz LPG. Średnie zużycie benzyny w omawianym okresie wynosiło od 21,7 litra na 100 km przy spokojnej jeździe przy mniejszym zatłoczeniu, do 23.8 litra na 100 km przy większym natężeniu ruchu i wobec tego większej liczbie operacji start stop. Ponadto kierowcy nie używali klimatyzacji, dodatkowo negatywnie wpływającej na zużycie paliwa. W momencie

przejścia na paliwo gazowe przebieg wynosił 4203 km, a na końcu okresu pomiarowego dla gazu – w dniu 23 września – 4421 km. Odczyt zatankowanego gazu dokonano w tym dniu przed zatankowaniem – ilość gazu w zbiorniku równała się wtedy 10 litrów. Do tego kierujący zaczęli używać klimatyzacji, lecz ze względu na warunki temperaturowe nie musieli tego robić zbyt często, szczególnie w godzinach porannych i wieczornych. Samo zużycie LPG bardzo silnie zależało jednak od warunków eksploatacji samochodu podczas jazdy. W godzinach szczytu w ruchu miejskim zużycie gazu dochodziło nawet do 32 litrów na 100 km, a wręcz przekroczyło tę wartość – 32,1 litrów na 100 km. Natomiast na tej samej trasie, tylko pokonywanej nie w godzinach porannego i południowego szczytu, średnie zużycie gazu określono na 23,6 litrów na 100 km. Powyższe świadczy o tym, że pojazd okazuje się bardzo czuły na zmienne warunki eksploatacyjne. Na podstawie uzyskanych danych z pomiarów opłacalność dla poszczególnych paliw – koszt bezwzględny przejechania 100 km – kształtuje się na następującym poziomie:

- benzyna 21,7 l/100 km x 4,46 PLN/l = 96,78 PLN;
- benzyna 23,8 l/100 km x 4,46 PLN/l = 104,72 PLN;
- gaz 23,6 l/100km x 2,05 PLN/l = 48,38 PLN;
- gaz 32,1 l/100km x 2,05 PLN/l = 65,8 PLN.

Na tych samych trasach i z tym samym ładunkiem oraz prowadzone przez te same załogi pojazdy referencyjne z silnikiem wysokoprężnym spalały średnio od 12 do 14 litrów na 100 km. Daje to koszt przejechania 100 km w wysokościach:

- olej napędowy 12 l/100 km x 4,41 PLN/l = 52,9 PLN;
- olej napędowy 14 l/100 km x 4,41 PLN/l = 61,74 PLN.

**Tabela 3. Porównanie wielkości zużycia i kosztów poszczególnych rodzajów paliw w trakcie testów we Wrocławiu**

Zużycie paliwa we Wrocławiu	Benzyny poza szczytem	Gazu poza szczytem	Oleju napędowego poza szczytem	Benzyny w szczycie	Gazu w szczycie	Oleju napędowego w szczycie
W litrach na 100 kilometrów	21,7 l	23,6 l	12 l	23,8 l	32,1 l	14 l
Koszt przejechania 100 km w PLN	96,78 PLN	48,38 PLN	52,90 PLN	104,72 PLN	65,80 PLN	61,74 PLN
Cena za litr	4,46 zł	2,05	4,41	4,46 zł	2,05	4,41

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych pozyskanych w trakcie badań.

Powyższa analiza porównawcza skłania do sformułowania następujących wniosków:

1. W przypadku niskiego natężenia ruchu opłacalne jest użycie paliwa gazowego, gdyż różnica w kosztach wynosi około 9% na korzyść paliwa gazowego.
2. W przypadku dużego natężenia ruchu wskazane jest użytkowanie odmiany z silnikiem

wysokoprężnym, gdyż koszty eksploatacji porównywalnego pojazdu z silnikiem wysokoprężnym są niższe o 6,1 %.

Jednocześnie wyliczenia kosztów dokonano wyłącznie na podstawie zużycia paliwa przez analogiczny model z silnikiem wysokoprężnym oraz badany pojazd w trybach jazdy na benzynie i gazie. Niemniej, pełne porównanie kosztów wymaga uwzględnienia wielu czynników, które nie są możliwe do rzetelnego wzięcia pod uwagę bez przeprowadzenia długotrwałego testu, uzyskania koniecznych danych od przedstawiciela – sprzedającego czy/i uzyskania informacji na temat przyszłej polityki władz krajowych i samorządowych w odniesieniu do transportu miejskiego/pojazdów ekologicznych. Tymi czynnikami są m.in.:

- wymagane przebiegi między przeglądami – stosunek przebiegu dla wersji benzynowo-gazowej do wersji z silnikiem wysokoprężnym;
- koszt pojedynczego przeglądu – stosunek kosztu przeglądu wersji benzynowo-gazowej do odpowiedniej wersji z silnikiem wysokoprężnym;
- wartość rezydualna wersji benzynowo-gazowej do wartości rezydualnej wersji z silnikiem wysokoprężnym dla okresów referencyjnych – 3-4, 7 i 10 lat;
- istnienie rynku wtórnego na wersje benzynowo-gazowe po okresach 6 i 10 lat;
- różnica w cenie między wersją z silnikiem wysokoprężnym a silnikiem benzynowo-gazowym;
- inne elementy o charakterze tzw. twardym – są to przykładowo możliwość wjazdu do stref zakazanych dla aut z jednostkami wysokoprężnymi, możliwość w ogóle wjazdu przykładowo do ścisłych centrów miast, możliwość korzystania z bus - pasów, możliwość wykonywania zadań przewozowych w godzinach porannych bądź wieczornych, ze względu na nieco niższy poziom hałasu notowany przez jednostki gazowe.
- wysokość płaconych podatków, możliwość uzyskania ulg na zakup i eksploatację.

W takim układzie, na tym etapie rozwoju rodzimego rynku, jednym z kluczowych argumentów przemawiających za zakupem odmiany benzynowo-gazowej wciąż pozostają koszty jej nabycia i ogólnie koszty TCO. W tym kontekście niezwykle ważnymi w pierwszym rzędzie będą cena nabycia pojazdu oraz oszczędności wygenerowane dzięki użyciu paliwa gazowego – tzn. całkowity koszt przejechania danego odcinka (100 km) na oleju napędowym i gazie. Przy obecnych średnich cenach zakupu oleju napędowego 4,41 PLN/1 litr i gazu 2,05 PLN/1 litr oraz zużyciu obu tych paliw – olej napędowy 12-14 l/100 km, gaz 24-32 l/100 km, okazuje się, że przy dużym natężeniu ruchu i załadowanym samochodzie zarówno dla rozpatrywanego przypadku w Legnicy, jak i we Wrocławiu, koszt przejechania 100 km na gazie był o ponad 6% wyższy niż na oleju napędowym. Tymczasem sytuacja w tej materii powinna się kształtować kompletnie odwrotnie.

Tym bardziej, jeśli w tych rozważaniach uwzględnimy jeszcze różnicę w cenie nabycia i kwestie związane z przeglądami oraz późniejszą wartością rezydualną – w tej sferze dla wariantu benzynowo-gazowego generalnie cena nabycia i koszty przeglądu są wyższe a wartość rezydualna niższa. Dlatego na podstawie przeprowadzonych prób stwierdzono, że odmiana gazowa w naturalny sposób – bez żadnych dotacji – stanie się opłacalna bezwzględnie, gdy zużycie gazu spadnie o 10 do 15 % - a minimum o 8%. Nie zostały także ujęte takie czynniki, jak kwestia zakazu wjazdu dla odmian dieslowskich, bo w żadnym z badanych miast na tę chwilę takie strefy nie zostały wprowadzone.

### **Zakończenie**

Pojazdy na paliwa alternatywne oraz z alternatywnymi zespołami napędowymi są dzisiaj uważane za proekologiczne, tzn. emitujące mniej hałasu oraz - wyspecyfikowanych w normach i ocenianych za krytyczne - substancji szkodliwych, takich jak CO<sub>2</sub>, niż najbardziej ekologiczne odpowiedniki zasilane tradycyjnymi paliwami ciekłymi w postaci oleju napędowego i benzyny. Dlatego coraz częściej wprowadza się je do eksploatacji w miastach, szczególnie tych największych, na co dzień muszących się istotnie zmagać z takimi czynnikami znacznie obniżającymi komfort życia mieszkańców, jak hałas, zatłoczenie i zanieczyszczenie. Ponieważ w ostatnich latach zdecydowanie zaczyna zyskiwać na znaczeniu handel internetowy, wraz z tym wzrostem pojawia się immanentny wzrost zapotrzebowania na dostawy tak zamawianych produktów. Za takie dostawy odpowiadają zaś podmioty wykonujące przewozy na tzw. ostatniej mili. W związku z tym to, jakiego taboru używają do realizacji tych dostaw, odgrywa coraz większą rolę. Tym bardziej, że większość dużych miast – metropolii dąży do wdrażania idei tzw. miasta zielonego i inteligentnego (bystro-inteligentnego), czyli miasta ukierunkowanego na wzrost standardu życia ich mieszkańców bez obciążania przyszłych pokoleń w układach ekonomicznym (poprzez dług), ekologicznym (poprzez zanieczyszczenie i zniszczenie przyrody) i obszarowym (poprzez zabieranie coraz większych terenów na budynki i budowle oraz składowe infrastruktury kosztem terenów zielonych).

W takim układzie zespół badawczy przetestował i ocenił, czy dzisiaj w polskich warunkach wykazuje sens ekonomiczny – tzw. naturalną opłacalność ekonomiczną – wdrażanie w ramach dostaw ostatniej mili – zaopatrzeniowych dla szpitala i klasycznych dostaw kurierskich – dwóch typów pojazdów klasyfikowanych jako proekologiczne: gazowych (de facto benzynowo-gazowych) oraz w pełni elektrycznych.

Wykonane badania skłaniają do sformułowania wniosków końcowych. Przede wszystkim dla wersji elektrycznej okres eksploatacji, określony na sześć lat, został celowo wybrany, gdyż właśnie



te sześć lat to okres, który same koncerny dają sobie na wykreowanie rynku na tabor tego rodzaju, również przy wydatnym wsparciu władz. Jeżeli rynek ten nie zostanie wykreowany w ciągu sześciu lat, na tym etapie warianty elektryczne mogą nawet zostać wycofane z rynku. Co więcej, bez istnienia rynku wtórnego, co tzw. wartość rezydualną redukuje do zera. Tymczasem technologia gazowa jest dzisiaj technologią z wtórnym rynkiem zbytu, tzn. istnieje popyt na wersje gazowe na rynku wtórnym. Do tego tzw. naturalne koszty eksploatacji kształtują się na akceptowalnym poziomie. Poza tym należy postawić bardzo istotną tezę – we wdrażaniu technologii paliw i napędów alternatywnych powinno się mówić o funkcjonowaniu operatorów logistycznych nie tylko w metropoliach. Część z nich mianowicie używa dokładnie tych sam aut do obsługi klientów w miastach, jak i poza nimi. Niemniej na obecnym etapie technologia elektryczna – ze względu na to, że jest technologią drogą – pozostaje technologią dla metropolii oraz dla bardzo bogatych miast z dużymi strumieniami przesyłu dóbr. Tzn. tylko w takich ośrodkach znajdują się podmioty chętne zainwestować w tabor tego rodzaju. W rezultacie, jeśli obecnie używają tych samych rodzajów aut do obsługi miast i obszarów podmiejskich, w przyszłości innymi samochodami będą jeździć w bogatych ośrodkach stawiających na ekologię, a innymi na obszarach podmiejskich, co oczywiście automatycznie ograniczy elastyczność ich funkcjonowania. To zróżnicowanie będzie m.in. wynikać z szeregu czynników natury czysto eksploatacyjnej – w takim układzie inaczej prezentuje się już kwestia wdrażania odmian elektrycznych w momencie, gdy rozpatruje się miasta małe czy regiony wiejskie. Wówczas:

- po pierwsze nie ma tak często – takiej liczby operacji start&stop;
- po drugie będą problemy z zasilaniem – ładowarkami;
- po trzecie nie istnieje taka realna presja na ekologię;
- po czwarte klienci nie zapłacą za usługę więcej i należy o tym bezwzględnie pamiętać.

Ogólnie na obszarach podmiejskich i wiejskich kurier jadący jakimkolwiek samochodem, w tym elektrycznym, który szczególnie gdy przyjeżdża do punktu B2B/biura i przewozi x przesyłek do jednego miejsca, nie zatrzymuje się kilkadziesiąt razy. Gdy obsługuje przy tym małe miasto, a nie duże tzw. blokowiska, zasięg samochodu elektrycznego może okazać się problematyczny. Tymczasem model gazowy wykazuje tę przewagę nad elektrycznym, że cechuje się o wiele większym użytecznym zasięgiem. Do tego życie odmiany elektrycznej skończy się po sześciu latach użytkowania, a przy wymianie zużytych ogniw da się je wydłużyć – tzn. wydłużyć okres użytkowania – do 8-maksymalnie 10 lat. W tym okresie samochód musi także zostać zamortyzowany. Natomiast odpowiednik na gaz będzie mógł być dalej eksploatowany do momentu skończenia się legalizacji instalacji gazowej. Należy jeszcze pamiętać, że silnikowa technologia

gazowa jest to technologia benzynowa i w rozpatrywanych tu silnikach gazowych zawsze można użyć drugiego paliwa w postaci właśnie benzyny. Mowa też w tym momencie nie tylko o samej ekonomice, lecz i o bezpieczeństwie strategicznym przewozu. W sytuacji, gdy dojdzie do uszkodzenia układu napędowego lub zwyczajnie zabraknie energii i nie będzie można jej doładować, przy pomocy samochodu elektrycznego usługa zwyczajnie nie zostanie wykonana. Samochód gazowy jest natomiast duo paliwowy. Jeżeli również dojdzie się do wniosku, że przy wykonywaniu takich usług silnik diesla okazuje się dość problematyczny, np. ze względu na poziom hałasu, to wtedy na dzisiaj gaz może stanowić całkiem rozsądne wyjście. O ile kurierzy w dużych miastach, szczególnie tych chcących być uważanymi za tzw. zielone, będą więc zachęceni do technologii elektrycznych, to nie należy wierzyć, że technologie te szybko trafią do powiatów i małych miejscowości. Należy mianowicie pamiętać o tym, że inaczej do kwestii elektryfikacji podchodzą klienci, którzy mają dostęp do sieci ładowarek w mieście i łatwy dojazd do serwisu, codziennie poruszają się w gęstym ruchu ulicznym oraz muszą udowadniać swoją walkę z hałasem i emisją zanieczyszczeń. Inaczej – co zresztą naturalne – zachowują się z kolei odbiorcy, którzy operują daleko od infrastruktury ładowania, na terenach bez znacznego natężenia ruchu, w dodatku cichych i ekologicznie czystszych. Nie należy ponadto wierzyć, że samochody elektryczne nie będą się psuły. Gdyby bowiem tak autentycznie miało być, ostatecznie niepotrzebna okazałaby się dobrze rozwinięta autoryzowana sieć serwisowa, na której rozwój od lat są wydatkowane niemałe sumy. Tymczasem na tę chwilę samochody z instalacją gazową przykładowo da się naprawić w dużo większej liczbie miejsc. Poza tym w przypadku samochodów z instalacją gazową mowa nie tylko o ich eksploatacji w dużych miastach oraz swoistym konkutowaniu z wydaniami zelektryfikowanymi, ale o dystrybucji i kurierach w mniejszych miejscowościach czy na obszarach wiejskich, gdzie gaz w zupełności spełnia wymagania i wykazuje zalety paliwa ekologicznego. Do tego dochodzą ważne czynniki wyboru, takie jak niższa cena zakupu typu z instalacją gazową i jego okres deprecjacji równy minimum dziesięć lat. Tym bardziej, jeżeli analizuje się model biznesowy, w którym obecnie funkcjonują wersje elektryczne, gdy koncerny – dostawcy poprzez swoje fabryczne leasingi/wynajmy kontrolują rynek i nie będą "wypuszczać" tych samochodów na zewnątrz oraz – co gorsze – samochody te będzie należało zamortyzować w okresie sześciu, ośmiu lat, głównie ze względu na ograniczoną żywotność akumulatorów. W takim układzie stawka leasingu/wynajmu będzie dosyć wysoka i bez systemu dopłat posiadanie modelu elektrycznego okaże się zwyczajnie wysoce nieopłacalne.

## Bibliografia

- Davydenko, I., Hopman, W.M.M. (2020). Effect of pick-up points and returns on CO2 emissions in last mile parcel delivery networks. TNO, <https://repository.tno.nl/islandora/object/uuid%3A69521201-d3ec-4f9f-985d-072d83077e67>.
- Bram, K. (2020). Less fragmentation and more sustainability: How to supply nanostores in urban areas more efficiently?, City Logistics 2019, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com), Elsevier B.V., *Transportation Research Procedia*, 46, 117–124.
- Materiały wewnętrzne Uniwersyteckiego Szpitala Klinicznego we Wrocławiu.
- Raport (2019). *Analiza całkowitych kosztów posiadania (TCO) dostawczego pojazdu elektrycznego oraz jego konwencjonalnego odpowiednika*, Warszawa: PSPA.
- Rozporządzenie Ministra Aktywów Państwowych z dnia 23 grudnia 2019 r. w sprawie szczegółowych kryteriów wyboru projektów do udzielenia wsparcia ze środków Funduszu Niskoemisyjnego Transportu, Dz.U. 2019 poz. 2526.
- Wojtowski B. (2020). Zastosowanie samochodów z alternatywnymi systemami napędowymi lub zasilanych alternatywnymi paliwami w zabezpieczeniu potrzeb transportowych szpitala. *Debiuty Studenckie, seria Logistyka i Transport*, Wrocław: Wyd. UE.
- Wojtowski, B. (2019a). Volkswagen Caddy CNG. *Ciężarówki i autobusy*, nr 3-4.
- Wojtowski, B. (2019b). Volkswagen e-Crafter. *Ciężarówki i autobusy*, nr 11-12.
- Jazdy próbno-testowe samochodem dostawczym GAZ GAZELLA NEXT w odmianie van – furgon fabryczny z silnikiem benzynowo-gazowym, zespół badawczy – mgr inż. Bartosz Wojtowski, inż. Grzegorz Teperek, nadzór merytoryczny nad badaniami – dr hab. prof UEW Jarosław Brach, maszynopis na prawach rękopisu, Legnica-Wrocław sierpień-wrzesień 2020.