

# Metodyka optymalizacji nawigowania pojazdów elektrycznych

Arkadiusz Książek, Matthias Richter

W artykule przedstawiono opis projektu, w którym uczestniczą autorzy, prowadzonego na Wyższej Szkole Zachodniej Saksonii w Zwickau. Projekt ten finansowany jest przez Rząd Saksonii i ma na celu opracowanie możliwości optymalnej nawigacji dla pojazdów elektrycznych. Głównym zadaniem jest wyznaczenie zużycia energii w różnych warunkach drogowych i ruchowych. W ramach projektu badany jest wpływ infrastruktury drogowej na maksymalny zasięg dostępny dla użytkownika pojazdu elektrycznego. W artykule opisano metodykę badania wpływu natężenia ruchu na zapotrzebowanie energetyczne ze strony samochodu elektrycznego. W tym celu planuje się użycie oprogramowania makro- i mikrosymulacyjnego oraz wykonanie badań na symulatorze oraz na rzeczywistej sieci drogowej. Artykuł jest zmodyfikowaną wersją referatu z konferencji „Problemy komunikacyjne miast w warunkach zatłoczenia motoryzacyjnego”, Poznań – Rosnówko, 19-21.06.2013.

Artykuł recenzowany zgodnie z wytycznymi MNiSW

data zgłoszenia do redakcji: 04.10.2013

data akceptacji do druku: 13.01.2014



mgr inż.  
Arkadiusz Książek  
doktorant w Katedrze Systemów Komunikacyjnych  
Politechniki Krakowskiej  
Westsächsische Hochschule Zwickau  
arek.ksiazek@gmail.com



prof. dr  
Matthias Richter  
Westsächsische Hochschule Zwickau  
m.richter@fh-zwickau.de

## Wstęp

Jednym z poważniejszych skutków postępującej kongestii w centrach miast jest pogorszenie się jakości powietrza. Znaczna liczba pojazdów wjeżdżająca do centrów miast emituje bardzo duże ilości szkodliwych cząstek, które zwiększają zanieczyszczenie środowiska. Zatłoczenie motoryzacyjne wpływa na zwiększenie zużycia paliwa oraz znaczny przyrost emisji szkodliwych substancji. Zanieczyszczenia pochodzące od ruchu drogowego rozprzestrzeniają się w dużych stężeniach w bezpośrednim sąsiedztwie ludzi, wpływając bardzo negatywnie na zdrowie mieszkańców oraz jakość życia w przestrzeni miejskiej. Aby przeciwdziałać negatywnym skutkom ze strony transportu drogowego europejskie miasta wdrażają różne rozwiązania mające na celu ograniczenie ruchu w śródmieściu. Jednym z rozwiązań są wprowadzone np. w Londynie [19] i Sztokholmie [5] opłaty za

wjazd do centrum miasta. W Berlinie ustanowiono strefę ochrony środowiska [11], która uniemożliwia dostęp do centralnego obszaru miasta dla pojazdów o dużej emisji trujących gazów.

Oprócz restrykcji dla samochodów z silnikami spalinowymi wprowadza się również zachęty dla użytkowników pojazdów elektrycznych. Różnego rodzaju dopłaty i promocje realizowane są na poziomie krajowym, a także wdrażane są przywileje w obrębach miast. Rząd Republiki Federalnej Niemiec zakłada wspieranie rozwoju samochodów elektrycznych, tak aby osiągnąć do 2020 roku liczbę co najmniej miliona takich pojazdów na niemieckich drogach [13]. Wspomniany wcześniej Londyn chce osiągnąć liczbę 100 000 pojazdów elektrycznych tak szybko, jak to możliwe [12].

Tego typu działania zaczynają być również wprowadzane w Polsce. Na poziomie krajowym Ministerstwo Gospodarki promuje wprowadzanie pojazdów elektrycznych m.in. poprzez warty prawie 20 mln zł projekt Agencji Rozwoju Regionalnego wspierający budowę polskich samochodów elektrycznych oraz infrastruktury ich ładowania [14]. Stan tej infrastruktury oraz kierunki jej rozwoju poddawane są również naukowej analizie [4]. Jeśli chodzi o działania polskich miast przykładem mogą być Katowice [17], Tarnów [16], czy Szczecin [15], które wprowadziły zwolnienia lub symboliczne opłaty dla właścicieli samochodów elektrycznych. W Krakowie w ramach kampanii „Kraków Mobilny” organizowanej przez Urząd Miasta Krakowa, Fundację Partnerstwo dla Środowiska oraz koncern Toyota planuje się „zachęcanie, inspirowanie i wspieranie podróżujących po Krakowie do korzystania z pojazdów ekologicznych, w tym rowerów, transportu publicznego oraz pojazdów hybridowych i elektrycznych” [18].

## Charakterystyka pojazdów elektrycznych

Zalety pojazdów elektrycznych są oczywiste. Pozwalają uniezależnić się od ropy naftowej, a dzięki zwiększeniu ich użytkowania poprawia się jakość życia w mieście wskutek mniejszego zanieczyszczenia powietrza i znacznego zmniejszenia hałasu komunikacyjnego. Samochody elektryczne nie emitują szkodliwych substancji do środowiska. Należy jednak pamiętać, że zwiększony poziom zanieczyszczeń może wystąpić poza centrami miast, w rejonach elektrowni. Jednak prąd do zasilenia samochodów elektrycznych może też pochodzić ze źródeł odnawialnych, a spalanie paliw kopalnych w elektrowniach jest bardziej efektywne i ekologiczne niż w silnikach spalinowych. Aby zwiększyć wykorzystanie pojazdów elektrycznych należy zmierzyć się z ograniczeniami, które są uciążliwe dla użytkowników. Wśród niedogodności najczęściej wymienia się wysoką cenę samochodów, brak rozwiniętej infrastruktury ładowania oraz niewystarczający zasięg. Wspomniane wyżej projekty przyczyniają się do intensyfikacji prac nad technologią pojazdów elektrycznych. Pozwala to na stopniowe obniżanie cen, ułatwienie ładowania i skrócenie czasu jego trwania. Również najnowsze akumulatory litowo-jonowe pozwalają na coraz dłuższą jazdę bez konieczności ładowania pojazdu.

Znaczną przeszkodą dla kierowców jest brak możliwości skutecznego zaplanowania trasy przejazdu oraz brak informacji na temat dostępności terminali pozwalających na „zatankowanie” pojazdu. Kierowca powinien przed rozpoczęciem podróży oraz w trakcie jej trwania mieć dostęp do informacji na temat efektywnego zasięgu swojego samochodu. Wiedza czy poziom energii w akumulatorach pozwoli na osiągnięcie

celu jest kluczowa. Zmieniające się warunki drogowe, ukształtowanie wysokościowe drogi, poziom natężenia ruchu wpływają na zużycie energii zmieniając dostępny dla użytkownika zasięg. Niepewność co do osiągnięcia celu, czy też możliwości doładowania akumulatorów jest istotnym powodem niewystarczającej akceptacji wykorzystania pojazdów elektrycznych.

### Specyfika nawigacji dla pojazdów elektrycznych

Istniejące systemy nawigacyjne wyszukują ścieżki według algorytmów biorących pod uwagę dystans lub czas dotarcia do celu. Sieć dróg jest sparametryzowana pod kątem prędkości poruszania się pojazdów i kierowca ma do wyboru trasę najkrótszą, najszybszą lub tzw. optymalną. Dla problemu trasowania samochodów elektrycznych należy wziąć pod uwagę szereg innych parametrów, które mogą wpłynąć na wybór ścieżki. Specyfika pojazdów elektrycznych wymusza wzięcie pod uwagę zapotrzebowania energetycznego wzdłuż odcinków sieci drogowej oraz ewentualnej możliwości doładowania akumulatorów w trakcie podróży. W Niemczech dostępny jest już serwis internetowy pozwalający na wyznaczenie trasy dla pojazdu elektrycznego [20]. Bierze on pod uwagę parametry wybranego pojazdu oraz niektóre kryteria wpływające na zużycie energii wzdłuż trasy. Gdy algorytm obliczy, że niemożliwe jest osiągnięcie celu bez uzupełnienia energii akumulatora wskaże najbliższy terminal oraz poda czas potrzebny na wystarczające ładowanie.

Czynniki wpływające na zapotrzebowanie energetyczne uwzględnione są w tym narzędziu w sposób uproszczony. Publikacja [9] prezentuje natomiast kompleksowe zestawienie parametrów oddziałujących na zużycie energii przez pojazd elektryczny:

- Warunki pogodowe (śnieg, deszcz, mgła, wiatr, oblodzenie, temperatura)
- Występowanie skrzyżowań (zasady pierwszeństwa, relacje skrętne)
- Sygnalizacja świetlna (liczba, czasy zatrzymań, odstęp pomiędzy skrzyżowaniami, występowanie synchronizacji)
- Gęstość ruchu
- Występowanie przejść dla pieszych
- Ograniczenia prędkości.

Aby zapewnić wiarygodny zestaw danych do wyznaczenia ścieżki z uwzględnieniem zużycia energii pojazdu niezbędnym jest wzięcie pod uwagę powyższych parametrów, a także czynników ze strony infrastruktury ładowania.

### Opis prowadzonego projektu

Projekt realizowany na Wyższej Szkole Zachodniej Saksonii (Westsächsische Hochschule Zwickau) w Zwickau finansowany jest przez rząd Saksonii i ma na celu stworzenie narzędzia, które pozwoli na skuteczne określenie zużycia energii i wyznaczenie trasy optymalnej pod względem zużycia energii. W związku z interdyscyplinarnością podjętej tematyki w prace nad projektem zaangażowane są wydziały: Technologii Pojazdów - Fakultät Kraftfahrzeugtechnik (odpowiedzialny za całościową metodykę prac oraz parametry i zapotrzebowanie energetyczne

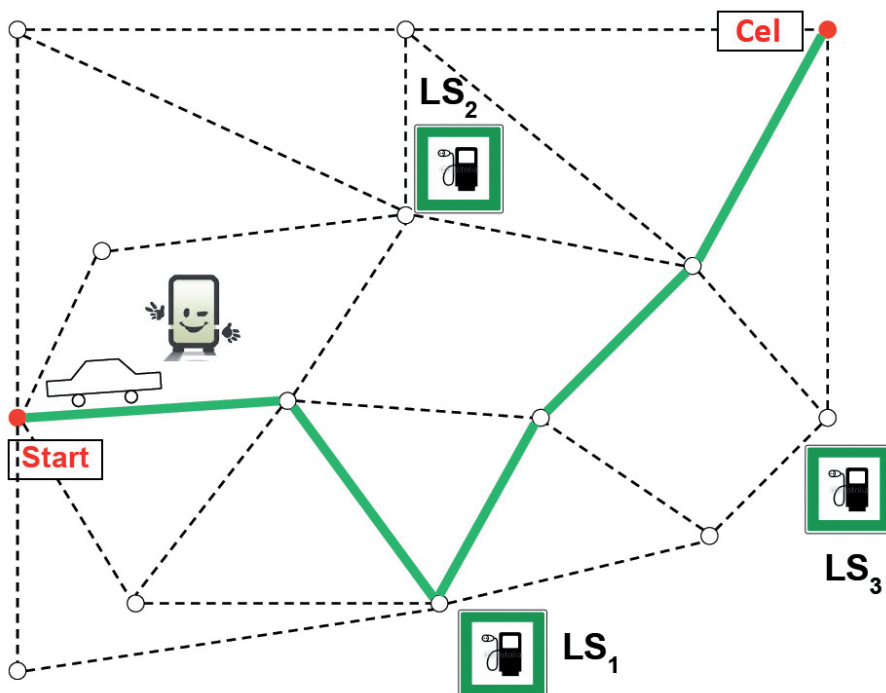
ze strony pojazdów), Ekonomiczny - Fakultät Wirtschaftswissenschaften (odpowiedzialny za modelowanie ruchu oraz symulacje) oraz Fizyki i Technologii Informatycznej - Fakultät Physikalische Technik/Informatik (odpowiedzialny za programowanie i wizualizacje). Osoby pracujące nad projektem zostały skupione w ramach Instytutu Energii i Transportu - Institut für Energie und Verkehr.

Metodyka postępowania przy budowie narzędzia umożliwiającego optymalną nawigację pojazdów elektrycznych uwzględnia:

- Ustalenie charakterystycznych parametrów poszczególnych pojazdów elektrycznych
- Sporządzenie profili zapotrzebowania energetycznego wzdłuż odcinków sieci drogowej
- Opracowanie optymalnego algorytmu wyszukiwania ścieżki
- Przygotowanie wizualizacji i interfejsu dla aplikacji nawigacyjnej.

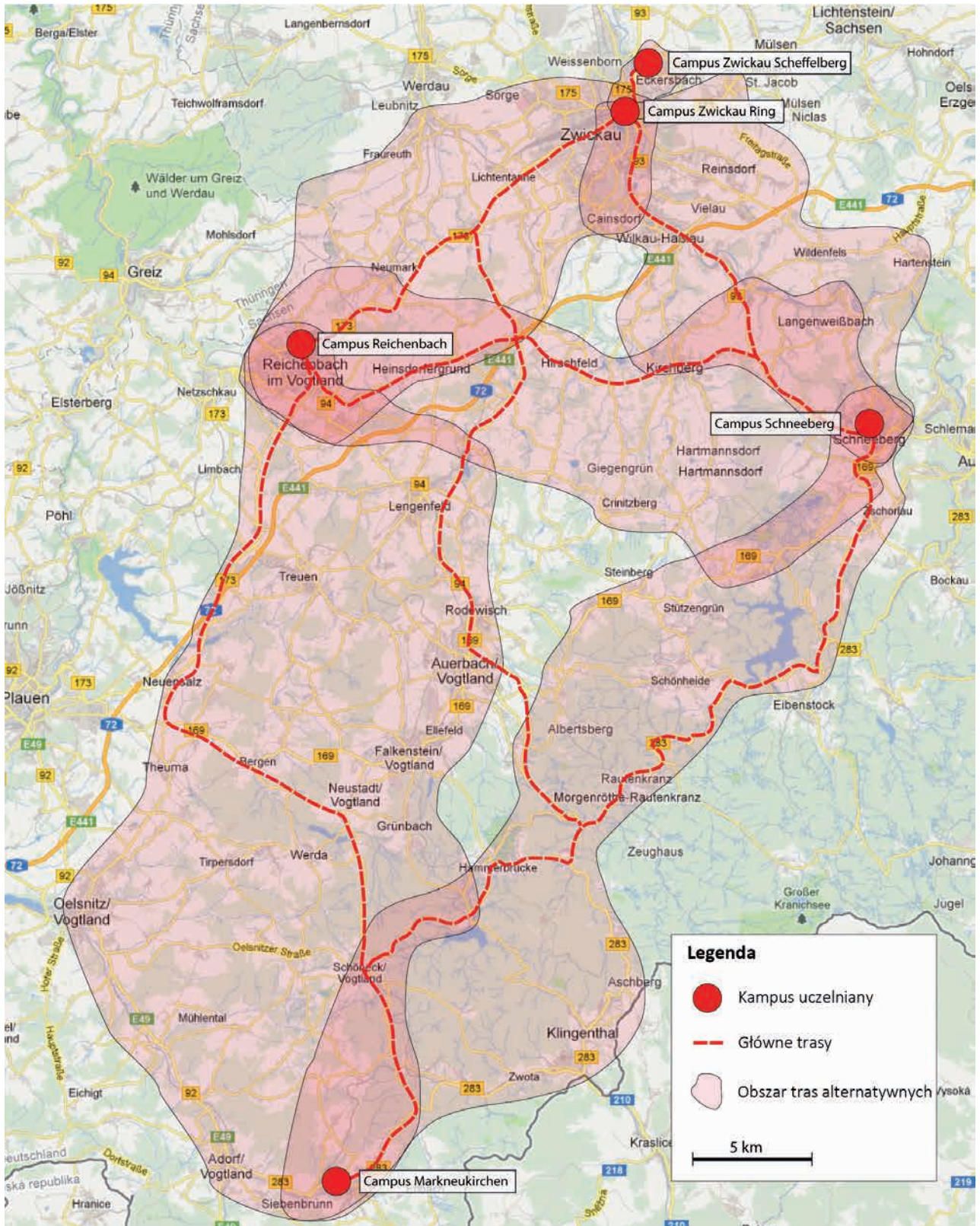
Szczegółowe parametry techniczne i fizyczne zostaną zbadane w uczelnianym instytucie przy użyciu aparatury pomiarowej oraz na podstawie jazd próbnych. Prace badawcze uwzględnią będą specyfikę pojazdów elektrycznych, pobór energii podczas jazdy, przyspieszania, odzyskiwanie energii przy hamowaniu, a także cykle ładowania oraz różnice ze strony infrastruktury ładowania. Niezależnie opracowywany jest algorytm, który weźmie pod uwagę wszystkie parametry sieci, typ pojazdu, położenie oraz charakterystykę stacji ładujących i obliczy optymalną pod kątem zużycia energii ścieżkę dotarcia do celu.

Kluczowym elementem właściwego funkcjonowania opracowywanego narzędzia będzie właściwe sparametryzowanie sieci drogowej pod kątem zapotrzebowania energetycznego. Wyliczone profile zapotrzebowania będą zawierać połączone informacje o warunkach infrastruktury drogowej i warunkach ruchowych. Sieć musi być dokładnie odwzorowana pod względem ukształtowania wysokościowego, promieni skrętów, rodzaju nawierzchni itp. Wydział Technologii Pojazdów opracowuje modele uwzględniające opory toczenia, opory powietrza, wpływ nachylenia drogi, zużycie energii przy przyspieszaniu i jej odzyskiwanie przy hamowaniu. W celu weryfikacji modeli zapotrzebowania energii kinetycznej przeprowadzony zostanie szereg jazd próbnych na symulatorze. Całościowy profil zapotrzebowania energii biorący pod uwagę ukształtowanie drogi, zużycie energii kinetycznej i termicznej zostanie nałożony na odcinki sieci wraz z danymi o ruchu drogowym. Wpływ wielkości ruchu na zużycie energii przez pojazdy elektryczne zostanie



1. Schemat działania nawigacji (Źródło: materiały projektu)





2. Obszar badawczy (Źródło: materiały projektu)

zbadany przy pomocy oprogramowania makro- i mikrosymulacyjnego oraz jazd testowych na symulatorze.

## Studia literatury

W dotychczasowych badaniach brakuje jednoznacznych wyników pozwalających określić zależności pomiędzy natężeniami ruchu, a zużyciem energii przez samochody elektryczne.

Tematyka dotycząca efektywnego zarządzania pojazdami elektrycznymi jest stosunkowo nowa, dlatego badania tego typu dopiero się rozpoczynają. W odniesieniu do samochodów o napędzie spalinowym, problem wyznaczenia zużycia energii jest problemem zużycia paliwa, a przez to również wiąże się z kwestią wyznaczenia poziomu emisji szkodliwych gazów. Mamy tu do czynienia z różnorodnym podejściem do ich badania.

Publikacja [7] opisuje użycie programu mikrosymulacyjnego PTV VISSIM połączonego z modułem pozwalającym na obliczenie poziomu emisji CMEM. Zużycie paliwa i emisje gazów służą tutaj do oceny różnych działań z zakresu zarządzania i organizacji ruchu. W artykule [1] oprócz programu mikrosymulacyjnego AIMSUN użyte zostało oprogramowanie EMME2 do makrosymulacji ruchu na obszarze włoskiej Florencji. Rozkład





3. Symulator Wydziału Technologii Pojazdowej (Źródło: Institut für Energie und Verkehr)

ruchu zrealizowany przy pomocy EMME2 pozwolił na wyznaczenie natężeń, czasów podróży oraz prędkości średnich na odcinkach. AIMSUN z kolei posłużył do szczegółowej analizy zachowań kierowców i został połączony z modułem obliczającym zużycie energii i emisji TEE. Autorzy [2] odnoszą się do badań z użyciem narzędzi makrosymulacyjnych i proponują skorzystanie z wykorzystującego podejście mikroskopowe programu PARAMICS. Pozwala on wyznaczyć zachowania poszczególnych pojazdów, ich trajektorie i profile prędkości. Zwrócono też została uwaga na wpływ warunków drogowych oraz oporów takich jak opory toczenia, opory powietrza, wpływ nachylenia drogi czy przyspieszeń pojazdu. Kwestia wyznaczenia oporów ruchu i wpływu infrastruktury była też przedmiotem badań w [6]. Tutaj obliczenia analityczne w zależności od warunków i zatłoczenia zostały użyte do porównania dwóch konkurencyjnych dróg w Wielkiej Brytanii.

Innym podejściem charakteryzują się badania opisane w [10]. W artykule tym przedstawiony jest sposób wyznaczania zużycia energii z fizycznego punktu widzenia. Wyznaczana jest energia kinetyczna pojazdów, a zużycie energii w postaci jej rozproszenia wyliczane jest z uwzględnieniem fundamentalnych zależności pomiędzy natężeniem ruchu, prędkością oraz gęstością. Dlatego wydatki energetyczne obliczane są dla różnych stopni kongestii, z uwzględnieniem również nachylenia drogi. Bardziej praktyczne podejście do zużycia energii przedstawione zostało w [3]. Badaniu poddany został

tutaj wpływ stylu jazdy na pobór paliwa. Na początek przeprowadzony został szereg jazd testowych w realnych warunkach z dużą grupą kierowców. Następnie opisany został przykład użycia symulatora. Autorzy biorą również pod uwagę pojazdy hybrydowe oraz elektryczne, zwracając uwagę na duże znaczenie, jakie ma wyznaczenia zapotrzebowania energetycznego, zwłaszcza dla tych ostatnich. Taki też będzie dalszy kierunek badań zespołu, przy użyciu zbudowanego symulatora.

Na wyznaczaniu zużycia energii przez pojazdy elektryczne skupiona jest publikacja [8]. Badaniom poddane zostały cztery różne modele analityczne. Wnioski zawierają porównanie tych modeli, brak jest jednak ich weryfikacji w praktyce. Przedstawione materiały wskazują na wciąż niedostateczne rozpoznanie tematu oraz przekonują o innowacyjności podejmowanej tematyki.

### Wyznaczenie zależności natężenie ruchu – zużycie energii

Zapotrzebowanie energetyczne, które zostanie zbadane w ramach prac na Wydziale Techniki Pojazdów nie będzie brało pod uwagę ruchu drogowego. Wyznaczone zostaną parametry w warunkach ruchu swobodnego. Kolejnym krokiem będzie uwzględnienie zmieniającego się natężenia ruchu. Aby wyznaczyć zależności pomiędzy zużyciem energii, a gęstością ruchu wybrano przykładowy obszar badawczy (rys. 2). Wyznaczony jest on przez pięć kampusów uczelnianych zlokalizowanych na terenie

Saksonii. Projektowane narzędzie pozwoli wyznaczyć trasę pomiędzy poszczególnymi oddziałami pod kątem optymalnego zużycia energii.

W tym obszarze dokonana zostanie szczegółowa inwentaryzacja sieci drogowej w celu wyznaczenia zapotrzebowania na energię ze strony infrastruktury drogowej. Również ten obszar zostanie przeniesiony do środowiska programu makrosymulacyjnego PTV VISUM. Więźba ruchu opracowana dla rozpatrywanego obszaru zostanie skalibrowana i zweryfikowana przy użyciu bardzo rozległej bazy pomiarów ruchu drogowego. Procedura rozkładu ruchu na sieć przeprowadzona dla skalibrowanych danych będzie prowadzić do wyznaczenia gęstości ruchu na odcinkach objętych analizą. Na tym etapie prac rozpatrywane będą statyczne dane na temat popytu na podróże. Obliczone na drodze symulacji dane na temat ruchu drogowego zostaną uwzględnione w bazie danych na temat odcinków sieci. Uzyskane z fundamentalnych zależności prędkości pojazdów zostaną powiązane z obliczonymi przez Wydział Techniki Pojazdów informacjami o zapotrzebowaniu energetycznym. W ten sposób sieć będzie zawierała dane na temat zużycia energii wywołanego wpływem infrastruktury oraz warunków ruchowych. Aby dostosować projekt do wykorzystania danych dynamicznych, gdyby takowe były dostępne, planuje się wyznaczenie zależności pomiędzy zużyciem energii, a gęstością ruchu na odcinku dla różnych zakresów.

Na obecnym, wstępnym etapie prac nad projektem zakładane są również dalsze badania przy użyciu oprogramowania mikrosymulacyjnego PTV VISSIM w celu zwiększenia dokładności analiz. Prace będą się koncentrować na symulacji ruchu dla różnego poziomu zatłoczenia komunikacyjnego. Im bardziej wartości natężeń będą się zbliżały do przepustowości, tym większy będzie wpływ innych pojazdów na drodze na zachowanie kierującego. Jazda przy dużym zatłoczeniu powoduje częste manewry przyspieszania i hamowania, które skutkuje znacznym zwiększeniem zapotrzebowania na energię. Dla różnych poziomów gęstości ruchu planuje się wyznaczenie profili prędkości na odcinku. Dane na temat profili prędkości wzięte z programu do mikrosymulacji oraz z modeli analitycznych obliczonych w programie MATLAB posłużą do dalszych prac nad wyznaczeniem zużycia energii.

## Prace z użyciem symulatora oraz jazdy testowe w rzeczywistych warunkach

Danymi wejściowymi do prac na symulatorze będą wyznaczone profile prędkości dla różnych gęstości ruchu. Jazdy testowe z użyciem symulatora (rys. 3) pozwolą na wyznaczenie i zweryfikowanie zużycia energii w warunkach ruchu swobodnego oraz dla różnych poziomów natężenia ruchu. Planuje się przeprowadzić odpowiednio dużą liczbę pomiarów, aby w sposób wiarygodny wyznaczyć badane zależności. Następnie przy pomocy metod matematycznych i statystycznych dokonana zostanie ocena wyników i wyznaczenie zależności gęstość ruchu – zużycie energii. Wyznaczone profile zapotrzebowania energetycznego dla odcinków sieci posłużą jako dane dla algorytmu wyszukiwania optymalnej energetycznie ścieżki. Opracowanie algorytmu oraz narzędzia do wizualizacji pozwoli na przejście do ostatniego etapu prac, czyli weryfikacji funkcjonowania narzędzia.

Ocena działania systemu będzie się opierała na testach na odcinkach teoretycznych oraz na rzeczywistych przejazdach na obszarze objętym analizą. Testy pozwolą na ewaluację sprawności i dokładności opracowanego narzędzia. Rzeczywiste warunki drogowe i ruchowe oraz procedura wyboru ścieżki pomiędzy kampusami w Zwickau, Reichenbach, Marneukirchen i Schneebergu pozwolą na właściwą weryfikację skuteczności przyjętej metodyki. Wszelkie niedokładności zostaną poddane optymalizacji w celu poprawienia funkcjonowania projektowanego narzędzia.

## Podsumowanie

Planowane działania mają na celu zwiększenie wygody korzystania z pojazdów elektrycznych, a przez to do wzrostu ich udziału w ruchu drogowym. Kluczem do właściwego funkcjonowania rynku samochodów elektrycznych jest zdolność do realistycznej prognozy zapotrzebowania na energię ze strony pojazdu. System, który będzie otrzymywał kompleksowe dane na temat warunków, infrastruktury oraz ruchu drogowego powinien zapewniać właściwe wyliczenie zużycia energii i optymalne nawigowanie w sieci. Opracowanie takiego narzędzia jest celem opisywanego projektu. Badania, pomiary, jazdy próbne na symulatorze oraz w realnych warunkach dadzą odpowiedź, co do poprawności przyjętej metodyki i jej skuteczności w dalszych pracach. Prace prowadzone będą dla wybranego obszaru analizy jednak celem jest zbudowanie ogólnego narzędzia pozwalającego na optymalne nawigowanie pojazdów elektrycznych. Dodatkowo partnerzy zaangażowani w projekt gwarantują wykorzystanie teoretycznych prac w praktyce. Opracowane narzędzia i procedury będą służyły w kolejnych pracach badawczych nad wprowadzaniem pojazdów elektrycznych w coraz szerszym zakresie. ◀

## Materiały źródłowe

- [1] Ambrosino G., Bielli M., Carotenuto P., Romanazzo M., Sassoli P.: *A modelling framework for impact assessment of urban transport systems*, Transportation Research Part D 4, 1999
- [2] Barth M., Boriboonsomsin K.: *Energy and emissions impacts of a freeway-based dynamic eco-driving system*, Transportation Research Part D 14 2009
- [3] Baumann G., Grimm M., Piegsa A., Reuss H-Ch., Rumbolz P., *Analyse des Fahrereinflusses auf den Energieverbrauch von konventionellen und Hybridfahrzeugen mittels Fahrversuch und interaktiver Simulation*, SIMVEC - Berechnung und Simulation im Fahrzeugbau., VDI-Berichte Nr. 2107, 2010
- [4] Benysek G., Jarnut M.: *Electric vehicle charging infrastructure in Poland*, Renewable and Sustainable Energy Reviews Vol.16 2012
- [5] Börjesson M., Eliasson J., Hugosson M. B., Brundel-Frelj K.: *The Stockholm congestion charges - 5 years on. Effects, acceptability and lessons learnt*, Transport Policy Vol.20 2012

- [6] Burgess S.C., Choi J.M.J.: *A parametric study of the energy demands of car transportation: a case study of two competing commuter routes in the UK*, Transportation Research Part D 8, 2003
- [7] Chen K., Yu L.: *Microscopic Traffic-Emission Simulation and Case Study for Evaluation of Traffic Control Strategies*, Journal of Transportation Systems Engineering And Information Technology, Vol.7 2007
- [8] Deng Ch., Qian Y., Tang T., Yang S.: *Electric vehicle's energy consumption of car-following models*, Nonlinear Dynamics Vol.71, 2013
- [9] Gong Q., Marano V., Rizzoni G., Tulpule P.: *Intelligent Energy Management of Plug-In Electric Vehicles with Environment and Traffic Awareness*, Themenheft Forschung, 2011
- [10] Kühne R., Liebe Ch., Mahnke R.: *From traffic breakdown to energy flow analysis*, Transportation Research Part C 19, 2011
- [11] Lutz M.: *The low emission zone in Berlin – results of a first impact assessment*, Workshop on "NOx: Time for Compliance", Birmingham, 2009
- [12] An Electric Vehicle Delivery Plan for London, Mayor of London Publications, maj 2009
- [13] Bundesregierung, Etablierung der Nationalen Plattform Elektromobilität – Gemeinsame Erklärung von Bundesregierung und deutscher Industrie, maj 2010
- [14] Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka Działanie 5.1 Dyfuzja Innowacji, *Budowa rynku pojazdów elektrycznych, infrastruktury ich ładowania – podstawą bezpieczeństwa energetycznego*
- [15] Uchwała nr XXXIV/755/13 Rady Miasta Katowice z dnia 6 marca 2013 r. w sprawie ustalenia strefy płatnego parkowania dla pojazdów samochodowych na drogach publicznych na obszarze miasta Katowice
- [16] Uchwała nr XXVIII/404/2012 z dnia 29 listopada 2012 r. w sprawie ustalenia strefy płatnego parkowania pojazdów samochodowych na drogach publicznych w Tarnowie oraz wysokości opłat za parkowanie pojazdów w tej strefie i sposobu ich pobierania
- [17] Uchwała nr XX/564/12 z dnia 25 czerwca 2012 r. w sprawie ustalenia strefy płatnego parkowania, opłat za parkowanie pojazdów samochodowych na drogach publicznych Miasta Szczecin oraz sposobu ich pobierania
- [18] www.bip.krakow.pl
- [19] www.cclondon.com
- [20] www.erouting.net