

Mgr inż. Małgorzata Odziemkowska, dr inż. Krzysztof Biernat, prof. PIMOT,
Sieć Badawcza Łukasiewicz - Przemysłowy Instytut Motoryzacji

Paliwa alternatywne jako pomost do elektromobilności

Dywersyfikacja dostaw surowców energetycznych, ograniczenie emisji gazów cieplarnianych, zmniejszenie zanieczyszczenie środowiska to podstawowe elementy zrównoważonego rozwoju społeczno-ekonomicznego, propagowanego nie tylko w Unii Europejskiej, ale także w wielu pozostałych krajach świata. Jednym ze sposobów realizacji tych celów w obszarze transportu, jest uniezależnienie się od paliw ropopochodnych i zastąpienie ich paliwami alternatywnymi.

Paliwa alternatywne, w rozumieniu dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/94/UE z dnia 22 października 2014 r. sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych, to paliwa lub źródła energii, wykorzystywane do napędu silników stosowanych w transporcie, stanowiące substytut dla paliw pochodzących z ropy naftowej lub otrzymywanych w procesach jej przetwórstwa, a szczególności energia elektryczna, wodór, biopaliwa ciekłe, paliwa syntetyczne i parafinowe, gaz ziemny, w tym biometan, w postaci sprężonej (CNG) lub skroplonej (LNG), gaz płynny (LPG).

Według obowiązujących definicji, energia elektryczna także stanowi alternatywny nośnik energii - paliwo alternatywne w transporcie. Stosowanie więc paliw alternatywnych takich jak energia elektryczna, gaz ziemny, biometan, wodór - wymaga kosztow-

ego rozwoju pojazdów napędzanych takimi paliwami oraz infrastruktury do dystrybucji tych paliw. Takich barier nie ma w przypadku określonych biopaliw zastępujących olej napędowy, które można stosować jako domieszkę do konwencjonalnego paliwa lub bezpośrednio do zasilania już istniejących silników o zapłonie samoczynnym („drop in biofuels”). Biopaliwa te mogą być dystrybuowane, przechowywane i użytkowane w ramach istniejącej infrastruktury. Rozwój paliw alternatywnych, obok ograniczeń technologicznych i braku infrastruktury do ich dystrybucji, może być ograniczony także poprzez uwarunkowania polityczne/prawne oraz brak akceptacji ze strony konsumentów.

Obecnie paliwa alternatywnych stosowane są głównie do zasilania silników spalania wewnętrznego. Można do nich zaliczyć biopaliwa ciekłe, LPG,

gaz ziemny w postaci sprężonej lub skroplonej, w tym biometan. Rozwijane jest zastosowanie energii elektrycznej w transporcie drogowym.

■ Biopaliwa

Silniki spalinowe mogą być zasilane paliwami zawierającymi komponenty otrzymywane z przekształcenia biomasy. Obecnie stosowane biokomponenty ciekłe, etanol i estry metylowe kwasów tłuszczowych (FAME) otrzymywane są głównie z surowców konkurujących z produkcją żywności. Etanol można mieszać z benzyną i stosować do zasilania silników o zapłonie iskrowym obecnie występujących na rynku. Estry metylowe kwasów tłuszczowych mogą być stosowane jako samoistne paliwo do silników o zapłonie samoczynnym lub dodawane do olejów napędowych - przy czym z powodu ograniczeń tech-

nicznych dodatek FAME nie powinien być większy niż 7% obj. Produkowane są także biopaliwa o właściwościach podobnych do właściwości klasycznych paliw, np. uwodornione oleje roślinne (HVO).

Biopaliwa produkowane zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju przyczyniają się do znacznego ograniczenia emisji CO₂.

Mimo, że stosowanie biopaliw wiąże się ze zmniejszeniem uzależnienia od ropy naftowej, to jednak pozyskiwanie surowców do ich produkcji budzi kontrowersje. Zwiększanie powierzchni gruntów pod uprawę roślin na cele paliwowe może powodować wylesianie terenów oraz przesunięcie produkcji rolnej na tereny magazynujące duże ilości węgla organicznego, co może przyczynić się do wzrostu emisji gazów cieplarnianych związanego z pośrednią zmianą użytkowania gruntu (ang. *Indirect Land Use Change* - ILUC). Dlatego promowane są tzw. biopaliwa zaawansowane, produkowane z surowców odpadowych, nie konkurujących z produkcją żywności. Listę surowców do produkcji biopaliw zaawansowanych podaje załącznik IX, część A i część B, Dyrektywy Parlamentu Europejskie-

go i Rady (UE) 2018/2001 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych.

Biopaliwa ciekłe są obecnie najważniejszym rodzajem paliw alternatywnych, np. w 2011 r. stanowiły 4,7% całkowitej ilości (wartości energetycznej) paliwa wykorzystanego w transporcie Unii Europejskiej. Udział biopaliw w transporcie Unii Europejskiej w podziale na konwencjonalne biopaliwa i zaawansowane przedstawiono na rys. 1. Biopaliwa zaawansowane produkowane w Europie to głównie HVO z olejów i tłuszczów oraz etanol ze słomy zbożowej lub odpadów tartacznych.

Główne cele unijne do 2030 r. w zakresie zastosowania biopaliw w transporcie to udział biopaliw zaawansowanych na poziomie 3,5% oraz ograniczenie udziału biopaliw konwencjonalnych maksymalnie do 7%.

■ Paliwa syntetyczne i parafinowe

Paliwa syntetyczne zastępujące olej napędowy lub benzynę to paliwa otrzymywane w wyniku syntezy chemicznej przy wykorzystaniu różnych metod i su-

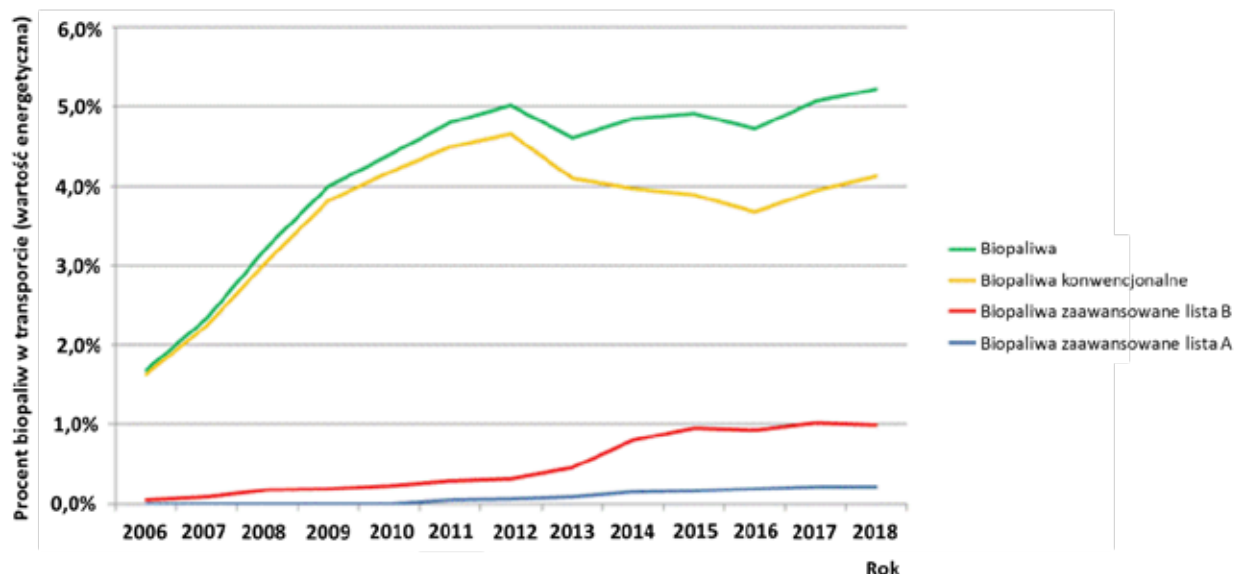
rowców. Ze względu na zastosowany surowiec można podzielić je na paliwa otrzymywane:

- z gazu ziemnego tzw. Gas to Liquid (GTL),
- z węgla tzw. Coal to Liquid (CTL),
- z biomasy,
- z tworzyw sztucznych (odpady komunalne).

Aktualnie nie ma komercyjnych instalacji produkujących tego rodzaju paliwa. Należy podkreślić, że paliwa syntetyczne mogą być wykorzystywane do zasilania pojazdów zasilanych tradycyjnymi paliwami. Nie jest też konieczna budowa nowej infrastruktury do ich dystrybucji.

■ Gaz płynny LPG

Skroplone gazy węglowodorowe (*Liquified Petroleum Gas* - LPG) będące mieszaniną propanu i butanu, zaliczane są do paliw alternatywnych. LPG powstaje jako produkt uboczny w procesie przetwarzania gazu ziemnego i rafinacji ropy naftowej. Stosuje się go do zasilania samochodów osobowych wyposażonych w zapłon iskrowy, przy czym rozruch silnika odbywa się na benzynie. Charaktery-



Rys. 1. Wykorzystanie biopaliw w UE w latach 2006-2018
Źródło: Gain Report NL 8027; 03-07-2018; EU Biofuels Annual 2018)



zuje się mniejszym śladem węglowym i znacznie mniejszymi emisjami zanieczyszczeń niż paliwa konwencjonalne.

Polska posiada jeden z największych i najbardziej zaawansowanych rynków LPG do celów transportowych. Na koniec 2015 r. łączna liczba stacji oferujących gaz płynny LPG wynosiła 5 420. W 2015 r. udział samochodów osobowych napędzanych LPG wyniósł ponad 14% w ogólnej liczbie samochodów osobowych. Według szacunków Polskiej Organizacji Gazu Płynnego co piąty samochód z silnikiem benzynowym ma instalację gazu LPG.

W Polsce nigdy nie było działań wspierających rynek LPG. O popularności tego paliwa zdecydowali konsumenci skuszeni niższą ceną w stosunku do paliw tradycyjnych oraz stosunkowo niskimi kosztami zakupu instalacji gazowej i jej montażu. Rozwój infrastruktury do tankowania LPG również następował samoczynnie, bez tworzenia specjalnych programów wsparcia. Najpierw tworzyły się małe, niezależne stacje gazu płynnego, a dopiero wraz ze wzrostem popularności tego paliwa stacje paliw płynnych należące do wielkich koncernów, zaczęły je oferować użytkownikom.

■ Paliwa gazowe - CNG i LNG

Paliwa alternatywne gazowe to sprężony gaz ziemny (CNG), skroplony gaz ziemny (LNG), w tym biometan.

Gaz ziemny to co prawda paliwo kopalne, ale pojazdy napędzane CNG lub LNG emitują mniej dwutlenku węgla oraz zanieczyszczeń stałych niż pojazdy zasilane konwencjonalnymi paliwami. Ma to istotne znaczenie w aglomeracjach miejskich, gdzie pyły ze spalania paliw, przyczyniają się do powstawania smogu. Dodatkowo, gaz jest tańszy od konwencjonalnych paliw silnikowych. Dywersyfikacja źródeł surowców energetycznych to kolejny argument za stosowaniem gazu ziemnego jako paliwa silnikowego.

Jednym z ograniczeń rozwoju rynku CNG i LNG jest konieczność kosztownego rozwoju pojazdów napędzanych takimi paliwami. Pojazd napędzany CNG /LNG musi być wyposażony w silnik dedykowany do spalania takiego paliwa lub mieć zamontowaną odpowiednią instalację. Spalanie mieszanki paliwowo-powietrznej, podobnie jak w silnikach na paliwa ciekłe, zachodzi w cylindrach. Stosowane są także jed-

nostki napędowe dwupaliwowe, tj. silnik bi-fuel pracujący na gazie lub benzynie, przy czym rozruch odbywa się na benzynie lub silnik dual-fuel, w którym gaz spalany jest z domieszką oleju napędowego.

Samochody na gaz muszą posiadać także odpowiedni zbiornik na paliwo. W przypadku CNG są to duże i ciężkie stalowe zbiorniki wytrzymałe ciśnieniu rzędu 20 MPa. Dostępne są też zbiorniki z lżejszych, ale znacznie droższych, materiałów kompozytowych. Zbiorniki LNG są zbiornikami kriogenicznymi, w których osiągnięta jest temperatura niższa niż -160°C , konieczna do utrzymania metanu w stanie ciekłym. Pojazdy na CNG są tańsze niż pojazdy na LNG. CNG nadaje się do pojazdów ciężarowych o średnim i małym zasięgu działania, natomiast LNG do ciągników siodłowych obsługujących długie dystanse. Średni zasięg pojazdów zasilanych CNG wynosi 300-400 km, natomiast zasilanych LNG - ok. 750 km.

Mimo, że pojazdy na CNG/LNG mają coraz lepsze parametry i wydajność, to ich cena w dalszym ciągu jest znacznie wyższa niż pojazdów zasilanych konwencjonalnymi paliwami. Rzadko wykorzystywane są do indy-

widualnych zastosowań, raczej do przewozu towarów, w komunikacji miejskiej, pracy służb publicznych (poczta, służby oczyszczania).

Wśród producentów oferujących pojazdy ciężarowe na gaz są Volvo, Iveco, Scania.

Uważa się, że rozwój CNG i LNG powinien postępować szybciej niż innych paliw alternatywnych, ponieważ silniki na te paliwa są podobne do silników spalinowych na paliwa/biopaliwa ciekłe. Ponadto jest to najszybszy sposób na obniżenie emisji gazów cieplarnianych w transporcie. Inna zaleta zastosowania paliw CNG lub LNG to możliwość wykorzystania istniejącej sieci gazociągowej. W przypadku obszarów, gdzie nie ma sieci gazociągów dostawy mogą odbywać się za pomocą cystern. Problemem jest brak stacji paliw umożliwiających zatankowanie gazu oraz brak spójności wymagań technicznych dotyczących infrastruktury takiej jak dystrybutory i końcówki nalewaków.

Obecnie na świecie użytkowanych jest ponad 23 mln pojazdów zasilanych CNG i LNG, które są obsługiwane przez ponad 28,5 tys. stacji. Stanowi to 1,3% całej floty pojazdów używanych na świecie, włączając w to motocykle i motorowery. Najbardziej dynamicznie rozwijającym się rynkiem zbytu pojazdów są Chiny, Iran i Pakistan, gdzie eksploatowanych jest ok. 13 mln sztuk, czyli po-

nad 56% wszystkich użytkowanych na świecie. Liczba samochodów na CNG w Unii Europejskiej i Szwajcarii wynosi 2 mln pojazdów, najwięcej we Włoszech i Niemczech, a w Polsce - około 4 tys. Pojazdy CNG w transporcie, to głównie autobusy komunikacji miejskiej w dużych miastach. Wyjątek stanowią Włochy, gdzie popularność zyskały samochody osobowe napędzane CNG (obecnie jest ich ok. 800 tys. sztuk).

W Unii Europejskiej jest 4,4 tys. stacji zasilania CNG i LNG, niemal połowa w Niemczech i Włoszech. W Polsce jest 26 stacji tankowania CNG oraz 1 publicznie dostępna stacja LCNG (terminal LNG w Świnoujściu). Ponadto istnieją dwie niedostępne publicznie stacje tankowania LNG.

W Polsce, podobnie jak w innych krajach europejskich, główne bariery rozwoju paliw gazowych wynikają z kwestii technologicznych dotyczących pojazdów, braku dobrze rozwiniętej infrastruktury do dystrybucji i tankowania oraz brak spójnych regulacji prawnych, w tym przepisów technicznych. Program rozwoju paliw CNG i LNG można znaleźć w Krajowych Ramach Polityki Rozwoju Infrastruktury Paliw Alternatywnych, opracowanych przez Ministerstwo Energii w związku z wdrożeniem Dyrektywy 2014/94 UE. Cel na 2020 r. to 3 tys. pojazdów na CNG, a na 2025 - 54 tys. pojazdów na CNG oraz 3 tys. pojazdów na LNG.



W Polsce rozwój elektromobilności może wpłynąć na sieci dystrybucyjne średniego i niskiego napięcia, szczególnie w przypadku ładowania o dużych mocach w godzinach szczytu zapotrzebowania na energię

■ Wodór

Wodór stanowi kolejną alternatywę dla paliw konwencjonalnych. Jego zastosowanie możliwe jest w dwóch wariantach - jako paliwo spalane w komorze silnika, albo jako substancja biorąca udział w reakcji chemicznej w ogniwie paliwowym, aby wytworzyć prąd napędzający silnik elektryczny. Pojazdy elektryczne na ogniwa wodorowe są zeroemisyjne, ponieważ wytwarzają jedynie parę wodną.

Technologia wykorzystania wodoru w transporcie jest obecnie najstabiliej rozwinięta ze wszystkich paliw alternatywnych, jednak, jak wskazują eksperci, faza komercyjnego rozwoju technologii napędu wodorowego powinna nastąpić w latach 2040-2050. Ważnym zagadnieniem związanym ze stosowaniem wodoru jest jego magazynowanie.

W najbliższych latach nie jest planowany rozwój tego paliwa w Polsce.

■ Energia elektryczna jako alternatywny nośnik energii - wizja przyszłości

Wykorzystywanie energii elektrycznej do napędu samochodów może odbywać się na kilka sposobów. Samochody o napędzie hybrydowym (ang.



Hybrid Electric Vehicle, HEV) posiadają silnik spalinowy na benzynę oraz silnik elektryczny zasilany z akumulatora. Silnik elektryczny pełni rolę silnika pomocniczego pracującego w czasie ruszania i przyspieszania. Stosowanie takiego dualnego systemu pozwala zmniejszyć emisję spalin oraz ograniczyć hałas. Pojazdy hybrydowe mogą być uznawane za technologię przejściową między pojazdami spalinowymi, a w pełni elektrycznymi.

Pojazdy elektryczne (ang. *Battery Electric Vehicle*, BEV) wykorzystują energię elektryczną zmagazynowaną w akumulatorach ładowanych z sieci elektrycznej w przydomowych lub publicznych punktach ładowania. Wykorzystanie energii elektrycznej pozwala uzyskać niską emisję z pojazdu, zależną od źródła energii. Należy mieć na względzie, że prąd od ładowania baterii najczęściej produkowany jest z węgla, a nie z surowców odnawialnych. Ponadto produkcja jednego auta elektrycznego generuje więcej zanieczyszczeń niż auta z silnikiem spalinowym, szczególnie produkcja akumulatorów.

Jedną z podstawowych kwestii dotyczących pojazdów elektrycznych, obok ich ceny, jest pojemność energetyczna baterii. Od pojemności baterii zależy zasięg pojazdu. Obecnie na jednym ładowaniu można przejechać 100-250 km. Niska pojemność baterii stanowi barierę w popularyzacji tego rodzaju napędu, który wykorzystywany jest przede wszystkim w samochodach osobowych używanych na krótkich dystansach, głównie w miastach. W najbliższych latach zapowiadane są pojazdy o zasięgu 200-400 km.

Koszt baterii może stanowić nawet do 50% ceny pojazdu, przy czym pojazdy elektryczne są droższe od porównywalnych pojazdów wyposażonych w silnik spalinowy o około 30-50%. Udział ceny baterii w całkowitej cenie auta wykazuje tendencję spadkową. Przewiduje się, że za 5 lat, ten udział będzie wynosił około 20%. Większy zasięg pojazdu i niższa cena zwiększą konkuren-

cyjność samochodów elektrycznych.

Infrastruktura ładowania ma wpływ na rozwój elektromobilności. Sieć ładowarek powinna charakteryzować się odpowiednią gęstością oraz optymalnym rozmieszczeniem na danym obszarze. W odróżnieniu od samochodów na paliwo ciekłe, które mogą być tankowane na stacji paliw, ładowarki mogą być rozmieszczone w różnych miejscach. Najpopularniejsze jest ładowanie przewodowe (plug in) przy użyciu prądu przemiennego, bądź stałego. Rozwijane jest także ładowanie indukcyjne, czyli bezprzewodowe - zarówno w formie statycznej, jak i dynamicznej. Metoda ta jest bezpieczniejsza niż ładowanie przewodowe, ale wymagająca specjalnej instalacji. Inny sposób to wymiana akumulatorów, czyli zastąpienie rozładowanego akumulatora na ładowany, co może być korzystne w przypadku autobusów elektrycznych.

Ładowanie aut elektrycznych przekłada się na wzrost zapotrzebowania na energię oraz zwiększeniem obciążenia sieci. W Polsce rozwój elektromobilności może wpłynąć na sieci dystrybucyjne średniego i niskiego napięcia, szczególnie w przypadku ładowania o dużych mocach w godzinach szczytu zapotrzebowania na energię.

Obok pojazdów osobowych będą rozwijały się także elektryczne pojazdy ciężarowe, co jest związane z unijnym programem zwiększenia efektywności paliwowej i ograniczenie emisji pochodzących z nowych pojazdów ciężarowych o dużej ładowności. Przejście na elektryczne układy zasilania w ciężarówkach prawdopodobnie mocno przyspieszy po 2025 r., gdyż przewidywany jest znaczny spadek kosztów zestawu akumulatorowego dla ciężarówek elektrycznych. Producenci tacy jak: DAF, Daimler, Iveco, Renault, Volkswagen, Volvo pracują nad modelami ciężarówek elektrycznych.

W 2017 r. zarejestrowano w Polsce 1068 samochodów, a w 2018 - 1324. W 2018 r. na 1,6 mln zarejestrowanych samochodów, tylko 0,2% było napędza-



Konieczny jest dalszy rozwój technologii wytwarzania biopaliw zaawansowanych i paliw syntetycznych, zastępujących tradycyjne paliwa, w kierunku obniżenia jednostkowych kosztów oraz uniwersalizacji surowców

nych energią elektryczną. W lipcu 2019 r. liczba autobusów elektrycznych jeżdżących po polskich drogach wynosiła 198, co stanowi ok. 1% wszystkich autobusów w Polsce.

W Polsce pod koniec czerwca 2019 r. funkcjonowało 785 ogólnodostępnych stacji ładowania (1457 punktów), z czego 1/3 to stacje szybkiego ładowania prądem stałym DC, a pozostałe to stacje ładowania prądem przemiennym AC o mocy nie większej niż 22 kW, co daje 3 stacje ładowania na 1000 km².

Główne bariery rozwoju elektromobilności w Polsce to wysoka cena samochodu, nawet przy znacznych ulgach podatkowych, ograniczona infrastruktura ładowania (problemy natury formalno-prawnej, np. uzyskiwanie zgód na rozwój linii elektroenergetycznych i pozwoleń środowiskowych) oraz stan sieci energetycznej. Ekspertiści uważają, że szansą dla elektromobilności w Polsce mogą być autobusy elektryczne produkowane przez Solaris Bus&Coach, czy Ursus Bus. W Polsce rozwinięta jest już nie tylko produkcja takich modeli, ale i komponentów, z których się one składają. W 2018 r. udział polskich producentów autobusów elektrycznych na rynku europejskim wyniósł aż 36%.

Prognoza dynamiki elektryfikacji sektora transportu w Polsce w perspek-

tywie długoterminowej (2020-2050) (Atmoterm S.A. 2019) określona dla wariantu braku wsparcia finansowego przewiduje, że liczba samochodów elektrycznych w 2025 r. będzie wynosiła ok. 63 tys., w 2030 - 229 tys., a autobusów elektrycznych odpowiednio - 2,00 i 2,68 tys.

■ Wnioski

Elektromobilność jest jednym z głównych trendów w światowym sektorze motoryzacyjnym. W Polsce również przygotowywane są plany rozwoju pojazdów elektrycznych, szczególnie samochodów osobowych. Jednym z głównych argumentów przemawiających za wprowadzaniem samochodów z napędem elektrycznym jest ich niska emisyjność w czasie eksploatacji. Jednak rozwój tego segmentu rynku ograniczają tak poważne bariery jak: wysoka cena pojazdu, ograniczony zasięg, słaba infrastruktura ładowania, stan sieci energetycznych oraz problemy natury formalno-prawnej. Pokonanie tych przeszkód będzie wymagało zaangażowania znacznych nakładów finansowych. W tych warunkach uzasadniony wydaje

się pogląd, by skupić się na rozwoju e-mobilności dla transportu publicznego, a następnie, po rozwiązaniu problemów technicznych i środowiskowych, dla pozostałego transportu.

Nie należy zaniedbywać także rozwoju innych niskoemisyjnych paliw, np. gazowych (CNG, LNG), które również wymagają znacznych nakładów na rozwój infrastruktury do ich dystrybucji oraz pojazdów wyposażonych w silniki gazowe. Zwłaszcza, że rynek paliw gazowych związany jest z rozwojem pojazdów ciężarowych.

Konieczny jest dalszy rozwój technologii wytwarzania biopaliw zaawansowanych i paliw syntetycznych, zastępujących tradycyjne paliwa, w kierunku obniżenia jednostkowych kosztów oraz uniwersalizacji surowców.

Intensywny rozwój rynku paliw alternatywnych, a więc i pojazdów zasilanych takimi paliwami nie nastąpi bez znacznych nakładów finansowych pozyskiwanych z różnych źródeł. W przeciwnym razie jedynymi paliwami alternatywnymi stosowanymi w Polsce w większej skali, pozostaną biopaliwa i LPG.

Wdrażanie elektrycznych systemów zasilania pojazdów uwarunko-

wano przede wszystkim koniecznością obniżenia obciążenia środowiska. Jednak przy współczesnym stanie techniki, szczególnie w Polsce, powszechna elektromobilność wymaga całkowitej zmiany w zakresie surowcowym poprzez wykorzystywanie OZE do generowania energii elektrycznej, podwyższenia sprawności sieci elektroenergetycznych oraz dużych nakładów na stworzenie systemu powszechnie dostępnych punktów ładowania. Procesy ograniczania emisyjności transportu powinny także zmierzać do ograniczenia emisji pyłów z opon i klocków hamulcowych oraz opracowania metod technologicznych wytwarzania, a także utylizacji zużytych ogniw i akumulatorów. Realizacja tych procesów, poza nakładami finansowymi wymaga także odpowiednio długiego czasu. Stąd też niezbędny jest relatywnie długi okres przejściowy, w którym powinny być wykorzystywane paliwa alternatywne, których stosowanie może znacznie ograniczać emisyjność silników wewnętrznego spalania.

fot. NE

□

