

# ZASTOSOWANIE POJAZDÓW O NAPĘDZIE ELEKTRYCZNYM W LOGISTYCE MIEJSKIEJ – SZANSE I OGRANICZENIA

Stanisław IWAN, Krzysztof MAŁECKI, Roman RYBAK

**Streszczenie:** Cele rozwoju zrównoważonego sprawiają, że coraz większego znaczenia nabiera poszukiwanie rozwiązań pozwalających na ograniczanie negatywnego wpływu systemów transportowych na środowisko. Jednym z kluczowych wyzwań jest wdrażanie koncepcji zrównoważonego transportu w miastach. Biorąc natomiast pod uwagę złożoność procesów dystrybucyjnych i ich znaczenie dla współczesnych struktur miejskich, szczególną rolę odgrywa tutaj logistyka miejska, którą należy postrzegać przede wszystkim przez pryzmat realizacji dostaw. Od kilkunastu lat w obszarze miejskiego transportu dostawczego można zaobserwować intensyfikację działań zmierzających do redukcji jego negatywnego oddziaływania na środowisko. Wśród nich istotną rolę odgrywa wdrażanie rozwiązań opartych na alternatywnych systemach napędowych. Obecnie w Unii Europejskiej skupiono uwagę na możliwościach jakie dają w tym zakresie napędy elektryczne. W artykule zaprezentowane ogólne zagadnienia dotyczące stosowania napędów elektrycznych w pojazdach samochodowych, ze szczególnym uwypukleniem pojazdów mogących znaleźć zastosowanie w logistyce miejskiej. Dokonano przeglądu obecnego stanu wiedzy a także analizy wybranych modeli pojazdów. Uwypuklono także szanse oraz ograniczenia w zakresie zastosowania elektrycznych pojazdów dostawczych w systemach logistyki miejskiej.

**Słowa kluczowe:** logistyka miejska, miejskie transport towarowy, rozwój zrównoważony, transport zrównoważony, napędy alternatywne, pojazdy elektryczne, elektryczne pojazdy dostawcze

## 1. Tytuł rozdziału

Jednym z głównych problemów średnich i dużych aglomeracji miejskich jest emisja zanieczyszczeń pochodzenia antropogenicznego do atmosfery [29], a kluczowym emitentem w tym zakresie jest transport miejski rozpatrywany, ze względu na swój charakter, jako źródło emisji liniowej [20, 41]. Poza emisją dwutlenku węgla wzrost liczby samochodów prowadzi do wzrostu emisji drobnego pyłu zanieczyszczającego powietrze w wyniku ścierania się okładzin hamulcowych [37], opon [6, 56] oraz nawierzchni jezdni [26], natomiast zużycie paliw nieodnawialnych przekłada się bezpośrednio na stopień zanieczyszczenia otoczenia [52] i obejmuje emisję: tlenku węgla (CO), tlenków azotu (NOx), dwutlenku siarki (SO<sub>2</sub>), węglowodorów (CH<sub>x</sub>, w tym wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych – WWA), dioksyn oraz benzenu, a także cząstek stałych PM (przede wszystkim węgla, kadmu, cynku, niklu, platyny i chromu) [10, 21].

Od lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku można zauważyć wzrost zainteresowania alternatywnymi napędami samochodów [4, 34]. Działania na rzecz wprowadzenia nowych technologii zostały wymuszone kryzysami paliwowymi [47]: w 1973 r. i krótko po nim, następnym w latach 1979 – 1982 i w 1990 r. Efektem tych działań było powstanie alternatywnych napędów samochodów, takich jak napęd gazowy (LPG i CNG) [14, 35],

technologie wodorowe [49] oraz napęd elektryczny [2]. Szczególną przydatność w tym zakresie wykazują pojazdy elektryczne (Electric Vehicles – EV), które oprócz tego, że produkują mniej zanieczyszczeń to dodatkowo charakteryzują się cichszą pracą [42]. Biorąc pod uwagę występujące coraz częściej ograniczenia w zakresie poruszania się pojazdów oraz nakładane przez samorządy podatki i opłaty, ich zastosowanie może przyczynić się do obniżenia kosztów realizacji dostaw na terenie miast, które sięgają nawet 40% całkowitych kosztów transportu [40].

Szczególnie wyraźny „ślad ekologiczny” w otoczeniu miejskim pozostawia miejski towarowy transport [38]. W logistykę miejską zaangażowane są różne podmioty, często mające sprzeczne interesy, co zwiększa trudności we wdrażaniu rozwiązań ekologicznych w tym obszarze [60]. Crainic et al. [9] twierdzi, że jest to związane głównie z prywatnym charakterem miejskiego sektora transportu towarowego. Prywatni przewoźnicy często w mniejszym stopniu zwracają uwagę na generowanie negatywnych skutków, z których najważniejsze to hałas, zanieczyszczenia środowiska, niebezpieczne sytuacje drogowe i pogorszenie stanu infrastruktury miast [44]. Dobrym przykładem są problemy w utrzymaniu centrów konsolidacyjnych, których działalność nie jest często kontynuowana po zakończeniu projektu wspomagającego ich utworzenie i rozruch [61]. Powodem tego jest, w znacznym stopniu, rozbieżność interesów w ramach partnerstw prywatno-publicznych.

Choć władze lokalne i mieszkańcy najbardziej odczuwają negatywne skutki miejskiego transportu towarowego, to zwiększenie stabilności rozwiązań je redukujących leży w dużej mierze w zakresie wpływów i działania firm prywatnych. Dabłanc określa to jako źle zorganizowany system logistyki miejskiej – przewoźnicy przy dostawie towarów dostosowują się do nałożonych ograniczeń, ale z punktu widzenia miast dostawy mogłyby być znacznie bardziej optymalne względem ich przeznaczenia, co zmniejszyłoby tym samym liczbę pojazdów wjeżdżających do miasta [11].

Z tego też względu problematyka funkcjonowania logistyki miejskiej w kontekście jej oddziaływania na środowisko stała się w ostatnich latach kluczowym wyzwaniem dla wszystkich grup interesariuszy zaangażowanych w realizację miejskich przewozów towarowych [17; 28; 51]. Pojawiło się wiele inicjatyw, w tym projektów międzynarodowych, ukierunkowanych bezpośrednio na te aspekty: BestUFS [3], TRAILBLAZER [58], SUGAR [54], C-LIEGE [7], STRAIGHTSOL [53], COFRET [8], GRASS [19].

W ostatnich latach rośnie jednak zainteresowanie wykorzystywaniem w logistyce miejskiej pojazdów o napędach alternatywnych, w tym wyposażonych w elektryczne systemy napędowe [45]. Jednym z pierwszych projektów dotyczących badania możliwości wykorzystania pojazdów elektrycznych w miejskim transporcie towarowym był projekt ELCIDIS – Electric Vehicle City Distribution [62]. Koszty zakupu pojazdów elektrycznych są jednak nadal postrzegane jako istotna bariera dla powszechnego ich wdrażania. Dodatkowo istotną trudność sprawia taki dobór pojazdów, aby ich parametry eksploatacyjne były w stanie zaspokoić potrzeby wynikające z realizowanych za ich pomocą procesów logistycznych. Kluczowe staje się zatem optymalizowanie floty transportowej, przy uwzględnieniu wielokryterialnej oceny korzyści.

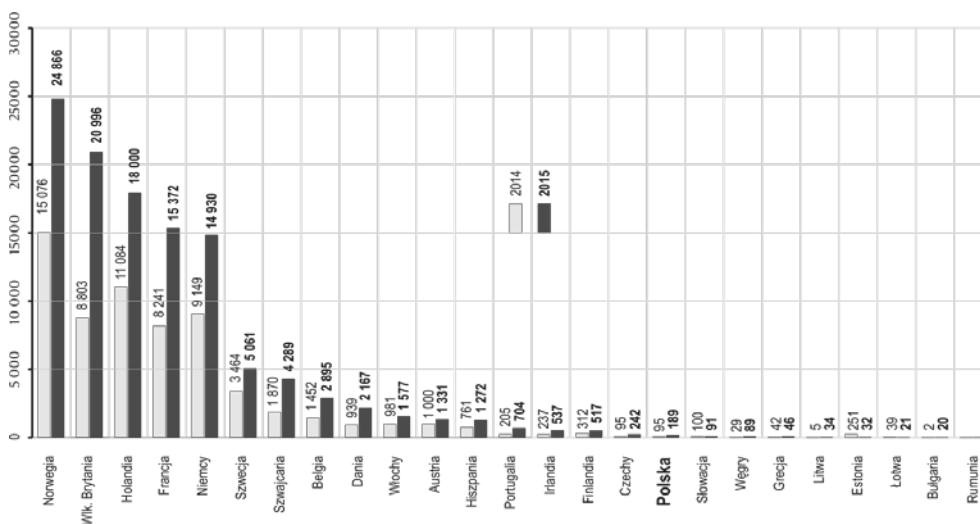
Polityka transportowa Unii Europejskiej zakłada – zgodnie z zamierzeniami umieszczonymi w Białej Księdze – ograniczenie ilości samochodów z napędem spalinowym do 50% w roku 2030, a ich całkowite wycofanie do roku 2060 [16]. Pomimo tego, że segment samochodów elektrycznych nie posiada jeszcze znaczącego udziału na europejskim rynku sprzedaży samochodów, to nie sposób nie zauważyć szybkiego i

ciągłego wzrostu ilości sprzedawanych samochodów elektrycznych [40]. Niewątpliwie, ważnym czynnikiem wspierającym rozwój pojazdów elektrycznych i ich wdrażanie do codziennego życia jest odpowiednie nastawienie instytucji państwowych i decydentów tworzących dyrektwy [5].

## 2. Wykorzystywanie napędów elektrycznych w transporcie drogowym

Obecnie, według raportu amerykańskiej firmy analitycznej IHS Automotive, w większości krajów na świecie udział rejestrowanych samochodów elektrycznych i hybrydowych nie przekracza 1% [63]. Ich ilość jednak rośnie w szybkim tempie. Potwierdzają to coroczne statystyki. Międzynarodowa agencja badawcza Navigant Research prognozuje, że do roku 2023 udział samochodów elektrycznych na rynku sprzedawanych samochodów na świecie wyniesie 2,4% [64].

Zgodnie z analizami wykonanymi przez brytyjską firmę badawczą Frost&Sullivan najszybciej rozwijającymi się rynkami zbytu samochodów elektrycznych są Europa i Chiny, a liczba tych samochodów na światowych drogach w ciągu najbliższych 5 lat ma zbliżyć się do 10 mln [48]. Do państw pozaeuropejskich, poza Chinami, największe zainteresowanie samochodami elektrycznymi występuje m.in.: w Stanach Zjednoczonych i w Japonii. Są to państwa, które stały się liderami w rozwoju e-motoryzacji. W Europie dopiero od kilku lat notuje się istotny wzrost sprzedaży samochodów elektrycznych. Podczas gdy w 2009 roku sprzedano ich zaledwie 700, to już w 2015 zarejestrowano ponad 75 tys. EV. Zdecydowanymi liderami pod względem ilości zakupionych samochodów elektrycznych w Europie są: Norwegia, Francja, Niemcy i Wielka Brytania (Rys. 1). W Norwegii, w I kwartale 2015 roku, ok. 33% rejestrowanych samochodów posiadało napęd elektryczny [48].



Rys. 1. Liczba zarejestrowanych EV w Europie w latach 2014 oraz 2015.

Źródło: opracowanie własne na podstawie [www.samochoध्येlektryczne.org](http://www.samochoध्येlektryczne.org)

Jednym z ważnych argumentów przemawiających za wprowadzeniem e-transportu jest nie tylko ekologia, ale także względy ekonomiczne. Energia elektryczna niezbędna do

naładowania akumulatorów trakcyjnych jest ponad 6 razy tańsza niż paliwo spalane przez samochody z silnikami spalinowymi, zakładając podobne przebiegi tych samochodów. Niższe są również koszty ubezpieczenia i serwisowania. Napęd elektryczny jest nie tylko bardziej ekologiczny, ale również jest prostszy i mniej awaryjny niż spalinowy. Pomimo wyższej ceny samochodów elektrycznych, koszty utrzymania dużych flot firmowych bazujących na nich, w stosunku do tradycyjnych, mogą być niższe nawet o kilkadziesiąt procent. Warunkiem niezbędnym dla wprowadzenia e-mobilności jest jednak istnienie dobrze zbudowanej i zarządzanej infrastruktury ładowania EV [48].

### 3. Przykłady zastosowań pojazdów elektrycznych w logistyce miejskiej

Ruch generowany przez transport przewożący towary to od 20% do 30% kilometrów realizowanych przez pojazdy na obszarach miejskich oraz od 16% a 50% zanieczyszczeń powietrza przez wszystkie rodzaje transportu [11, 59]. Wydawać by się mogło, że najlepszym rozwiązaniem jest zmiana floty na pojazdy elektryczne. Niestety, przewoźnicy i kierowcy mają negatywne doświadczenia w tym zakresie. Zwracają przede wszystkim uwagę na mniejszą (w stosunku do pojazdów konwencjonalnych) wydajność pojazdów względem zasięgu, prędkości i przyspieszenia oraz dużą zawodność [25]. Wiele badań w tym zakresie podjęto już ponad 20 lat temu (np. w ramach projektów finansowanych przez UE (CIVITAS, EVD – POST) [50]. Główne wnioski dotyczyły wysokich kosztów dostarczania towarów, ograniczonej gamy modeli pojazdów, braku wsparcia w zakresie sprzedaży pojazdów i długiego czasu oczekiwania na części zamienne, niskiej wydajności akumulatorów, ograniczonych możliwości przebiegu, stosunkowo niskiej prędkości oraz ograniczonej ładowności. Krótko mówiąc, autorzy wymienionych opracowań wskazywali, że wczesne elektryczne pojazdy ciężarowe (Electric Freight Vehicles – EFV) były dalekie od doskonałości i nie były poważną alternatywą dla konwencjonalnych pojazdów w operacjach logistycznych miasta. Jednak w ostatnich latach ich parametry techniczne ulegają stopniowej poprawie. Obecnie można znaleźć wiele modeli, które w pełni zaspokajają potrzeby wynikające z realizacji procesów dostawczych w miastach (tabela 1).

Tab. 1. Zestawienie parametrów technicznych wybranych elektrycznych samochodów dostawczych.

Model	Marka	Ładowność	Prędkość max	Zasięg	Moc silnika	Czas ładowania (100%)	Czas ładowania (80%)	Pojemność baterii	Cena
		[kg]	[km/h]	[km]	[kW]	[h]	[min]	[kWh]	[tys. USD]
Berlingo Electric	Citroën	695	110	170	49	7,5	30	22,5	bd
Boulder Delivery Truck	Boulder Electric Vehicle	2700	104	160	80	8	bd	80	100
Boulder DV-500	Boulder Electric Vehicle	1400	120	160	bd	8	bd	bd	70
Ecomile	l'Moving	935	80	120	28	8	bd	14,4	51,5
Electric Delivery Van 1000	Spijkstaal Electro B.V.	830	40	118	14	bd	120	bd	Bd
EVI MD	Electric Vehicles International	3000	96	145	200	10	bd	99	120
EVI Walk-In Van	Electric Vehicles International/	2000	100	145	200	10	bd	99	bd

	Freightliner Custom Chassis Corp.									
e-NV200+	Nissan	705	120	170	80	4	30	24	25	
e-Wolf Omega 0.7	e-Wolf	613	140	180	140	8	bd	24,2	50	
Jolly 2000	l'Moving	1820	80	110	40	6	bd	38,4	74	
Kangoo Maxi Z.E.	Renault	650	130	170	44	8	bd	22	22	
MegaVan	Mega	600	60	150	bd	6	bd	bd	14,1	
Mercedes Vito E-Cell	Mercedes	900	89	130	60	6	bd	36	bd	
Mercedes-Benz Sprinter E-CELL	Mercedes	1200	80	135	100	2	bd	35,2	bd	
Minicab-MiEV Truck	Mitsubishi Motors Corp.	350	100	110	30	4,5	15	10,5	12,9	
Mitsubishi Minicab-MiEV (10,5 kWh)	Mitsubishi Motors Corp.	350	100	100	30	4,5	15	10,5	15,5	
Mitsubishi Minicab-MiEV (16kWh)	Mitsubishi Motors Corp.	350	100	150	30	7	35	16	18,7	
Modec	Modec	2000	80	160	70	8	bd	bd	32,3	
MT-EV WIV	Freightliner Custom Chassis Corp./ Morgan Olson	2000	104	160	120	7	bd	55,5	bd	
Navistar eStar	Navistar Int. Corp./ Modec	2000	80	160	70	8	bd	80	150	
Nissan e-NT400 Concept	Nissan Motor Co.	1830	90	140	80	9	60	50	bd	
Opel Vivaro e-concept	Opel	750	110	400	bd	8	bd	bd	bd	
Partner Panel Van	Peugeot	635	110	170	49	8	35	22,5	31,5	
Peugeot eBipper	Allied Electric	350	100	100	30	3	bd	20	60	
Peugeot eBoxer	Allied Electric	800	100	155	60	10,5	bd	56	85,5	
Peugeot eExpert	Allied Electric	660	105	155	60	8,5	bd	43	75	
Phoenix Motorcars SUV	Phoenix Motorcars	340	150	160	110	6	10	35	45	
Piaggio Porter electric-power	Piaggio Porter	750	57	110	10,5	8	120	bd	24,4	
Ranger EV	Ford	520	110	100	45	8	bd	30	bd	
Renault Maxity Electric	Renault Trucks/PVI	1895	70	100	47	8	bd	42	bd	
Smile	l'Moving	365	45	110	9	bd	bd	bd	21	
SEV Edison (Chassis Cab)	Smith Electric Vehicles	2500	80	150	90	7	180	bd	81	
SEV Newton	Smith Electric Vehicles US Corporation	3200	80	160	134	7	bd	bd	117,9	
Toyota EV Truck	Toyota Motor corp./ Hino Motors	1000	60	100	70	8	45	28	bd	
Transit Connect BEV	Ford/ Smith Electric Vehicles	700	121	129	50	7	bd	21	bd	
ZeroTruck	Electrorides	2800	90	160	100	12	bd	bd	bd	

Źródło: opracowanie własne na podstawie [23]

Jednym z pierwszych sukcesów wdrożenia pojazdów elektrycznych jest przypadek opisany w [55]. Dotyczył spółdzielczego wykorzystania EFV w miejskim transporcie towarowym. Projekt objął 28 elektrycznych samochodów dostawczych a dobrowolny udział zgłosiło 79 firm. W efekcie wdrożonego systemu zmniejszyła się ilość pokonywanych kilometrów, co wpłynęło na zmniejszenie zatorów. Inne wdrożenie dotyczące trzyletniego projektu opisano w [36]. Głównym celem było długofalowe dokonanie

pomiarów: zużycia paliwa i energii, zasięgu na silniku elektrycznym, właściwości jezdnych, wydajności baterii litowo-jonowych (Li-Ion) oraz ich trwałości. Zaproponowano prototyp pojazdu o równoległej architekturze napędu hybrydowego bazującego na pięciocyndrowym silniku wysokoprężnym o pojemności 2,7 litra. Elementy układu z napędem elektrycznym bazowały na 90 kW silniku z magnesami trwałymi i 15 kWh akumulatorze Li-Ion. Kolejną próbą opracowania modułowej konstrukcji dla elektrycznych lekkich ciężarówek i furgonetek (ELTVs) był projekt OPTIBODY opisany w [13]. Tym razem nowa architektura miała przyczynić się do poprawy bezpieczeństwa biernego pojazdu, w celu zmniejszenia liczby wypadków śmiertelnych i ciężkich obrażeń.

W [33] porównano elektryczne i spalinowe dostawcze pojazdy miejskie w kontekście cyklu życia, zużycia energii, emisji gazów cieplarnianych (GHG) i całkowitego kosztu posiadania (TCO). Autorzy prowadzili badania dla New York City Cycle i ustalili, że dla cyklu jazdy z częstym zatrzymywaniem się i niską średnią prędkością, pojazdy elektryczne emitują 42-61% mniej gazów cieplarnianych i zużywają 32-54% mniej energii niż samochody ciężarowe z silnikami wysokoprężnymi, w zależności od przypadku wydajności pojazdu.

Badania ukierunkowane na porównanie trzykołowych elektrycznych pojazdów dostawczych o małej ładowności w stosunku do samochodów dostawczych z silnikami wysokoprężnymi przeprowadzili Tipagornwong and Figliozzi w [57]. Dotyczyły one obszarów miejskich a omawiane pojazdy to pojazdy zwane trikes, o niskiej emisji zasilane przez połączenie ludzkiego wysiłku i silnika elektrycznego.

Inne badania, opisane w [59], dotyczyły Amsterdamu, który od wielu lat dąży do poprawy jakości powietrza, bezpieczeństwa ruchu drogowego, poprawy przepustowości ruchu drogowego i zmniejszenia uciążliwości hałasu przy użyciu inteligentnych sposobów dostaw i transportu ekologicznego. Pozwoliły stwierdzić, że obecna generacja pojazdów elektrycznych ma zdolność do wykonywania zadań miejskiego transportu towarowego dość sprawnie, przy redukcji o 19% w kilometrażu pojazdów (przy konsolidacji) i poprawie jakości powietrza oraz zmniejszenia emisji CO<sub>2</sub> o 90%.

#### **4. Bariery stosowania pojazdów o napędzie alternatywnym w systemach logistyki miejskiej**

Zastosowanie pojazdów o napędach alternatywnych, a w szczególności samochodów elektrycznych w logistyce miejskiej wynika z podstawowych zalet stosowania tego typu napędów [65]:

- możliwości wytworzenia energii z dowolnych źródeł,
- braku emisji zanieczyszczeń gazowych i stałych do atmosfery,
- braku emisji hałasu,
- wydajności energetycznej większej niż w przypadku tradycyjnych napędów,
- tańszej produkcji napędów, ich serwisu i eksploatacji,
- zapewnienia niezależności energetycznej,
- niskich kosztów eksploatacji uzależnionych od prędkości pojazdu i ceny 1kWh (koszt pokonania 100 km wynosi od 2-5 złotych),
- istniejącej sieci dystrybucji energii elektrycznej, stanowiącej najlepiej rozbudowaną infrastrukturę.

Istotne jest jednak uwypuklenie ograniczeń oraz trudności, pokonanie których może w zdecydowanym stopniu wpłynąć na wzrost zainteresowania pojazdami o napędach alternatywnych. Można podzielić je na trzy zasadnicze grupy [22]:

- trudności ekonomiczne – koszty zakupu pojazdów, koszty produkcji energii elektrycznej na potrzeby zasilania pojazdów, koszty utylizacji zużytych akumulatorów;
- problemy związane z bezpieczeństwem – w aspekcie prawie niesłyszalnej pracy silnika elektrycznego w porównaniu z silnikiem tradycyjnym, co może prowadzić w konsekwencji do kolizji lub wypadku; ale też możliwości wystąpienia samozapłonu akumulatorów w pojazdach elektrycznych;
- bariery eksploatacyjne – związane głównie z wciąż niepełnym wykorzystaniem potencjału efektywności napędów alternatywnych, długim czasem ładowania akumulatorów w przypadku pojazdów elektrycznych, ograniczeniami w zakresie przestrzeni ładunkowej pojazdów elektrycznych.

Zainteresowanie napędem elektrycznym samochodów nie jest pomysłem nowym. Już 24 kwietnia 1899 r. Belg Camille Jenatton pojazdem elektrycznym „Jamais Contente” („Nigdy zadowolona”) jako pierwszy na świecie przekroczył prędkość 100 km/h, osiągając 105,905 km/h na odcinku jednej mili angielskiej [15]. Jego pojazd posiadał silnik prądu stałego o mocy 40 kW i potężną baterię akumulatorów kwasowych zapewniającą zasięg rzędu kilku kilometrów. Trudno mówić tutaj o jakiegokolwiek wartości użytkowej takiego pojazdu, ponieważ akumulatory zajmowały niemal całą przestrzeń samochodu i z trudem mieścił się w nim kierowca. Jest jednak faktem, że właśnie wtedy, pierwszy raz, pojawiły się problemy, których rozwiązaniem zajmują się także współcześni konstruktorzy.

Mimo upływu ponad 100 lat od momentu przekroczenia prędkości 100 km/h przez pojazd elektryczny podstawowymi trudnościami do pokonania są nadal problemy magazynowania dużej ilości energii w akumulatorach o możliwie niewielkim ciężarze oraz sposoby ich szybkiego ładowania [67]. Nadal również trwają prace nad nowymi konstrukcjami silników elektrycznych o wysokich parametrach eksploatacyjnych oraz zaawansowanymi systemami sterowania napędami, które wspierane są rozwiązaniami telematycznymi [27].

Niezwykle istotne znaczenie dla efektywności pojazdów elektrycznych ma klimat obszaru geograficznego, w którym są wykorzystywane. Wpływa przede wszystkim na zasięg pojazdu – w miesiącach zimowych więcej energii jest niezbędne do ogrzewania pojazdu a w miesiącach letnich dodatkowym energochłonnym elementem jest klimatyzacja. Innym istotnym czynnikiem ograniczającym efektywność przewozów w logistyce miejskiej realizowanych pojazdami elektrycznymi jest topografia miasta.

Niewątpliwie wciąż największą barierą jest stosunkowo wysoka cena pojazdów elektrycznych. Są one zwykle droższe od swoich odpowiedników napędzanych w sposób tradycyjny. Z drugiej jednak strony należy spodziewać się, że coraz większą rolę odgrywać będą różnego rodzaju formy wsparcia przedsiębiorstw w zakresie zakupu tego typu samochodów. Dotyczyć to może zarówno ulg podatkowych, jak i dofinansowywania przez samorządy lokalne. Dobrym przykładem jest w tym zakresie Norwegia, w której odnotowuje się najwyższy w Europie przyrost liczby pojazdów napędzanych elektrycznie. Znaczący w tym temacie jest wniosek z badań opublikowanych w [12] stwierdzający, że EFV staną się konkurencyjne tylko wtedy, gdy oszczędności z redukcji kosztów operacyjnych będą wystarczające do pokonania znacznie wyższych początkowych kosztów zakupu.

Zwykle najdroższym składnikiem EFV są akumulatory, których koszt stanowi około połowy kosztów detalicznej EFV. Producenci skupiają uwagę na wydajności technicznej akumulatorów, zwiększeniu zakresu pracy, przy jednoczesnym zmniejszeniu ich wagi i czasu ładowania. Baterie pojazdów elektrycznych muszą być zaprojektowane z dużą

pojemnością Ah. Muszą charakteryzować się też wysokim stosunkiem mocy do masy, energii do masy i gęstości energetycznej. Badania i rozwój w tej dziedzinie trwają [39]. Ekonomika EFV charakteryzuje się obecnie wysokim kosztem zakupu baterii i niższymi kosztami utrzymania i zakupu paliw. W krótkim i średnim okresie koszty EV są wysokie, ale ich zalety powodują, że EV stają się bardziej konkurencyjne w dłuższej perspektywie. Najnowsze badania pokazują, że TCO (całkowity koszt posiadania) może być niższy dla elektrycznego pojazdu w porównaniu z konwencjonalnym [32, 33].

Warto zaznaczyć, że zakup pojazdów elektrycznych najczęściej finansowany jest obecnie z budżetów publicznych. Operatorzy prywatni będą skłonni dokonać wymiany swojej floty jeśli dostrzegą płynące z tego korzyści dla swoich firm, zostanie zapewniona odpowiednia liczba stacji z alternatywnymi paliwami, pojawią się korzyści marketingowe dla firmy, dana firma związana będzie w jakiś sposób z ochroną środowiska, odpowiednie pojazdy będą dostępne [1]. Niejednokrotnie dostawcy zmuszani są do stosowania tego typu rozwiązań w drodze decyzji administracyjnych zakazujących poruszania się innych pojazdów, niż posiadających alternatywne napędy w obrębie określonych stref (np. historycznego centrum miasta). Ograniczona dostępność informacji w specyfikacji modelu i jego użytkowania jest postrzegana jako kolejny czynnik spowalniający zakup i wykorzystywanie EFV w logistyce miejskiej. Dodatkowo wśród przeszkód ograniczających wykorzystanie pojazdów elektrycznych i hybrydowych można wymienić [1]:

- wyższe koszty operacyjne ich stosowania;
- małą pojemność akumulatorów;
- brak infrastruktury (odpowiednich stacji i punktów ładowania baterii);
- niską niezawodność i dużą liczbę defektów podczas skomplikowanej obsługi pojazdów.

Przez ostatnie lata poczyniono znaczne postępy w zakresie poprawy osiągnięć pojazdów elektrycznych i rozwiązano wielu problemów z wczesnych prób wdrażania EFV w logistyce miejskiej. Niestety wiele problemów zyskało nowy wymiar a rozwiązania nie zostały jeszcze zaproponowane, mimo, że nowe EFV mają większy zasięg, większą ładowność, lepsze akumulatory i mniej czasu potrzebne jest do ich, całkowitego lub częściowego, naładowania. Należy również podkreślić, że nie wszystkie operacje towarowe są możliwe do zrealizowania przy pomocy EFV. Dotyczy to szczególnie tych sytuacji, kiedy potrzebne są pojazdy o dużej ładowności lub ich wykorzystanie dotyczy dłuższego czasu efektywnej pracy w ciągu dnia (np. pojazd pozostaje w ciągłym ruchu przez więcej niż 12 godzin).

## 5. Podsumowanie

Mimo, że dzisiejsze elektryczne pojazdy dostawcze mają coraz lepsze parametry (większy zasięg, bardziej pojemne akumulatory i większą ładowność), to ich rzeczywista użyteczność w logistyce miejskiej jest nadal ograniczona. Autorzy raportu [18] określili wyzwania i czynniki mające wpływ na sukces we wdrażaniu EFV w codziennych operacjach logistycznych miasta:

- parametry techniczne – zasięg EFV zazwyczaj nie przekracza 100 - 150 km, mimo, że wartości określone przez producenta są często wyższe. Potencjalni interesariusze deklarują większe zainteresowanie pojazdami EFV wraz z poprawą parametrów eksploatacyjnych, takich jak: zakres, czas pracy na akumulatorach, zwiększenie liczby stacji i punktów do ładowania akumulatorów.



- parametry operacyjne – EFV wykazują cechy pozytywne i negatywne w stosunku do pojazdów silnikowych. Do pozytywnych należą m.in. wpływ na środowisko i zmniejszenie poziomu hałasu, co przekłada się na ich zastosowanie w centrach miast i oknach czasowych. Jednocześnie ładowanie, ładowność, konserwacja i konieczność dostosowania koncepcji logistycznych do wykorzystania EFV są postrzegane przez operatorów jako główne wyzwania operacyjne.
- ekonomia – nadal cena zakupu i całkowite koszty posiadania przekraczają podobne parametry dla pojazdów konwencjonalnych. Wynika to przede wszystkim z wysokich kosztów baterii i niewielkich limitów produkcji pojazdów EFV. W dłuższej perspektywie oczekuje się, że koszty się zmniejszą, co będzie związane z poprawą parametrów i wydajności operacyjnej, obniżeniem cen zakupu np. z powodu masowej produkcji. Wartość odsprzedaży jest mocno niewiadoma, co wstrzymuje inwestorów przed zakupem pierwotnym),
- parametry środowiskowe – EFV powodują mniejszą emisję CO<sub>2</sub> w stosunku do pojazdów konwencjonalnych, ale ich zapotrzebowanie na energię, a także ceny energii w dłuższej perspektywie i możliwości energetyczne poszczególnych państw są powodem do analiz i raportów badawczych.
- wpływ społeczny – EFV są mniej hałaśliwe i bardziej przyjazne dla środowiska niż pojazdy konwencjonalne, przez co większa część społeczeństwa opiniuje pozytywnie ten kierunek rozwoju.
- wpływ na politykę lokalną i struktury zarządzania – rządy wielu państw europejskich uchwalają nowe dyrektywy mające na celu zwiększenie wykorzystania EFV, przy jednoczesnym zmniejszeniu w korzystaniu z pojazdów konwencjonalnych.

Jednak wydaje się, że w dalszej perspektywie oraz biorąc pod uwagę wyzwania rozwoju zrównoważonego elektryczne pojazdy dostawcze mają przed sobą przyszłość [24; 46]. Dotyczy to szczególnie operacji przewozowych realizowanych w miastach. Specyfika miejskiego transportu towarowego sprawia, że EFV stają się niezwykle ciekawą alternatywą [30, 31, 43]. O dużym ukierunkowaniu w Unii Europejskiej na wykorzystywanie pojazdów elektrycznych mogą świadczyć liczne inicjatywy, w tym konkursy w ramach programu Horyzont 2020. Można stwierdzić, że aspekt ten w jeszcze większym stopniu przyczyni się do popularyzacji tego typu pojazdów, w tym w obszarze logistyki miejskiej.

Artykuł został przygotowany w trakcie realizacji projektu Low Carbon Logistics, finansowanego w ramach Interreg South Baltic Programme.



European  
Regional  
Development  
Fund

## Literatura

1. Allen J., Thorne G., Browne M. (2007) BESTUFS. Good Practice Guide on Urban Freight Transport
2. Bauer R., Menrad K., Decker T. (2014) Alternative fuel vehicles: Preferences, attitudes, and motives of German students in the field of mobility, International Journal of Electric and Hybrid Vehicles 6 (4), pp. 298-314
3. BestUFS [www.bestufs.net], [29.12.2016]

4. Brinkman N.D. (1979) Vehicle evaluation of neat methanol—compromises among exhaust emissions, fuel economy and driveability, *International Journal of Energy Research* 3 (3), pp. 243-274
5. Buczaj M. (2006) Wykorzystanie alternatywnych źródeł zasilania pojazdów w świetle norm i dyrektyw UE na przykładzie Polski. *Motrol. Motorization and Power Industry in Agriculture*, nr 6. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture, Lublin
6. Chathura B.A.Y., Punchihewa H.K.G. (2016) A novel method to measure abrasion of solid tires, 2nd International Moratuwa Engineering Research Conference, MERCon 2016, 7480135, pp. 174-179
7. C-LIEGE [[www.c-liege.eu](http://www.c-liege.eu)], [29.12.2016]
8. COFRET [[www.cofret-project.eu](http://www.cofret-project.eu)], [29.12.2016]
9. Crainic T.G., Ricciardi N., Storchi G. (2004) Advanced Freight Transportation Systems for Congested Urban Areas, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 12(2), pp. 119–137
10. Cullinane S., Edwards J., 2011. Assessing the environmental impacts of freight transport [in:] A. McKinnon: *Green Logistics*, Kogan Page Limited
11. Dablanc L. (2007) Goods transport in large European cities: Difficult to organize, difficult to modernize. *Transportation Research Part A*, 41(3), 280-285.
12. Davis B., Figliozzi M. (2013) A Methodology to Evaluate the Competitiveness of Electric Delivery Trucks, *Transportation Research Part E* 49, pp. 8-23.
13. Del Pozo De Dios E., Dávila A., Alba J.J., Avalle M. (2013) Optibody project: Optimizing vehicle structures for electric light trucks and vans, *Lecture Notes in Electrical Engineering* 195 LNEE (VOL. 7), pp. 633-640
14. Ding X.L., Si J.P., Wang G.S. (2012) The performance analysis of LPG as the vehicle fuel, *Applied Mechanics and Materials* 217-219, pp. 749-753
15. Eberle U., von Helmolt R. (2010) Sustainable transportation based on electric vehicle concepts: a brief overview. *Energy & Environmental Science*, 3(6), 689-699
16. European Commission (2011) White Paper. Roadmap to a single European Transport area – Towards a Competitive and Resource-efficient Transport System, Brussels.
17. Freight Transport Logistics Action Plan, Commission of The European Communities, 2007 (COM(2007) 607 final
18. [frevue.eu/oslo](http://frevue.eu/oslo) [29.12.2016]
19. GRASS [[grassproject.eu](http://grassproject.eu)], [29.12.2016]
20. Huo M.Q., Sato K., Ohizumi T., Akimoto H., Takahashi K. (2016) Characteristics of carbonaceous components in precipitation and atmospheric particle at Japanese sites, *Atmospheric Environment* 146, pp. 164-173
21. Inyang H.I., Bae S. (2017) The aero-geochemistry of cities and regions, *Environmental Monitoring and Assessment* 130 (1-3), pp. 1-2
22. Iwan S., *Wdrażanie dobrych praktyk w obszarze transportu dostawczego w miastach*, Wydawnictwo Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie, Szczecin, 2013
23. Iwan S., Kijewska K., Kijewski D. (2014) Possibilities of Applying Electrically Powered Vehicles in Urban Freight Transport, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol. 151, Elsevier, pp. 87-101
24. Jedliński M. (2014) The Position of Green Logistics in Sustainable Development of a Smart Green City, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 151, pp. 102-111.
25. Jeeninga H., van Arkel W.G., Volkens C.H. (2002) Performance and Acceptance of Electric and Hybrid Vehicles, Municipality of Rotterdam, Rotterdam, The Netherlands.

26. Kermani M.R.S., Dehnad M.H. (2016) The effect of abrasive minerals on the mechanism of road stones polishing, *Petroleum and Coal* 58 (1), pp. 17-26
27. Kessels J. T. B. A., van den Bosch P. P. J. (2007) Electronic horizon: Energy management using telematics information. In 2007 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, pp. 581-586
28. Kiba-Janiak M., Cheba K. (2014) How Local Authorities are Engaged in Implementation of Projects Related to Passenger and Freight Transport in Order to Reduce Environmental Degradation in the City, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 151, pp. 127-141.
29. Kijewska K., Konicki W., Iwan S., Freight transport pollution propagation at urban areas based on Szczecin example, *Transportation Research Procedia*, Volume 14, 2016, pp. 1543–1552. DOI: 10.1016/j.trpro.2016.05.119
30. Klauenberg, J., Rudolph, Chr., Zajicek, J., Potential Users of Electric Mobility in Commercial Transport – Identification and Recommendations, *Transportation Research Procedia*, Volume 16, 2016, Pages 202-216, ISSN 2352-1465, <http://dx.doi.org/10.1016/j.trpro.2016.11.020>.
31. Lebeau P., Macharis C., Van Mierlo J. (2016) Exploring the choice of battery electric vehicles in city logistics: A conjoint-based choice analysis, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Volume 91, July 2016, pp. 245–258.
32. Lebeau P., van Mierlo J., Macharis C., Lebeau K. (2013) The electric vehicle as viable solution for urban freight transport? A total cost of ownership analysis. 13th WTCR, July 15-18, 2013 – Rio de Janeiro, Brazil
33. Lee D.Y., Thomas V.M., Brown M.A. (2013) Electric urban delivery trucks: Energy use, greenhouse gas emissions, and cost-effectiveness, *Environmental Science and Technology* 47 (14), pp. 8022-8030
34. Lucas G.G., Richards W.L. (1982) Alternative fuels for transportation, *Transportation Planning and Technology* 7 (3), pp. 167-170
35. Maj M. (2011) Nowoczesne systemy zasilania pojazdów samochodowych gazem propan-butan (LPG) oraz sprężonym metanem (CNG). *Biuletyn Informacyjny ITS*, nr 3 (45), Instytut Transportu Samochodowego, Warszawa
36. Markowitz J., Duvall M. (2007) Plug-in hybrid electric van fleet test and demonstration in New York City, *Electric Drive Transportation Association - 23rd Int. Electric Vehicle Symposium and Exposition 2007, EVS 2007 (Battery, Hybrid, Fuel Cell) Conf. Proc. - Sustainability: The Future of Transportation* 4, pp. 2295-2302
37. Mizuta K., Nishizawa Y., Sugimoto K., Okayama K., Hase A. (2014) Evaluation of Friction Phenomena of Brake Pads by Acoustic Emission Method, *SAE International Journal of Commercial Vehicles* 7 (2)
38. Muñuzuri J., van Duin J.H.R., Escudero A. (2010) How efficient is city logistics? Estimating ecological footprints for urban freight deliveries, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 2(3), pp. 6165-6176
39. Murray C. (2013) Can EV Batteries Last 20 Years?, *DesignNews* 4/12/2013
40. Nesterova N., Quak H., Balm S., Roche-Cerasi I., Tretvik T. (2013) FREVUE 2.1 final report D1.3: State of the art city logistics and EV, European Commission Seventh framework programme, FP7-TRANSPORT-2012-MOVE-1, Demonstration of Urban freight Electric Vehicles for clean city logistics (theme: GC.SST.2012.1-7), 17 December 2013.

41. Piloto-Rodríguez R., Sánchez-Borroto Y., Melo-Espinosa E.A., Verhelst S. (2017) Assessment of diesel engine performance when fueled with biodiesel from algae and microalgae: An overview, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 69, pp. 833-842
42. Quak H., Nesterova N., van Rooijen T. (2016a) Possibilities and Barriers for Using Electric-powered Vehicles in City Logistics Practice, *Transportation Research Procedia*, Volume 12, pp. 157-169.
43. Quak H., Nesterova N., van Rooijen T., Dong Y. (2016b) Zero Emission City Logistics: Current Practices in Freight Electromobility and Feasibility in the Near Future, *Transportation Research Procedia*, Volume 14, pp. 1506–1515.
44. Quak H.J. (2008) Sustainability of Urban Freight Transport Retail Distribution and Local Regulations in Cities, Ph.D. thesis, Erasmus University Rotterdam, the Netherlands.
45. Ramsey M. (2010) As Electric Vehicles Arrive, Firms See Payback in Trucks. *Wall Street Journal*
46. Rogall H. (2010) *Ekonomia zrównoważonego rozwoju. Teoria i praktyka*, Wydawnictwo Zysk i s-ka, Poznań
47. Salameh M.G. (2015) Oil Crises, Historical Perspective, Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, Elsevier.
48. Sathe P., Kumar A. H., Rajagopalan K., Singh S. (2013) Strategic Technology and Market Analysis of Electric Vehicle Charging Infrastructure in Europe United Kingdom to have Maximum Charging Stations Installed by 2019, Frost and Sullivan Report
49. Scheuerer K. (2004) Hydrogen - Fuel for future propulsion technologies, Proc. of the 29th World Nuclear Association, WNA Annual Symposium 2004, pp. 77-78
50. Sonnabend P. (2001) Final report Electric Vehicle Deliveries in Postal Services
51. Soysal M., Bloemhof-Ruwaard J.M., Bektaş T. (2015) The time-dependent two-echelon capacitated vehicle routing problem with environmental considerations, *International Journal of Production Economics* 164, pp. 366-378
52. Squizzato S., Cazzaro M., Innocente E., Hopke P.K., Rampazzo G. (2017) Urban air quality in a mid-size city — PM<sub>2.5</sub> composition, sources and identification of impact areas: From local to long range contributions, *Atmospheric Research* 186, pp. 51-62
53. STRAIGHTSOL [[www.strightsol.eu](http://www.strightsol.eu)], [29.12.2016]
54. SUGAR [[www.sugarlogistics.eu](http://www.sugarlogistics.eu)], [29.12.2016]
55. Taniguchi E., Kawakatsu S., Tsuji H. (2000) New co-operative system using electric vans for urban freight transport [in:] Sucharov, L. & Brebbia, C.A. (eds.), *Urban Transport and the Environment for the 21st century VI*, WIT Press, Southampton (UK), pp. 201–210
56. Thomas B.S., Kumar S., Mehra P., Gupta R. C., Joseph M., Csetenyi L.J. (2016) Abrasion resistance of sustainable green concrete containing waste tire rubber particles, *Construction and Building Materials* 124, pp. 906-909
57. Tipagornwong C., Figliozzi M. (2014) Analysis of competitiveness of freight tricycle delivery services in urban areas, *Transportation Research Record* 2410, pp. 76-84
58. TRAILBLAZER [[www.trailblazer.eu](http://www.trailblazer.eu)], [29.12.2016]
59. van Duin J. H. R., Tavasszy L. A., Quak H. J. (2013) Towards Electric-urban freight: first promising steps in the electronic vehicle revolution. *European Transport-Trasporti Europei*, 54
60. van Duin J.H.R. (2012) *Logistics Development in Multi-Actor Environments*, Ph.D. thesis, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands.

61. van Rooijen T., Quak H.J. (2013). City Logistics in the European Civitas Initiative, in E. Taniguchi and R. G. Thompson (eds.), City Logistics VIII, 494-508.
62. Vermie T. (2002) Electric Vehicle City Distribution, Final Report, European Commission Project.
63. [www.ihs.com](http://www.ihs.com) [available on 29.12.2016]
64. [www.navigantresearch.com](http://www.navigantresearch.com) [available on 29.12.2016]
65. [www.nytimes.com/2012/04/15/automobiles/how-green-are-electric-cars-depends-on-where-you-plug-in.html?pagewanted=all](http://www.nytimes.com/2012/04/15/automobiles/how-green-are-electric-cars-depends-on-where-you-plug-in.html?pagewanted=all) [12.01.2017]
66. [www.samochodyelektryczne.org](http://www.samochodyelektryczne.org) [12.01.2017]
67. Xiong P., Peng L., Chen D., Wang X., Yu G. (2015) Two-dimensional nanosheets based Li-ion full batteries with high rate capability and flexibility, Nano Energy 12, pp. 816-823

Dr hab. Stanisław IWAN, prof. AM  
Instytut Zarządzania Transportem  
Wydział Inżynieryjno-Ekonomiczny Transportu  
Akademia Morska w Szczecinie  
70-507 Szczecin, ul. H. Pobożnego 11  
tel./fax: +48 603 259 695  
e-mail: [s.iwan@am.szczecin.pl](mailto:s.iwan@am.szczecin.pl)