

Michał A. Jaroszyński

North Dakota State University, Department of Transportation and Logistics

POJAZDY AUTONOMICZNE: SCENARIUSZE ORGANIZACYJNE ORAZ SZANSE I ZAGROŻENIA DLA ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU

Rękopis dostarczono: marzec 2018

Streszczenie: Z prowadzonej obecnie na wielu płaszczyznach dyskusji na temat pojazdów autonomicznych wyłaniają się dwa scenariusze ich wprowadzania do miejskich systemów transportowych: 1) automatyzacja i inne usprawnienia obecnych samochodów osobowych 2) tworzenie sieci pojazdów tzw. mobilności współdzielonej. W artykule omówiono wybrane zagadnienia planistyczno-organizacyjne dotyczące tych scenariuszy oraz przeanalizowano ich wpływ na kluczowe elementy polityki zrównoważonego rozwoju transportu. Na podstawie analizy wykazano, iż automatyzacja ruchu drogowego może znacząco usprawnić mobilność na terenach miejskich, jednocześnie realizując liczne cele strategii zrównoważonego rozwoju. Stwierdzono jednak także, iż niesie za sobą także pewne zagrożenia, które można jednak zniwelować za pomocą szerokiej koordynacji działań organizacyjnych i odpowiedniego, wielowymiarowego przygotowania systemów transportowych do nowej technologii.

Słowa kluczowe: samochody autonomiczne, zrównoważony rozwój, organizacja transportu

1. WSTĘP

Powszechna automatyzacja ruchu drogowego zajmuje obecnie czołową pozycję w debacie na temat kierunków rozwoju technologii transportu, obejmującej nie tylko świat nauki, ale również przemysł motoryzacyjny, firmy informatyczne, czy też organizacje międzynarodowe i instytucje państwowe. Idea pojazdów autonomicznych wciąż niesie za sobą wiele niewiadomych, dotyczących m.in. modelu organizacyjnego, według którego pojazdy te zostaną włączone do istniejących obecnie miejskich systemów transportowych. Pomimo tych niewiadomych, już teraz możemy wyróżnić kilka koncepcji funkcjonowania pojazdów autonomicznych, i dokonać wstępnej analizy ich potencjalnego wpływu na sieci transportowe w obszarach zurbanizowanych [1], [2].

Większość badań i dyskusji dotyczących samochodów autonomicznych skupia się jak dotąd na aspektach technologicznych, a więc kwestiach takich jak sterowanie ruchem czy łączność pomiędzy pojazdami. Mniej uwagi poświęca się zagadnieniom planistyczno-organizacyjnym, a także wpływowi tych pojazdów na społeczeństwo i środowisko naturalne. Co więcej, niektóre koncepcje automatyzacji ruchu drogowego stawiają za główny cel

dalsze doskonalenie pojazdów samochodowych i poprawę płynności poruszania się samochodów prywatnych, co w przypadku braku odpowiedniego zarządzania może poskutkować znacznym zwiększeniem natężenia ruchu samochodów w miastach, naruszając wytyczne polityki zrównoważonego rozwoju transportu.

Poniższy artykuł ma na celu przedstawienie zarysu najpopularniejszych scenariuszy wprowadzenia pojazdów autonomicznych do powszechnego użytku, omówienie powiązanej z tym tematem literatury, oraz przeanalizowanie tychże scenariuszy pod kątem potencjalnego wpływu na realizację celów zrównoważonego rozwoju transportu.

2. SCENARIUSZE I ZAGADNIENIA ORGANIZACYJNE FUNKCJONOWANIA POJAZDÓW AUTONOMICZNYCH

2.1. DWA SCENARIUSZE: POJAZD PRYWATNY I WSPÓLDZIELONY

Samochody autonomiczne znajdują się wciąż w fazie projektowo-badawczej, i jak już wspomniano we wstępie, w dalszym ciągu nie jesteśmy w stanie jednoznacznie określić dokładnego scenariusza ich wprowadzenia do powszechnego użytku. Jednak na podstawie toczącej się na różnych płaszczyznach dyskusji można już dziś wyróżnić dwie popularne koncepcje organizacyjne, określające tryb funkcjonowania tych pojazdów w obrębie obecnych systemów transportowych [3], [10].

Pierwszy z powszechnych scenariuszy zakłada udoskonalanie samochodu osobowego znanego pod obecną postacią (por. Rys. 1) i eliminację większości z jego istotnych wad [3], [4]. Scentralizowany system kontroli ruchu drogowego w połączeniu z telematycznym wyposażeniem pojazdu zredukują niemal do zera ryzyko kolizji drogowych, a co za tym idzie, zwiększą wielokrotnie bezpieczeństwo podróży. Systemy nadzoru mają też znacznie usprawnić zarządzanie ruchem drogowym, poprzez dynamiczne dostosowywanie prędkości, płynności i kierunku ruchu do bieżącego natężenia. Automatyzacja pozwoli również zmniejszyć odległości pomiędzy poszczególnymi pojazdami, co zwiększy przepustowość infrastruktury komunikacyjnej i zmniejszy zużycie energii, a także dobierać trasę przejazdu w zależności od aktualnych warunków drogowych. Mechanizmy kontroli ruchu mogą dodatkowo optymalizować funkcjonowanie systemu transportowego, np. poprzez dynamicznie zmieniające się opłaty za przejazd w godzinach szczytu.

Druga z popularnych koncepcji automatyzacji ruchu ulicznego obejmuje stworzenie systemów tzw. mobilności współdzielonej, w której pojazd nie będzie ściśle przypisany do właściciela, lecz będzie używany przez większą grupę osób [5], [6], [7]. Istnieją różne założenia dla funkcjonowania takich systemów: sieci zamknięte, w której z pojazdu korzysta grupa powiązanych ze sobą osób (np. rodziny, sąsiedzi, współpracownicy), bądź też sieci ogólnodostępne, funkcjonujące na zasadach podobnych do dynamicznie rozwijających się obecnie usług para-taksówkarskich takich jak np. „Uber”. Sieci współdzielone mogą stać się również częścią systemów komunikacji zbiorowej, zapewniając wysoką częstotliwość

przewozów, dostępność, i niższe koszty podróży w porównaniu z samochodami prywatnymi (por. rys. 1). Warto w tym miejscu nadmienić, iż obie przytoczone tu koncepcje nie wykluczają się – samochody współdzielone będzie zapewne charakteryzować większość cech technicznych opisanych w poprzednim akapicie. Kluczową różnicą pozostaje jednak struktura własnościowo-organizacyjna systemu – w pierwszym wariantcie przyjmuje się kontynuację obecnego modelu, w którym większość aut jest przywiązana do pojedynczego gospodarstwa domowego lub organizacji, w drugim współdzielenie własności lub tymczasowe użytkowanie pojazdu w ramach zapotrzebowania, co potencjalnie może umożliwić znaczną redukcję łącznego natężenia ruchu drogowego.



Rys. 1. Dwie powszechne wizje prezentowane przez krzewicieli idei pojazdów autonomicznych: luksusowy samochód osobowy (z lewej) i współdzielone mikrobusy (z prawej). Źródła: [7], [8].

2.2. DOSTOSOWANIE SYSTEMÓW TRANSPORTOWYCH DO POJAZDÓW AUTONOMICZNYCH

W chwili obecnej pojazdy autonomiczne wciąż pozostają w fazie próbnej i nigdzie na świecie nie zostały jak dotąd wprowadzone do regularnej eksploatacji. Dlatego też publikacje naukowe i techniczne omawiające zagadnienia organizacyjne z zakresu funkcjonowania systemów transportowych wciąż opierają się głównie na hipotezach, domysłach, i teoretycznych propozycjach rozwiązań. Kilka niedawno opublikowanych prac prezentuje kompleksowe podejście do tematu, omawiając szeroki wachlarz tematów istotnych z punktu widzenia automatyzacji ruchu, a także wskazując na dalsze kierunki badań i analiz [1], [11], [12], [20]. W tab. 1 (str. 4) przedstawiono zarys najistotniejszych zagadnień organizacyjnych omówionych szczegółowo w jednym z tych opracowań.

Spora część literatury poświęconej zagadnieniom organizacyjnym skupia się na sieciach pojazdów współdzielonych. Oprócz ogólnych założeń, przedstawione są propozycje modeli optymalizujących funkcjonowanie systemów mobilności współdzielonej, z symulacjami zapotrzebowania i relacji podróży obliczonymi na podstawie wskaźników średniej liczby podróży generowanej przez poszczególne rodzaje gospodarstw domowych [13], [14], [15].

W ostatnim czasie w literaturze pojawiło się również kilka prac omawiających bardziej szczegółowe aspekty poruszania się samochodów autonomicznych na terenach zurbanizowanych. Jednym z takich istotnych, lecz często pomijanych problemów są

interakcje pomiędzy pojazdami autonomicznymi a niezmotoryzowanymi uczestnikami ruchu, tj. pieszymi i rowerzystami, którzy nie będą podlegać kontroli systemów sterowania ruchem [16]. Inną kwestią, interesującą z punktu widzenia planowania sieci transportowych, jest optymalizacja podaży miejsc parkingowych w centrach dużych miast. Odpowiednio zaprogramowane systemy zarządzania i sieci mobilności współdzielonej, powinny znacznie obniżyć zapotrzebowanie na miejsca parkingowe, pozwalając zagospodarować zajmowaną przez nie przestrzeń na inne cele [17].

Tablica 1

Wybrane zagadnienia planistyczno-organizacyjne związane z samochodami autonomicznymi oraz potencjalne kierunki ich rozwoju (na podstawie [11])

Zagadnienie	Scenariusz optymistyczny	Scenariusz pesymistyczny
Model własnościowy	Pojazdy współdzielone	Pojazdy prywatne o wysokich kosztach zakupu i utrzymania
Dostępność	Dostępne dla wszystkich grup społecznych	Jak wyżej – dostęp ograniczony dla osób o wysokim statusie majątkowym
Ochrona środowiska	Silny nacisk na kwestie ochrony środowiska przy projektowaniu i organizacji ruchu	Pomijanie kwestii środowiskowych, zwiększenie zużycia surowców nieodnawialnych
Koordinacja systemów sterowania ruchem	Systemy pojazdów autonomicznych tworzone na zasadzie kooperacji i współpracy różnych firm i instytucji.	Agresywna konkurencja pomiędzy producentami i operatorami, brak koordynacji różnych systemów
Transport publiczny	Pojazdy autonomiczne włączone w obecne systemy transportu publicznego, kontynuacja wsparcia finansowego	Instytucje państwowe skupiają się na promowaniu rozwoju samochodów autonomicznych, ignorując systemy komunikacji zbiorowej.
Planowanie przestrzenne	Zwiększanie jakości życia na terenach zurbanizowanych za pomocą przyjaznych mieszkańcom układów przestrzennych	Układ przestrzenny dostosowywany do ruchu potrzeb pojazdów autonomicznych.

W dyskusję na temat przyszłości pojazdów autonomicznych aktywnie włączają się także przedstawiciele przemysłu samochodowego, firm transportowych oraz teleinformatycznych. Na podstawie publikowanych przez owe instytucje raportów z badań czy też materiałów promocyjnych stwierdzić można, że pojazd autonomiczny ma stanowić dla sektora prywatnego przede wszystkim kolejną fazę ewolucji samochodu osobowego. Niewiele uwagi poświęca się natomiast kwestiom istotnym z punktu widzenia planowania systemów transportowych, poza wspomnianymi już w pkt. 2.1 ogólnymi założeniami określającymi tryb funkcjonowania pojazdów autonomicznych [18], [19].

Do szerokiego spektrum organizacji zaangażowanych w tematykę pojazdów autonomicznych zaliczyć należy też instytucje publiczne i władze państwowe. W chwili obecnej ich udział obejmuje głównie wsparcie dla prac badawczych, udostępnianie dróg publicznych dla jazd próbnych, i tworzenie ogólnych założeń organizacyjnych. Jednocześnie jak dotąd nie są podejmowane konkretne decyzje czy regulacje prawne jednoznacznie określające tryb wprowadzenia pojazdów autonomicznych do powszechnej eksploatacji. Przykładowo, jak pokazały analizy długoterminowych (zwykle 25-letnich) strategii transportowych w największych metropoliach amerykańskich [21], większość z nich nie zawiera jakichkolwiek wiążących ustaleń dotyczących dostosowania układu transportowego do pojazdów autonomicznych. Brak jasnych wizji co do generalnego modelu techniczno-organizacyjnego automatyzacji powoduje, że władze lokalne

i regionalne nie chcą na razie podejmować określonych decyzji planistycznych w tym zakresie. Wynika to z obarczenia takich decyzji wysokim ryzykiem z racji licznych niewiadomych a także istnienia bardziej pilnych potrzeb inwestycyjnych. Z drugiej jednak strony, wiele miast deklaruje zainteresowanie nowymi technologiami i uważa je za remedium dla zatłoczonych dróg i innych negatywnych skutków motoryzacji, w podobny sposób jak czynią to koncerny motoryzacyjne. Według Freemarka Y. [22], sytuacja ta częściowo przypomina okres powojennej fascynacji motoryzacją indywidualną, który w wielu krajach zachodnich skutkował gwałtownym rozwojem infrastruktury drogowej przy jednoczesnym drastycznym ograniczeniu roli transportu publicznego.

2.3. WPŁYW POJAZDÓW AUTONOMICZNYCH NA ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ SYSTEMÓW TRANSPORTOWYCH

Polityka zrównoważonego rozwoju jest obecnie jednym z podstawowych paradygmatów planowania systemów transportowych, i ma celu przede wszystkim zniwelowanie negatywnych skutków motoryzacji indywidualnej, takich jak zanieczyszczenie powietrza, kongestia, eksurbanizacja, nierówności w dostępności transportu, oraz gwałtownie rosnące koszty infrastruktury. Pod pojęciem „zrównoważonego rozwoju transportu powszechnie przyjmuje się pod tym pojęciem zestaw działań i uregulowań, mających na celu realizację wyżej opisanej strategii, a także tworzenie sprawnych, bezpiecznych, i efektywnych systemów transportowych [23], [24]. W tab. 2 przedstawiono podsumowanie elementów polityki zrównoważonego rozwoju transportu powszechnie obecnych w literaturze naukowej.

Tablica 2

Powszechnie przyjęte elementy polityki zrównoważonego rozwoju systemów transportowych (na podstawie [23] – [26]).

Ochrona środowiska i ochrona zdrowia publicznego, racjonalna gospodarka zasobami naturalnymi	Ścisła koordynacja procesów planowania i zarządzania systemami transportowymi oraz strategii wdrożeniowych zrównoważonego rozwoju	Zapewnienie równego dostępu do usług transportowych dla wszystkich użytkowników
Promocja środków transportu alternatywnych dla motoryzacji indywidualnej (np. transport zbiorowy)	Wprowadzanie nowych technologii środków transportu i infrastruktury	Zbilansowanie kosztów i korzyści ekonomicznych i społecznych poszczególnych inwestycji transportowych
Integracja i koordynacja zagospodarowania przestrzennego z systemami transportowymi	Wspieranie intermodalności transportu, z naciskiem na ograniczanie roli transportu drogowego.	Otwartość i przejrzystość procesu planowania systemów transportowych

W ciągu ostatnich kilku dekad, założenia zrównoważonego rozwoju były w krajach stopniowo wprowadzane do planów transportowych państw Europy i Ameryki Pn. Obecnie stanowią one również jedno z głównych kryteriów oceny projektów i dystrybucji funduszy infrastrukturalnych. Dlatego jednym z istotnych zagadnień w obliczu planowanego wprowadzenia do ruchu pojazdów autonomicznych jest przeanalizowanie ich wpływu na

elementy polityki zrównoważonego transportu. W punktach 2.3.1 – 2.3.5 przedstawiono zarys takiej analizy, obejmującej pięć kluczowych obszarów wspomnianej wyżej polityki.

2.3.1 Wpływ na środowisko, zdrowie publiczne i wykorzystanie zasobów naturalnych

W literaturze poświęconej samochodom autonomicznym powszechnie przyjmuje się iż będą one napędzane przez silniki elektryczne bądź hybrydowe, które to zresztą już dziś znajdują się w coraz powszechniejszym użyciu. Ewentualne zwiększenie natężenia przewozów samochodami prywatnymi i innymi pojazdami o małej pojemności nie powinno więc teoretycznie mieć istotnego wpływu na środowisko naturalne i zdrowie publiczne, jednak stanie się tak tylko wtedy, gdy zdecydowana większość tych pojazdów będzie zasilana energią elektryczną uzyskiwaną ze źródeł odnawialnych, a wyżej wspomniane napędy nie będą generować innych skutków ubocznych dla środowiska.

Oprócz zanieczyszczenia powietrza, pojazdy samochodowe wywierają również inne rodzaje negatywnego wpływu na środowisko naturalne i zdrowie ludzkie, który niekoniecznie zostanie wyeliminowany za sprawą automatyzacji i wprowadzenia napędów alternatywnych. Nadmierny przyrost liczby pojazdów, i powiązana z tym dynamiczna rozbudowa infrastruktury drogowej, może zaszkodzić obszarom chronionym, spowodować pogorszenie jakości życia w miastach oraz pociągnąć za sobą inne skutki opisane w pkt. 2.3.2. Natomiast wprowadzenie powszechnego, szeroko dostępnego systemu mobilności współdzielonej powinno przynieść odwrotne, pozytywne efekty dla środowiska za sprawą zmniejszenia potrzeb infrastrukturalnych i wykorzystania zasobów nieodnawialnych.

2.3.2 Wpływ na planowanie przestrzenne obszarów zurbanizowanych

Struktura przestrzenna obszarów zurbanizowanych była od zawsze ściśle związana z technologią transportu. Gwałtowny rozwój motoryzacji indywidualnej, który nastąpił w krajach zachodnich po II Wojnie Światowej stał się jednym z głównych czynników odpowiedzialnych za proces eksurbanizacji czyli nadmiernej ekspansji przestrzennej miast. Niekontrolowane rozprzestrzenianie się obszarów miejskich pociągnęło za sobą negatywne skutki takie jak wysokie koszty infrastruktury, kongestia i zanieczyszczenia, czy też degradacja transportu publicznego.

Wprowadzenie do ruchu pojazdów autonomicznych może pogłębić wyżej wymienione zjawiska i zniweczyć wysiłki mające na celu zahamowanie nadmiernego rozrostu miast. Obecnie kongestia, ceny paliwa, czy świadome ograniczenia mobilności i dostępności dla samochodów prywatnych stanowią jedną z podstawowych barier ograniczających ekspansję terenów miejskich. Automatyzacja ruchu i system współdzielenia pojazdów zniszczy owe bariery i może spowodować intensyfikację wspomnianych powyżej niekorzystnych procesów rozprzestrzeniania się miast. Jednocześnie redukcja czy wręcz całkowita eliminacja kongestii, często przytaczana przez krzewicieli idei automatyzacji ruchu, może mieć charakter tymczasowy; w dłuższym okresie, zwiększenie natężenia pojazdów skonsumentów dodatkową przepustowość, uzyskaną za pomocą ulepszonego zarządzania potokami ruchu, zgodnie z zasadą tzw. popytu wzbudzanego [27].

Z drugiej zaś strony, dobrze zaprojektowany system mobilności współdzielonej może doprowadzić do ogólnego ograniczenia udziału samochodów w miejskich systemach transportowych, i stanowić jedno z narzędzi kontroli rozwoju przestrzennego miast. Wysoka dostępność i mobilność w centralnych, silnie zurbanizowanych dzielnicach stanowić będzie zachętę do zamieszkiwania w tych obszarach. Redukcja liczby pojazdów stwarza także szansę na uspokojenie ruchu i zmniejszenie rozmiarów infrastruktury drogowej (np. przebudowę szerokich arterii w centrach miast) na rzecz większej przestrzeni dla niezmotoryzowanych uczestników ruchu, co stanowi od dawna jeden z istotnych postulatów strategii zrównoważonego rozwoju.

2.3.3 Wpływ na równy dostęp do usług transportowych

Pod pojęciem równego dostępu do usług transportowych zwykle rozumie się zapewnienie mobilności dla wszystkich obywateli, bez względu na status majątkowy, sprawność ruchową, czy miejsce zamieszkania. Systemy mobilności współdzielonej stanowią niewątpliwą szansę dla zwiększenia równego dostępu i zaferowania w miarę taniego, efektywnego i dostępnego na każde żądanie transportu. Automatyzacja uczyni motoryzację dostępną dla osób niemogących obecnie prowadzić samochodu z uwagi na ograniczenia zdrowotne czy prawne. System współdzielenia powinien jednocześnie znacznie zredukować uśrednione koszty przemieszczania ponoszone przez osoby indywidualne, jak i też makroekonomiczne koszty utrzymania systemów transportowych.

Powyższe usprawnienia będą możliwe jednak tylko pod warunkiem stworzenia odpowiednich uregulowań prawnych, a także współdziałania finansowanego i organizacyjnego państwa na podobnych zasadach do obecnego wsparcia udzielanego transportowi publicznemu. W innym wypadku, koszt codziennego użytkowania pojazdów autonomicznych, nawet w systemie współdzielonym, może stać się zbyt wysoki dla większości społeczeństwa, a prywatni operatorzy mogą dodatkowo wykluczać z grona klientów określone obszary, czy też osoby poniżej określonego poziomu dochodów.

2.3.4 Wpływ na zrównoważony bilans ekonomiczny systemów transportowych i odpowiedzialne gospodarowanie środkami inwestycyjnymi

Zrównoważony rozwój systemów transportowych oznacza również utrzymanie stabilnej równowagi pomiędzy kosztami, a zyskami (zarówno monetarnymi jak i społecznymi), a także rozsądne gospodarowanie funduszami przeznaczanymi na infrastrukturę transportową. Wprowadzenie do powszechnego użytku samochodów autonomicznych, niezależnie od scenariusza, wymagać będzie stworzenia zaawansowanych systemów zarządzania ruchem i dostosowania infrastruktury do nowych użytkowników. Niezbędna będzie staranna dbałość w szczególności o elementy wyznaczające tor ruchu pojazdów, takie jak np. oznakowanie poziome jezdni. Nacisk społeczny na zapewnienie dogodnych warunków dla automatyzacji ruchu może jednak powodować naruszenie zrównoważonego bilansu ekonomicznego: instytucje państwowe będą starały się zrealizować zapotrzebowanie na dostosowanie infrastruktury w krótkim okresie, nie zważając na koszty i ignorując inne potrzeby transportowe. Wspomniany wcześniej efekt tzw. popytu wzbudzanego może

zniwelować spadek kongestii i w dłuższej perspektywie wymóc konieczność wznowienia intensywnej rozbudowy dróg.

Z drugiej zaś strony, przerzucenie przynajmniej części kosztów na inwestorów prywatnych, zainteresowanych sprzedażą innowacyjnej technologii, a także przyznanie priorytetu rozwiązaniom opartym na mobilności współdzielonej, może skutkować zmniejszeniem ogólnych wydatków budżetowych na infrastrukturę drogową, oraz kosztów społecznych transportu drogowego. Ostateczny bilans ekonomiczny automatyzacji będzie zależał od konkretnych uregulowań prawnych, metod podziału kosztów infrastruktury pomiędzy użytkowników, operatorów, i zarządców dróg, oraz polityki państwa wobec poszczególnych rodzajów pojazdów autonomicznych.

2.3.5 Wpływ na procesy planowania systemów transportowych i strategię wdrożeniową zrównoważonego rozwoju

Polityka zrównoważonego transportu z uwagi na swą złożoność i wielowymiarowość wymaga efektywnej koordynacji, planowania, i zarządzania. Rola nadzorca tejże polityki przypada instytucjom publicznym, które kierują się w swych działaniach interesem społecznym i są w stanie przedłożyć realizację polityki zrównoważonego rozwoju ponad maksymalizację zysków ekonomicznych.

W dotychczasowym trybie prac nad automatyzacją ruchu drogowego możemy dostrzec pewne zagrożenia dla dalszego funkcjonowania wspomnianych wyżej mechanizmów. Prywatne firmy motoryzacyjne i teleinformatyczne prowadzą nieskoordynowane działania, co może zaowocować powstaniem niekompatybilnych technologii i uniemożliwić płynne dostosowanie systemów transportowych do autonomizacji. Zwłaszcza pierwszy z omówionych w pkt. 2.1 scenariuszy, zakładający udoskonalanie samochodów osobowych znanych pod obecną postacią może zachwiać obecnymi procesami planowania i zniwelować wysiłki mające na celu realizację strategii zrównoważonego rozwoju kolei powstrzymanie tych negatywnych trendów może przynieść odwrotne, pozytywne efekty, w postaci stworzenia szerokiego aliansu instytucji, firm, czy placówek badawczych, który będzie nadzorował i koordynował wprowadzenie pojazdów autonomicznych do powszechnego użytku.

3. WNIOSKI I REKOMENDACJE

W artykule podsumowane zostały popularne koncepcje wprowadzenia samochodów autonomicznych do miejskich systemów transportowych. Przedyskutowano również wynikające zeń szanse i zagrożenia dla zrównoważonego rozwoju owych systemów. Jak wskazano, przyszłość zautomatyzowanej mobilności jest wciąż niezdefiniowana jeśli chodzi o dokładny model organizacyjny, określający zasady funkcjonowania pojazdów autonomicznych. Nie można w tej chwili jednoznacznie stwierdzić, na jakich zasadach pojazdy te będą mogły poruszać się po istniejącej sieci drogowej i jak zorganizowane będą systemy ich nadzoru i sterowania. Niewiadomą pozostaje też procentowy udział w ruchu

drogowym pojazdom współdzielonych i prywatnych, oraz jak dokładnie będzie wyglądać struktura właścicielska i organizacyjna systemów autonomicznych. Jednak już teraz można określić jak pojazdy autonomiczne będą w stanie usprawnić mobilność na terenach zurbanizowanych, jednocześnie zwracając uwagę na możliwe negatywne skutki ich implementacji.

Z przeprowadzonej analizy wywnioskować można, iż kluczowym dla zachowania obecnych pryncypiów zrównoważonego transportu jest ścisła koordynacja działań mająca na celu stworzenie jednolitej strategii wprowadzania samochodów autonomicznych do miejskich systemów transportowych. O ile kwestie technologiczne pozostaną w dużej mierze domeną sektora prywatnego, to do zadań instytucji publicznych należą nadzór i regulacja procesu automatyzacji, tworzenie zachęt dla rozwiązań prospołecznych i środowiskowych, oraz utrzymanie zasad zrównoważonego rozwoju jako fundamentów funkcjonowania wszystkich systemów transportowych. Pojazdy autonomiczne powinny stać się dobrem powszechnym, wspierając mobilność i dostępność wszystkich obywateli, a nie jedynie innowacją mającą na celu zwiększenie sprzedaży samochodów prywatnych. W innym wypadku, automatyzacja może nieść za sobą liczne negatywne skutki, opisane w pkt. 2.3.1 – 2.3.5.

Na podstawie powyższych rozważań i analiz można też wskazać kierunki dalszych badań naukowych w zakresie dostosowywania sieci transportowych do wprowadzenia samochodów autonomicznych, przy jednoczesnym zachowaniu reguł zrównoważonego rozwoju. Wśród potencjalnych tematów kolejnych prac można wymienić ocenę wpływu nowych technologii na obecną dystrybucję i natężenie przewozów pasażerskich, analizę kosztów potrzeb infrastrukturalnych niezbędnych do umożliwienia ruchu pojazdów autonomicznych, czy też wyznaczenie metod optymalizacyjnych systemów mobilności współdzielonej w zakresie ich modelu operacyjnego i możliwości realizacji poszczególnych usług transportowych. Innym istotnym zagadnieniem pozostaje też konkretny tryb wprowadzenia pojazdów autonomicznych do powszechnej eksploatacji (niezależnie od ich struktury właścicielskiej). Na bieżąco należy też analizować działania związane z automatyzacją, podejmowane przez instytucje publiczne i sektor prywatny w zakresie prawnym, regulacyjnym, i organizacyjnym, wskazując na dobre praktyki i jednocześnie ostrzegając przed potencjalnymi zagrożeniami dla zrównoważonego rozwoju.

Bibliografia

1. Fagant, D. I Kockleman, K.: Preparing a Nation for Autonomous Vehicles: Opportunities, Barriers and Policy Recommendations. Transportation Research, Part A 77, s. 161-181, 2015
2. Anderson, J. i inni.: Autonomous Vehicle Technology. RAND Corporation, Santa Monica (USA), 2014
3. Nazari, F., Noruzoliaee, M., Mohammadian, A.: Shared Mobility vs. Private Car Ownership. Transportation Research Board, Waszyngton, 2018
4. Zhang, W., Guhathakurta, S., Khalil, E.: The Impact of Private Autonomous Vehicles on Vehicle Ownership and Unoccupied VMT Generation. Transportation Research Board, Waszyngton, 2018.
5. Stocker A. I Shaheen, S.: Shared Automated Vehicles: Review of Business Models. Transportation Sustainability Research Center, Berkeley (USA), 2017
6. Abrib J. I Seba, T. Rethinking Transportation 2020-2030. RethinkX, San Francisco, 2017
7. Keeney, T. Mobility-As-A-Service: Why Self-driving cars could change everything. ARK Invest, NowyJork, 2017
8. Rinspeed AG, <https://www.rinspeed.eu/en/> (dostęp 20.03.2018)

9. Minnesota Department of Transportation Research Library, <https://mntransportationresearch.org/> (dostęp 20.03.2018)
10. Masoud, N. I Jayakrishnan, R.: Autonomous or driver-less vehicles: Implementation strategies and operational concerns. *Transportation Research, Part E* 108, s. 179-194, 2017
11. Litman, T.: *Autonomous Vehicle Implementation Predictions - Implications for Transport Planning*. Victoria Transport Policy Institute, Victoria (Kanada), 2018.
12. Public Sector Consultants: *Planning for Connected and Automated Vehicles*. Greater Ann Arbor Region Prosperity Initiative, Ann Arbor (USA), 2017
13. Fagant, D. i Kockelman, D.: The travel and environmental implications of shared autonomous vehicles, using agent-based model scenarios. *Transportation Research, Part C* 40, s. 1-13, 2014
14. Najmi, A., Rey, D., Rashidi, T.: *Formulations for Optimal Shared Ownership and Use of Autonomous or Driverless Vehicles*. Transportation Research Board, Waszyngton, 2016
15. Javanmardi, M., Auld, J., Verbas, O. *Analyzing Intra-household Fully Autonomous Vehicle Sharing*. Transportation Research Board, Waszyngton, 2018
16. Shay, E., Khattak, A., Wali, B.: *Walkability in the Connected and Automated Vehicle Era: A U.S. Perspective on Research Needs*. Transportation Research Board, Waszyngton, 2018
17. Zhang, W. iinni. Exploring the impact of shared autonomous vehicles on urban parking demand: An agent-based simulation approach. *Sustainable Cities and Society* nr 19, s. 34-45, 2015
18. General Motors: *2018 Self-Driving Safety Report*. General Motors, Detroit, 2018
19. Viera, J. *Ford Perspectives on Mobility and Autonomy*. Ford Co., Waszyngton, 2018.
20. Glus, P., Rothman, E., Iacobucci, J.: *Driverless future*. Arcadis, Highlands Ranch (USA), 2017
21. Guerra, E.: *Planning for Cars That Drive Themselves*. *Journal of Planning Education and Research*, nr 36 (2), s. 210-224, 2016.
22. Freemark, Y. i Zhao, J. *Embedding Planning Principles into Autonomous Vehicle Deployment: An Urban Agenda*. Transportation Research Board, Waszyngton, 2018
23. Miłaszewicz, B., Rut, J.: *Zrównoważony rozwój transportu miejskiego – szanse i ograniczenia*. *Logistyka*, nr 6/2014, str. 7501 – 7507, 2014
24. Cisowski, T., Szymanek, A.: *Zrównoważony rozwój transportu miejskiego. Eksploatacja i Niezawodność*, nr 1/2006, str. 15 – 26, 2006
25. Banister, D.: *The sustainable mobility paradigm*. *Transport Policy*, nr 15, str. 73 – 80, 2008
26. Rucińska, D. *Promocja zrównoważonego rozwoju transportu - wybrane przykłady dobrych praktyk*. *Logistyka*, nr 2/2014, str. 285 – 299, 2014
27. Cervero R. i Hansen, M.: *Induced Travel Demand and Induced Road Investment: A Simultaneous Equation Analysis*. *Journal of Transport Economics and Policy*, nr 36 (3), str. 469-490, 2002

AUTONOMOUS VEHICLES: ORGANIZATIONAL SCENARIOS AND THEIR THREATS AND OPPORTUNITIES TO TRANSPORTATION SUSTAINABILITY

Summary: The ongoing multi-dimensional debate on autonomous vehicles revolves around two scenarios describing their operating scheme within the urban transportation systems: 1) enhanced personal cars 2) demand-response shared mobility networks. This paper covers selected organizational and planning aspects of these scenarios and evaluates their potential impacts on the crucial elements of the sustainable transportation agenda. The analysis indicates that traffic automation could address many of the sustainability goals; however, it also reveals several possible threats to the policy, which could be avoided with an appropriate coordination of planning efforts, implementation of certain regulations, and adequate adaptation of transportation systems to the new technology. The paper concludes with several recommendations for further research and possible policy developments.

Keywords: autonomous cars, sustainable development, transport organization