

Tomasz Neumann

Perspektywy wykorzystania pojazdów autonomicznych w transporcie drogowym w Polsce

JEL: L62 DOI: 10.24136/atest.2018.499

Data zgłoszenia: 19.11.2018 Data akceptacji: 15.12.2018

W artykule przedstawiono charakterystykę oraz klasyfikację pojazdów autonomicznych, szczegółowo przeanalizowano zalety i wady z zastosowania tej technologii na Polskich drogach.

Słowa kluczowe: pojazdy autonomiczne, transport drogowy, telematyki transportu

Wstęp

Tematyka związana z rozwojem pojazdów autonomicznych na przestrzeni ostatnich lat zyskuje na znaczeniu. Coraz częściej są one przedmiotem badań oraz prowadzonych prac mających na celu rozwój i udoskonalanie technologii. Transport odgrywa znaczącą rolę w gospodarce globalnej. Jego nieustający rozwój prowadzi do pojawienia się problemów natury ekonomicznej, społecznej oraz ekologicznej. Dlatego też powstała wizja stworzenia koncepcji zrównoważonego rozwoju transportu, który zakłada wzrost ekonomiczny przy jednoczesnym uwzględnieniu ochrony środowiska oraz społeczeństwa w zakresie dostępności środków transportu i komfortu. Pojazdy autonomiczne mają potencjał, by stać się odpowiedzią na wyzwania współczesnego transportu. [1]

Rozwój motoryzacji obserwowany jest od roku 1769, czyli od czasów skonstruowania pierwszego pojazdu mechanicznego o napędzie parowym, którym był ciągnik artyleryjski zbudowany przez Nicolasa Cugnot. Na przestrzeni lat pojawiały się nowsze rozwiązania w tej dziedzinie. Ubiegły wiek przyniósł największe postępy w rozwoju pojazdów [2]. Ostatnie dwudziestolecie to przede wszystkim poszukiwanie przez producentów nowych technologii, będących ułatwieniem dla prowadzącego pojazd. Wiąże się to bezpośrednio z procesem wdrażania autonomiczności. Jednak czym ona jest w odniesieniu do pojazdów? W ogólnym znaczeniu tego pojęcia, jest to pojazd, który dzięki zainstalowanym wysoko zaawansowanym rozwiązaniom technologicznym jest w stanie poruszać się z punktu A do punktu B bez konieczności podejmowania działań przez człowieka. Obecnie istnieje wiele systemów kontrolowania pojazdów, jednak żaden z nich nie osiągnął pełnej autonomiczności. Wciąż konieczny jest udział człowieka, który musi być gotowy do przejęcia kontroli nad pojazdem w każdym momencie. Producenci pojazdów stosują coraz bardziej zaawansowane technologiczne rozwiązania, między innymi: radary, GPS, rozpoznawanie obrazów, czy odometrię. Umożliwiają one zbieranie niezbędnych informacji z otoczenia, które następnie są analizowane w celu ustalenia prawidłowego toru jazdy oraz określenia odpowiednich zachowań, np. dostosowania prędkości, przyśpieszeń czy omijania przeszkód tak, aby proces kierowania pojazdem przebiegał w bezpieczny sposób. Różnorodność zastosowanych technologii sprawia, że nie da się jednoznacznie wyodrębnić definicji, która odnosiliby się do wszystkich pojazdów. [3]

Istotnym jest również określenie różnicy między pojazdem automatycznym, a autonomicznym. Pojazd automatyczny wykorzystuje technologie, które pozwalają kierowcy na oddanie systemowi pewnych czynności związanych z jazdą. Natomiast pojazd auto-

miczny jest w pełni zautomatyzowany, wykorzystuje on technologię, która umożliwia sterowanie pojazdem bez udziału człowieka.

W celu usystematyzowania tych rozbieżności i dokonania podziału opracowanych zostało kilka metod klasyfikacji pojazdów autonomicznych, które przypisują pojazdowi dany poziom autonomiczności w zależności od stopnia technologicznego zaawansowania.

W miarę rozwoju pojazdów samosterujących powstało również kilka sposobów ich klasyfikacji, jednak najczęściej stosowane są dwa z nich, opracowane na terenie Stanów Zjednoczonych. W roku 2014 została opublikowana klasyfikacja autonomiczności pojazdów, sporządzona przez SAE (Society of Automotive Engineers), która nosi nazwę: SAE J3016 Autonomy Levels. Klasyfikacja skupia się bardziej na liczbie interwencji kierowcy i konieczności uwagi podczas jazdy niż na zdolnościach technicznych pojazdu.

Klasyfikacja przedstawiona w tabeli 1 uwzględnia sześć poziomów autonomiczności. W przypadku pierwszych trzech to człowiek odpowiedzialny jest za kontrolę sytuacji na drodze oraz za podejmowanie decyzji na podstawie własnych obserwacji. Poziom 0 odnosi się do starszych modeli pojazdów, w których nie były instalowane żadne technologie, ułatwiające proces prowadzenia. Kolejne poziomy - pierwszy i drugi dotyczą pojazdów, które posiadają pewne rozwiązania, lecz nie są one jednak wystarczające, aby człowiek oddał systemowi pełną kontrolę nad pojazdem. Ostatnie trzy poziomy - system odpowiada za czynności związane z kierowaniem pojazdu. Dlatego kluczowym etapem rozwoju autonomiczności jest przejście z drugiego do trzeciego poziomu. W przypadku poziomu trzeciego system jest w stanie przejąć kontrolę nad prowadzeniem pojazdu, jednak kierowca musi być w ciągłej gotowości do przejęcia kontroli. Poziom czwarty to pojazdy, które są zdolne do samodzielnej jazdy, jednak nie są w pełni autonomiczne. Najbardziej pożądane jest osiągnięcie najwyższego poziomu, który zapewnia najwyższy poziom bezpieczeństwa.

Kolejna klasyfikacja, przedstawiona w tabeli 2 stworzona na terenie Stanów Zjednoczonych, opracowana została przez NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration). Określa ona pięć poziomów autonomiczności. Poziom zerowy dotyczy pojazdów, które nie są wspierane żadnymi technologiami. Poziom pierwszy to pojazdy, które mają zaimplementowane pewne technologie automatyczne, lecz za wszystko odpowiedzialny jest kierowca. Pojazdy zaliczane do poziomu drugiego wyposażone są w technologie ułatwiające prowadzenie, które są w stanie samodzielnie odpowiadać za niektóre czynności. W przypadku poziomu trzeciego system jest w stanie przejąć kontrolę nad pojazdem w określonych warunkach, jednak kierowca musi być gotowy do przejęcia kontroli w każdym momencie. Ostatni poziom klasyfikacji odnosi się do pojazdów, w których za wszystko odpowiedzialny jest system, a kierowca nie musi interweniować.

Analizując powyższe tabele można zauważyć pewne podobieństwa, lecz klasyfikacja NHTSA w sposób bardziej ogólny opisuje poszczególne poziomy i trudno dostrzec moment przelomowy, tak jak w przypadku poziomu drugiego i trzeciego w poprzedniej tabeli. W publikacjach o tematyce częściej stosowaną klasyfikacją jest ta opracowana przez SAE.

Tab 1. Klasyfikacja pojazdów autonomicznych SAE J3016 Autonomy Levels

Poziom autonomiczności	Nazwa	Opis	Sterowanie	Monitorowanie otoczenia	Awaryjne działania podczas jazdy	Zdolności systemu
Człowiek kontroluje sytuację na drodze						
0	Brak autonomiczności	Wszystkie czynności związane z prowadzeniem wykonywane są przez człowieka.	Człowiek	Człowiek	Człowiek	Nie dotyczy
1	Asysta podczas jazdy	Wszystkie czynności związane z prowadzeniem wykonywane są przez człowieka z asystą systemu, który wykorzystuje informacje z otoczenia, lecz to człowiek odpowiedzialny jest za kontrolę podczas zmieniających się warunków.	Człowiek i system	Człowiek	Człowiek	Kilka czynności podczas jazdy
2	Częściowa autonomiczność	Wszystkie czynności związane z prowadzeniem wykonywane są przez człowieka z asystą jednego lub kilku systemów, który wykorzystuje informacje z otoczenia, lecz to człowiek odpowiedzialny jest za kontrolę podczas zmieniających się warunków.	System	Człowiek	Człowiek	Kilka czynności podczas jazdy
System sterowania kontroluje sytuację na drodze						
3	Autonomiczność warunkowa	Wszystkie czynności wykonywane są przez system podczas całego procesu prowadzenia pojazdu. Kierowca jest jednak w ciągłej gotowości, aby przejąć sterowanie nad pojazdem.	System	System	Człowiek	Kilka czynności podczas jazdy
4	Wysoka autonomiczność	Wszystkie czynności wykonywane są przez system podczas całego procesu prowadzenia pojazdu, nawet jeśli człowiek nieodpowiednio reaguje na prośby o interwencję.	System	System	System	Kilka czynności podczas jazdy
5	Pełna autonomiczność	Wszystkie czynności wykonywane są przez system podczas całego procesu prowadzenia pojazdu. System przejmuje kontrolę w każdej sytuacji, na każdej drodze, w każdych warunkach.	System	System	System	Wszystkie czynności podczas jazdy

Tab 2. Klasyfikacja pojazdów autonomicznych opracowana przez NHTSA

Poziom autonomiczności	Opis
0	Kierowca jest w pełni odpowiedzialny za prowadzenie pojazdu, wraz z jego pełną obsługą
1	Pewne układy są zautomatyzowane, lecz to kierowca nadal obsługuje wszystkie układy, które mogą być wspomagane lub samoczynnie aktywowane, np. ABS, EPS
2	Kierowca nie musi obsługiwać zautomatyzowanych układów takich jak automatyczne utrzymywanie pojazdu w pasie ruchu itp
3	System przejmuje kontrolę nad sterowaniem pojazdem w określonych warunkach, jednak kierowca nadal zobligowany jest do interweniowania w sytuacjach tego wymagających
4	System przejmuje pełną kontrolę nad sterowaniem pojazdu. Kierowca nie musi kontrolować sytuacji ani interweniować.

Nadal nie wyjaśnione pozostają kwestie jednoznacznego ujednolicenia podziału pojazdów w poszczególnych krajach na całym świecie. Niewykluczone jest zatem zaistnienie sytuacji, w której ten sam pojazd będzie inaczej postrzegany w danych krajach, w zależności od przyjętej przez nie klasyfikacji. W przyszłości może to generować różnego rodzaju problemy legislacyjne. Na potrzeby tej pracy, w późniejszych rozdziałach autor posługuje się klasyfikacją SAE.

1 Analiza możliwości wprowadzenia w życie autonomicznych pojazdów

1.1 Mocne strony

Jedną z najczęściej wymienianych zalet wprowadzenia w życie idei autonomicznych pojazdów jest zwiększenie bezpieczeństwa, a w efekcie zmniejszenie liczby kolizji i wypadków na drodze, tym samym zmniejszenie liczby rannych i zgonów. Od lat trwają próby zniwelowania skutków zdarzeń na drodze. Stosowane są różne technologie, takie jak poduszki powietrzne, system ABS, system ostrzegający o kolizji etc. Jednak proces wprowadzenia takich rozwiązań do większości ogółu poruszających się na drogach pojazdów zajmuje około trzy dekady, począwszy od pojazdów luksusowych, kończąc na modelach budżetowych. Szacuje się, iż gdyby pojazdy wyposażone były w technologie wspomagające (ostrzeganie o zbliżającej się kolizji, asystent „martwych punktów” czy dopasowujące się światła) dałoby się zapobiec co trzeciemu zderzeniu

bądź wypadkowi [4]. Prognozuje się, że pojazdy autonomiczne będą miały o wiele więcej technologii podnoszących poziom bezpieczeństwa.

W przypadku pojazdów o trzecim stopniu autonomiczności kierowca może oddać pełną kontrolę systemowi nad pojazdem w sytuacjach krytycznych w celu zwiększenia bezpieczeństwa. Zmniejszyłoby to znacząco ilość wypadków. Polepszeniu również uległaby statystyka wypadków z udziałem motocykli, pieszych i rowerzystów, z uwagi na to, że system nie ulega rozpraszeniu się, nie osłabia się oraz nie jest lekkomyślny czy brawurowy, a w dodatku może dokonać uniku w przypadku spotkania z człowiekiem, który jest podatny na wyżej wymienione czynniki. Wypadki z udziałem pijanych kierowców również byłyby znacznie rzadszym zjawiskiem. Jednakże największy poziom bezpieczeństwa będą w stanie zapewnić pojazdy o piątym, najwyższym stopniu autonomiczności.

Jedną z niekwestionowanych zalet rozwoju pojazdów autonomicznych jest zwiększenie mobilności osób niepełnosprawnych. Pojazdy, które osiągną czwarty poziom autonomiczności będą zdolne do przewozu takich osób. Jest to szansa na znaczne zwiększenie komfortu przemieszczania się osób niepełnosprawnych, które obecnie nie mają możliwości prowadzenia konwencjonalnych pojazdów. Nie odnosi się to jedynie do osób niepełnosprawnych, ale również do starszych osób czy dzieci, niezdolnych do prowadzenia samodzielnie pojazdu. Przewidywanymi korzyściami dla tych grup społecznych jest zwiększenie samodzielności, zniwelowanie społecznej izolacji oraz umożliwienie dostępu do niezbędnych usług. Warty zauważenia jest fakt, iż takie rozwiązanie byłoby prawdopodobnie znacznie tańsze niż przystosowanie środków komunikacji miejskiej do przewozu osób niepełnosprawnych. Szacuje się, iż przedsiębiorstwa komunikacji miejskiej wydają około 14-18% procent swojego budżetu na przystosowanie pojazdów dla pasażerów niepełnosprawnych [5].

Kolejną przewidywaną zaletą implementacji pojazdów autonomicznych jest zmniejszenie kongestii na drogach oraz redukcja związanych z nią kosztów. Wprowadzenie tego typu pojazdów może oddziaływać na kongestię na co najmniej trzy różne sposoby: poprzez zmniejszenie ilości wykonywanych przejazdów, umożliwienie zwiększenia przepustowości na drogach oraz zmniejszenie opóźnień związanych bezpośrednio z wypadkami.

Redukcja kongestii po wprowadzeniu pojazdów autonomicznych możliwa jest dzięki zdolności ciągłego monitorowania otoczenia i ruchu innych pojazdów na drodze oraz odpowiedniej reakcji, przykładowo precyzyjnego hamowania czy dostosowania przyspieszenia oraz zmniejszenie odstępów między samochodami. Badania wskazują, iż takie działania prowadzą do zwiększenia pojemności na pasie ruchu (w relacji pojazd na pasie na godzinę) [6]. W bardziej zatłoczonych miejscach, pojazdy autonomiczne pozwolą na uniknięcie nieefektywnych zatrzymań i wznawiań jazdy.

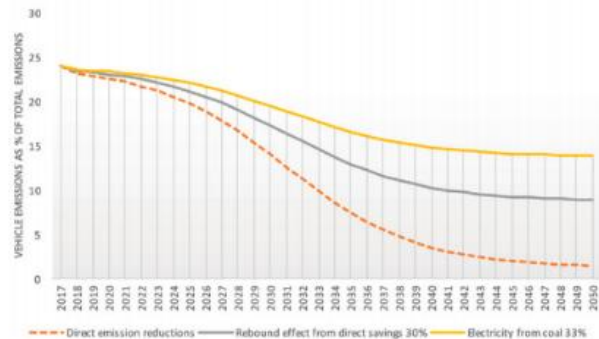
Istnieją dwa typy opóźnień: powtarzające się, które pojawiają się one o tym samym czasie w tym samym miejscu. Są one rezultatem „szablonowych” podróży, do pracy czy szkoły. Z kolei niepowtarzające się wynikają z jednostkowych wydarzeń, trudnych do przewidzenia, takich jak: wypadki, awarie pojazdów, trudne warunki pogodowe, roboty na drodze etc. FHWA (*Federal Highway Administration*) podaje, iż w Stanach Zjednoczonych większość z tego typu opóźnień spowodowana jest kolizjami i wypadkami. Te z kolei w 93% powodowane są przez błąd ludzki. Biorąc pod uwagę większy poziom bezpieczeństwa, pojazdy autonomiczne znacznie zmniejszyłyby odsetek wypadków powodowanych przez człowieka.

Decyzje dotyczące wyboru miejsca zamieszkania czy celu podróży warunkowane są przez koszty podróży, takie jak: ubezpieczenie, paliwo, parkowanie, utrzymanie jak i czas spędzony za kierownicą. Wprowadzenie pojazdów autonomicznych do codziennego użytku może spowodować redukcję kilku wyżej wymienionych komponentów kosztu podróży. Przykładowo, redukcja kosztu czasu spędzonego w samochodzie dzięki możliwości poświęcenia go na inne aktywności niż prowadzenie pojazdu, takie jak praca czy czytanie. Obecnie prowadzenie pojazdu dla wielu kierowców stanowi spore obciążenie psychiczne. Pojazdy autonomiczne sprawiłyby zmniejszenie poziomu stresu, a także miałyby wpływ na ludzkie zdrowie (brak konieczności siedzenia długi czas w jednej pozycji). Dodatkowo, pojazdy autonomiczne nie ulegają zmęczeniu i mogą jeździć bez postojów. Jest to szczególnie korzystna perspektywa w odniesieniu do transportu towarów, w którym kierowcy ciężarówek muszą odbywać obowiązkowe przerwy po przejechaniu określonej liczby godzin. Dzięki zmniejszeniu ryzyka wypadku, zmniejszają się tym samym koszty związane z ubezpieczeniem pojazdu. Zmniejszenie kosztów parkowania wiąże się z możliwością samodzielnego poszukiwania bezpłatnego parkingu przez pojazd, nawet po zakończeniu podróży przez pasażera. Wszystkie wyżej wymienione czynniki mogą znacząco obniżyć koszty związane z podróżowaniem.

Wprowadzenie pojazdów autonomicznych miałyby również wpływ na transport indywidualny w warunkach miejskich. Tańsze stałyby się podróżowanie taksówkami, z powodu braku konieczności płacenia wynagrodzenia dla kierowcy. Miałyby to również znaczny wpływ na rozwój car-sharingu. To z kolei prowadziłyby do obniżenia kosztów, związanych z posiadaniem samochodu. Zmniejszyłyby również ilość pojazdów poruszających się w mieście [6]. Dla przykładu, według badań American Automobile Association koszt posiadania średniej wielkości samochodu, który pokonuje 10 000 mili rocznie wynosi 5 695 dolarów [7]. W przypadku braku konieczności posiadania własnego samochodu i korzystania z usług takich jak car-sharing występuje redukcja kosztów, takich jak ubezpieczenie, naprawy, zakup powierzchni parkingowej etc.

Według EPA (*Environmental Protection Agency*), pojazdy w Stanach Zjednoczonych generują 20 % emisji gazów cieplarnianych. Natomiast benzyna używana przez pojazdy stanowi aż 60 % krajowego zużycia. Dodatkowo, pojazdy są głównym producentem zanieczyszczeń powietrza. Przewidywane jest, iż pojazdy autonomiczne będą miały zasadniczy wpływ na tę sytuację. Efekt będzie zależał od trzech czynników: ekonomiczności wykorzystania paliwa, stopnia emisji dwutlenku węgla, paliwa wykorzystywanego przez

pojazdy autonomiczne, zmiany (wzrostu lub spadku) użytku pojazdów autonomicznych. Prognozy dotyczące redukcji emisji spalin przez AV w odniesieniu do ogółu zostały przedstawione na rysunku 1. Analizując poniższy rysunek można zauważyć, iż jest to tendencja spadkowa, a w okolicach 2050 roku może osiągnąć wartość poniżej 5% ogólnej emisji spalin.



Rys. 1. Prognozowana emisja spalin po wprowadzeniu pojazdów autonomicznych, źródło [8]

Pojazdy autonomiczne są w stanie odegrać znaczącą rolę we wzroście współczynnika oszczędności paliwa. Możliwe jest to poprzez optymalizację jazdy, czyli tak zwany *eco-driving*. Przyczynić się do tego może system kontroli podróży, płynne i stopniowe przyspieszanie i zwalnianie, oraz inne czynności optymalizacyjne, które wynikają z coraz większej automatyzacji pojazdów. Potencjalny wpływ może mieć również zastosowanie systemu jazdy kilku pojazdów w ciągu, które skomunikowane ze sobą są w stanie prowadzić kolumnę pojazdów efektywniej. Według NRC, *eco-driving* może zwiększyć oszczędność paliwa od 4 do 10%. Pośredni wpływ na oszczędność paliwa może mieć zmniejszenie dystansu pomiędzy pojazdami, co z kolei zwiększa pojemność pasa, prowadząc tym samym do zmniejszenia strat paliwa podczas kongestii.

Z badań sporządzonych przez EPA wywnioskować można, iż podczas ostatnich lat wzrosła oszczędność paliw. Wynika to bezpośrednio z rozwoju technologicznego. Badania te również przewidują ciągły wzrost ekonomiczności zużycia paliwa. Pojazdy autonomiczne, dzięki swoim niewielkim rozmiarom oraz lekkiej konstrukcji będą w stanie znacznie przyspieszyć ten rozwój. Stosowanie lżejszej konstrukcji pojazdów będzie wynikało z mniejszego ryzyka wypadków, a co za tym idzie, z braku konieczności instalowania masywnych rozwiązań podnoszących bezpieczeństwo w przypadku dościa do zdarzenia na drodze.

Benzyna jest obecnie najczęstszym paliwem wykorzystywanym w pojazdach na całym świecie, a jednocześnie jednym z najbardziej szkodliwych dla środowiska. Dlatego też w ostatnich latach prowadzone są liczne badania nad poszukiwaniem alternatywnych źródeł zasilania pojazdów. Technologie wykorzystywane w pojazdach autonomicznych umożliwiają przyspieszenie procesu wprowadzenia alternatywnych źródeł energii. Efektywność wykorzystania benzyny jest niska, jedynie około 37 % spalanej benzyny przetwarzana jest na moc, pozostała część jest tracona w postaci ciepła. Zastosowanie elektryczności przynosi zdecydowanie mniej strat. Najbardziej zaawansowane technologicznie pojazdy osiągają efektywność około 90 %. Jednak stosowane w pojazdach baterie są ciężkie i drogie. Technologia pojazdów autonomicznych pozwoli na stosowanie lżejszych i tańszych baterii, które będą w stanie zapewnić proporcjonalnie taką samą ilość energii, co obecnie stosowane [9]. Będzie to miało również korzystny wpływ na środowisko. Ładowanie takich baterii również byłoby prostsze, ze względu na możliwość

samodzielnego skorzystania ze stacji ładunkowych, bez interakcji człowieka.

1.2 Słabe strony

Obecnie pojazdy posiadają rozległe możliwości komunikacyjne. Często połączone są ze sobą w sieć. Różne sieci mają odmienne stopnie zaawansowania systemów bezpieczeństwa w odniesieniu do ryzyka napadów cybernetycznych oraz ochrony danych. Pojazdy autonomiczne posiadają zewnętrzne oprogramowanie oraz sprzęt. Rozwiązania te są rozwijane, wdrażane oraz zarządzane przez producentów pojazdów. Połączenie pomiędzy systemem w pojazdach, a serwerem centralnym musi być bezpieczne, w taki sposób, aby przepływ danych był zabezpieczony przed nieuprawnionym dostępem. Niekontrolowany dostęp do danych przez osoby trzecie bezpośrednio i pośrednio zagraża zarówno bezpieczeństwu pojazdu jak i użytkowników dróg. Problem bezpieczeństwa przed atakami cybernetycznymi w ostatnich latach narasta. Pojazdy autonomiczne mogą generować takie dane jak przebieg podróży, czas podróży, cele spotkań etc. Takie dane mają charakter danych wrażliwych i są szczególnie narażone na wykorzystywanie ich przez innych w szkodliwych celach dla tych osób. Na zwiększone ryzyko ataków nastawione również będą w szczególności pojazdy ciężarowe, przewożące cenne ładunki, które mogą zostać skradzione. Pojazdy autonomiczne wyposażone w szereg zaawansowanych technologicznie rozwiązań umożliwiających bezpieczne prowadzenie pojazdu w przypadku ataku narażone są na umyślne spowodowanie wypadku przez osobę dokonującą ataku. W takiej sytuacji konieczne wydaje się być zastosowanie odpowiednich uwarunkowań prawnych, chroniących dane użytkowników tego typu pojazdów jak i ciągłe rozwijanie metod ochrony przed coraz nowszymi zagrożeniami [10].

Znaczącym ryzykiem jest również poleganie w głównej mierze na technologii, która w każdym momencie może zacząć działać nie prawidłowo lub przestać działać. Proces prowadzenia tego typu pojazdów zależny jest w dużej mierze od czujników oraz innych technologii. Pewne warunki na drodze takie jak mocny śnieg, mgła czy pył znacznie utrudniają prawidłowe działanie pewnych rozwiązań (radary, lidary). Dla zapewnienia pełnego bezpieczeństwa wszystkie urządzenia muszą być niezależne od warunków panujących w otoczeniu. Problemem są również nieoczekiwane sytuacje na drodze, takie jak: roboty drogowe, policjant kierujący ruchem, pojawienie się pojazdu uprzywilejowanego etc. Pojazdy autonomiczne muszą być w stanie dobierać odpowiednie rozwiązania takich sytuacji. Jest to kwestia rozwoju sztucznej inteligencji. Problematyczna staje się również kwestia selekcji danych względem ich użyteczności. Zainstalowane czujniki zbierają ogromne ilości danych. W wielu sytuacjach konieczne jest odpowiednie interpretowanie danych i wybór, które z nich są istotne w danym momencie. Nie może dojść do sytuacji, w której pojazd błędnie zinterpretuje sytuację z powodu zbyt wielu informacji zebranych informacji z otoczenia.

Jednym z najbardziej znaczących problemów stojących przed pojazdami autonomicznymi jest zgodność z przepisami prawa. Konwencja Wiedeńska z 1968 roku jest międzynarodowym traktatem określającym zasady ruchu drogowego obowiązujące w krajach będących jego sygnatariuszami (obecnie są to 73 kraje). Jedną z fundamentalnych zasad jest artykuł 8 mówiący o tym, że „Każdy pojazd w ruchu lub zespół pojazdów w ruchu powinien mieć kierującego” oraz że „każdy kierujący powinien mieć niezbędną sprawność fizyczną i psychiczną oraz być fizycznie i psychicznie zdolny do kierowania. Każdy kierujący pojazdem motorowym powinien mieć zasób wiadomości oraz umiejętności niezbędnych do kierowania pojazdem; jednakże to postanowienie nie stanowi przeszkody do nauczania kierowania pojazdem zgodnie z ustawodawstwem krajo-

wym. Każdy kierujący powinien stale panować nad swoim pojazdem lub pędzonymi zwierzętami [11]. Jest to jednoznaczne zaprzeczenie idei autonomicznych pojazdów, dlatego też, zanim pojawią się one na drogach konieczne będzie prawne uregulowanie wszystkich aspektów wdrożenia idei autonomicznych pojazdów. Nie wszystkie kraje ratyfikowały Konwencję Wiedeńską, przykładowo Stany Zjednoczone. Dlatego też w tym kraju mogą legalnie odbywać się testy pojazdów autonomicznych zgodnie z danym prawem stanowym.

Poważnym problemem jest również kwestia odpowiedzialności prawnej. Obecnie wypadki wiążą się z dużymi kosztami w ekonomicznym tego słowa znaczeniu w odniesieniu do zdrowia ludzkiego oraz uszkodzeń pojazdów. Powstaje pytanie, kto będzie odpowiedzialny za poniesione szkody i kto ma ponieść konsekwencje? Odpowiedź na to pytanie może być problematyczna i budzić wiele wątpliwości. Pojazdy autonomiczne będą w stanie nie tylko operować bez kierowcy, ale też bez konkretnie zdefiniowanego schematu. Technologie pozwalają na „uczenie się” na podstawie zebranych informacji, następnie zostanie opracowany wzór i zbudowane różne modele działania służące do podjęcia konkretnej decyzji. Pojazdy działają w oparciu o schematy, które umożliwiają im analizowanie doświadczeń i podejmowania nowych strategii w celu wyciągnięcia wniosków i jak najlepszego dostosowania działań do sytuacji. Dlatego nikt nie jest w stanie dokładnie przewidzieć jak w danej sytuacji zachowa się pojazd. Obecnie na terenie Unii Europejskiej nie istnieją żadne przepisy mówiące o odpowiedzialności w przypadku, gdy szkoda była spowodowana przez pojazd. Dla niektórych poziomów autonomiczności, szczególnie pierwszego i drugiego trudno jednoznacznie określić czy przyczyną wypadku była awaria autonomicznego pojazdu czy zachowanie kierowcy. Nowe technologie mogą przyczynić się do konieczności zmian w dotychczas uznanych metodach klasyfikacji wypadków przez towarzystwa ubezpieczeniowe. Specjaliści w tych dziedzinach prowadzą dyskusję na ten temat. Niektórzy z nich proponują stworzyć fundusze odszkodowawcze dla osób, które ucierpiały z winy pojazdu autonomicznego lub stworzyć systemy autonomiczne. Istnieje też przypuszczenie, że to producenci pojazdów oraz oprogramowania odpowiedzialni będą za powstałe szkody. Jednak na chwilę obecną trudno określić słuszność tych idei [12].

1.3 Szanse

Pojawienie się pojazdów autonomicznych czwartego i piątego poziomu będzie miało odzwierciedlenie w sposobie zagospodarowania przestrzeni. Obecnie większość z miast opiera się na podobnej prototypowej formie. Mówi ona, iż centrum miast posiada gęstszą zabudowę niż jego przedmieścia. Wiąże się z tym również wzrost cen ziem wraz ze zbliżaniem się do centrum miast, z powodu bliższego dostępu do usług. W miarę oddalania się od centrum miast, spada wartość ziemi, zwiększają się natomiast koszty transportu. Liczne firmy oraz osoby prywatne muszą podejmować decyzje lokalizacyjne w oparciu o kompromis między kosztami ziemi, a kosztami transportu (oraz związanego z tym czasu spędzonego na dojazd przykładowo do miejsca pracy). W praktyce doprowadziło to do tego, że w wielu miastach panuje model, w którym najgęstszą zabudowę stanowi centrum miasta, które otoczone jest przedmieściami o mniejszej gęstości, a te z kolei otaczają osiedla podmiejskie o niskiej gęstości. Wprowadzenie pojazdów autonomicznych mogłoby zmienić ten model. Ludzie chętniej decydowaliby się na zakup ziemi czy mieszkania na obszarach bardziej oddalonych od miast, w przypadku, gdy mniej uciążliwym stałoby się codzienne dojeżdżanie do miejsc pracy, szkół etc. Kierowca podczas dłuższego dojazdu mógłby angażować się w szereg innych czynności niż prowadzenie pojazdu. Podobnie jak rozwój motoryzacji na początku XX wieku sprawił, że pojawiły się przedmieścia i osiedla pozamiej-

skie, tak pojazdy autonomiczne mogą doprowadzić do powstania jeszcze bardziej rozproszonej struktury miast [13].

Kiedy pojazd jest w stanie sam przyjechać na wskazane miejsce, parkowanie w pobliżu miejsca zamieszkania czy pracy nie będzie konieczne. Pojazdy mogłyby być przechowywane w centralnych lokalizacjach, z których dojeżdżałyby w razie potrzeby. Skutkiem tego prywatne domy mogłyby przekształcić garaże w przestrzeń mieszkalną, a architekci i planiści mogliby dążyć do efektywniejszego wykorzystania przestrzeni miejskiej. Centra biznesowe czy handlowe mogłyby pozbyć się uciążliwej i rozległej przestrzeni parkingowej na rzecz niewielkich placów do wysadzania i odbioru pasażerów. Problem parkowania w miastach jest bardzo istotny, biorąc pod uwagę, że według przeprowadzonych badań, samochody pasażerskie spędzają 95% swojego cyklu życiowego, pozostawione na parkingu. W takiej sytuacji zasadne jest poszukiwanie bardziej efektywnych rozwiązań w zakresie zagospodarowania przestrzeni parkingowej na rzecz zwiększenia przestrzeni użytkowej [14]. Wszystkie te korzyści mogłyby być spotęgowane w skutek zmniejszenia się całkowitej liczby poruszających się pojazdów. Zmieni się również wygląd infrastruktury drogowej. W przypadku całkowitego zastąpienia pojazdów konwencjonalnych pojazdami autonomicznymi zniknie konieczność stosowania sygnalizacji świetlnej, znaków i innych elementów. Zostaną one zastąpione cyfrowymi wersjami w chmurze. Pojazdy, bazując na informacjach tam zgromadzonych, same będą dostosowywać prędkość do warunków na drodze [13].

Jedną z najbardziej znaczących przewidywanych korzyści związana jest z potencjałem, jaki oferuje wprowadzenie pojazdów autonomicznych w odniesieniu do rozwoju uniwersalnego i wydajnego systemu transportu publicznego. W obecnych czasach pociągi mogą przewozić dużą liczbę pasażerów, ale tylko między stacjami, co oznacza, że większość ludzi musi podróżować z domu i miejsca pracy do stacji za pomocą innych środków transportu. Ta niedogodność jest często wystarczająca, aby zniechęcić ludzi do korzystania z pociągów i komunikacji publicznej. Połączenie kolejowej z flotą pojazdów autonomicznych autobusów i minibusów obsługujących pasażerów przybywających i odjeżdżających z każdej stacji może pokonać tę barierę. Pasażerowie, którzy wyruszałiby w podróż mogliby zamówić za pomocą aplikacji przejazd. System rezerwacji grupowałby osoby, które mają podobne trasy i przypisywał je do konkretnego autobusu, który by je odbierał i wysadzał w określonym miejscu. Połączone w ten sposób pociągi i pojazdy autonomiczne mogą oferować usługi *door to door*, pokonując jednocześnie problem ostatniej mili (czyli końcowy etap podróży), który obecnie stanowi wyzwanie dla transportu publicznego [16].

1.4 Zagrożenia

Jednym z najpoważniejszych problemów związanych z wprowadzeniem pojazdów autonomicznych w życie jest kwestia etyczna. Istnieje potrzeba zastanowienia się w jaki sposób pojazdy autonomiczne powinny być zaprogramowane do reagowania w sytuacjach, kiedy wypadki są wysoce prawdopodobne lub nieuniknione. Dopóki pojazdy autonomiczne będą poruszały się wraz z pojazdami konwencjonalnymi takie przypadki będą miały miejsce, ze względu na trudności w przewidywaniu decyzji podejmowanych przez człowieka. Dlatego też sytuacja ta rodzi istotne pytania etyczne. Na przykład, czy autonomiczne pojazdy powinny być programowane tak, aby zawsze minimalizować liczbę zgonów? A może tak, aby ratować wiozących ze sobą pasażerów za wszelką cenę? Jakie zasady moralne powinny być podstawą tych „algorytmów wypadków”? Problem ten często porównywany jest do tak zwanego dylematu wagonika (Jest to seria eksperymentów myślowych w etyce. Podstawowa wersja: Wagonik kolejki wyrwał się spod kontroli i pędzi w

dół po torach. Na jego drodze znajduje się pięciu ludzi przywiązanych do torów przez szalonego filozofa. Ale możesz przestawić zwrotnicę i w ten sposób skierować wagonik na drugi tor, do którego przywiązany jest jeden człowiek. Co powinieneś zrobić?). Sposób rozwiązania tego problemu będzie miał niewątpliwie wpływ na podjęcie społeczeństwa do idei wdrożenia pojazdów autonomicznych w codziennym życiu. Sposób rozwiązania problemu może mieć znaczny wpływ na społeczną akceptację idei wprowadzenia pojazdów autonomicznych w życie.

Nawet jeśli pojazdy autonomiczne będą powszechnie akceptowane oraz zostaną wprowadzone w życie, najbezpieczniejszym rozwiązaniem byłoby, aby proces wdrażania był jak najkrótszy, tak aby wyeliminować całkowicie pojazdy konwencjonalne z użytku. Nie będzie to jednak łatwe, a proces ten może się znacznie przedłużyć. Przeciętny użytkownik pojazdów czeka około dekady, aby go wymienić. Większość pojazdów znajdujących się na drodze w dalszym ciągu będzie wymagała kierowcy przez wiele lat po tym jak pojazdy autonomiczne staną się dostępne. Niektórzy kierowcy są emocjonalnie przywiązani do swoich pojazdów i nie będą skłonni do zmian, nawet jeśli nowe modele będą o wiele bezpieczniejsze. Nawet jeśli rządy państw starałyby się wprowadzić nakaz używania pojazdów autonomicznych, Trudno przypuścić, że uzyskają poparcie dla zakazania użytkowania pojazdów konwencjonalnych, nawet jeśli spowoduje to obniżenie kosztów podróży oraz wiele innych korzyści. Tak czy inaczej konieczne będzie rozważenie, aby proces ten przebiegał bardziej w skali globalnej niż lokalnej, co umożliwiłoby zniwelowanie niekorzystnych skutków przedłużającego się procesu. Jednym z najtrudniejszych wyzwań stojących przed pojazdami autonomicznymi będzie przewidywanie i reagowanie na działania pojazdów, prowadzonych przez człowieka, w porównaniu do reakcji na działania innych pojazdów autonomicznych, ze względu na większą przewidywalność oraz zdolność komunikacji między sobą [17]. Obecność kierowców na drodze będzie źródłem również innego problemu, ze względu na prawdopodobieństwo szybkiego nauczenia się wykorzystania zachowań pojazdów autonomicznych. Pojazdy te zaprojektowane są tak, aby nadawać priorytet bezpieczeństwu użytkownikom drogi. Ludzie mogą to wykorzystać i nie ustępować pierwszeństwa lub nie zachowywać innych przepisów drogowych, wiedząc, że pojazd autonomiczny ustąpi za każdym razem, aby uniknąć wypadku. Sytuacja ta ma również wpływ na drugą stronę tego problemu - kierowców, którzy będą mieli problemy z przewidywaniem zachowań pojazdów autonomicznych, które mogą przykładowo zatrzymać się niespodziewanie. Ludzie, prowadząc pojazd, polegają na szeregu wskazówek które da się odczytać w zachowaniu innych ludzi znajdujących się na drodze bądź chodniku. Dostosowują swoje działania do zachowań innych ludzi, przykładowo widząc rozproszenie innych kierowców przez płaczące dziecko lub osobę siedzącą na tylnym siedzeniu, biorą pod uwagę te czynniki w podejmowaniu decyzji. Brak takich sygnałów ze strony pojazdów autonomicznych stanowi problem w kompleksowej ocenie sytuacji dla ludzi (kierowców, rowerzystów i pieszych). Pojazdy autonomiczne byłyby znacznie bezpieczniejsze, jeśli nie musiałyby wchodzić w interakcję z ludźmi prowadzącymi pojazd. Trudności te prawdopodobnie znacznie opóźnią datę, w której będzie możliwe pełne wykorzystanie zalet pojazdów autonomicznych [18].

Pojawienie się pojazdów autonomicznych może spowodować szkodliwe skutki dla przemysłu motoryzacyjnego. Dla wielu osób, zwłaszcza mężczyzn przyjemność posiadania pojazdu jest ściśle powiązana z doświadczeniami prowadzenia [18]. Gdy to zniknie, nastąpi spodziewany spadek zainteresowania pojazdami. Ludzie będą zwracać mniejszą uwagę na pojazdy, którymi się poruszają, w skutek czego spadnie popyt na prywatne pojazdy. Ekonomia pojazdu pojazdów zmieni się diametralnie, gdy samochody będą

mogły same się poruszać. Obecnie w 95% przypadków prywatne pojazdy są nieproduktywne [19]. W przyszłości pojazdy te mogą być wynajmowane, by przynosić dochody, gdy nie są potrzebne właścicielowi. W efekcie nawet prywatne pojazdy staną się częścią transportu, który będzie współużytkowany przez społeczeństwo. Efekt ten zostanie spotęgowany przez firmy świadczące usługi w tym zakresie z własną flotą pojazdów autonomicznych. Każda osoba będzie mogła zamówić za pomocą aplikacji przejazd pojazdem autonomicznym, który sam uda się w miejsce odbioru. W zależności od umowy, pojazd może również zabierać i wysadzać inne osoby podróżujące podobnymi trasami podczas jednego przejazdu. Takie rozwiązania będą znacznie tańsze niż posiadanie własnego pojazdu. Sytuacja ta niekorzystnie wpłynie na przemysł motoryzacyjny, znacznie obniżając popyt na produkty.

Wartym uwagi jest również aspekt struktury zatrudnienia, która uległaby zmianie na skutek eliminacji zawodów związanych z prowadzeniem pojazdów. W przypadku pojazdów autonomicznych czwartego i piątego poziomu zbędna jest jakakolwiek aktywność kierowcy (również jego obecność podczas przejazdu), dlatego takie zawody jak kierowca ciężarówki, kurier, taksówkarz etc. nie miałyby racji bytu. Ludzie wyszkoleni w tym kierunku straciliby pracę i zostali zmuszeni do przebranżowienia się.

2 Perspektywa implementacji idei pojazdów autonomicznych w Polsce

Pojawienie się pojazdów autonomicznych niesie ze sobą konieczność zmian organizacyjnych w wielu dziedzinach. Istnieje kilka przeszkód, które muszą zostać pokonane, zanim dojdzie do zastosowania technologii AV na szeroką skalę. Niektóre z tych wyzwań są możliwe do identyfikacji, tak jak koszty, związane z wdrożeniem jak i koszty samych pojazdów, a niektóre z nich są trudne do oszacowania - przykładowo problemy dotyczące bezpieczeństwa.

Jednym z wymogów stawianym przed wprowadzeniem pojazdów autonomicznych jest opracowanie bardzo szczegółowych map terenu Polski. Jest to niezbędne do prawidłowej detekcji terenu po którym będą poruszały się pojazdy. Jest to również istotne w odniesieniu do stworzenia kompleksowego systemu lokalizacji opartego na integracji technologii, takich jak radary, lidary oraz kamery, które zostały opisane w pierwszym rozdziale. Szczególnym wyzwaniem są tereny peryferyjne bądź wiejskie, których mapy nie są tak precyzyjnie wykonane jak to jest w przypadku terenów miejskich. Obecnie pojazdy są przystosowywane do istniejącej infrastruktury drogowej. Istotna jest konieczność odzwierciedlenia rzeczywistej infrastruktury na mapach. Czujniki pomiarowe, takie jak kamery odczytują sygnały z otoczenia, jednak potrzebują również szczegółowych danych o całości obszaru po którym się poruszają w celu porównania stanu faktycznego ze stanem zapisanym w systemie map. Czujniki te lokalizują i analizują niezgodności oraz reagują na ewentualnie występujące na drodze przeszkody. Możliwe jest to dzięki specjalnie zaprojektowanemu dla pojazdów samosterujących mapom nawigacji trójwymiarowej. Prekursorem w zakresie sporządzania tego typu map jest firma TomTom, która stworzyła systemy RoadDNA oraz mapy HAD (*Highly Automated Driving*). Pozwalają one na identyfikację pojazdów, zarówno przy dużej prędkości, jak i podczas trudnych warunków pogodowych. Zapewniają szczegółowy (z dokładnością do kilku centymetrów) i pozbawiony błędów obraz trasy, by pojazd mógł porównać go z obrazem z kamer i czujników [20]. Firma ta również opracowuje swoje mapy dla terenu Polski, lecz niestety na chwilę obecną obejmują one jednak obszar autostrad.

Aby rozwinąć pojazdy autonomiczne i stworzyć wydajny i bezpieczny system konieczne jest uprzednie dostosowanie systemów telematycznych [21], [22]. Przyczyni się to do wsparcia poruszania się pojazdów w oparciu o technologię V2I (*Vehicle to Infrastructure*)

oraz V2V (*Vehicle to Vehicle*), poprzez umożliwienie wymiany informacji pomiędzy użytkownikami (w tym przypadku pomiędzy AV), a infrastrukturą. Koncern Delphi jest na etapie realizowania koncepcji V2E (*Vehicle to Everything*). Łączy ona założenia obu wcześniej wymienionych systemów, rozszerzając je o nowe aspekty takie jak: wymiana informacji między pojazdami i sygnalizacją świetlną, znakami drogowymi, a nawet pieszymi. Umożliwi to proaktywne i przewidywalne działania, które będą miały wpływ na bezpieczeństwo i płynne poruszanie się, szczególnie w warunkach miejskich. Poprzez integrację sieci informacyjnej, komputer znajdujący się w pojeździe będzie miał możliwość pobierania z niej informacji o obecnej sytuacji w mieście, takie jak roboty drogowe, zbliżające się pojazdy uprzywilejowane, stan nawierzchni jezdni, warunki pogodowe etc. [23]

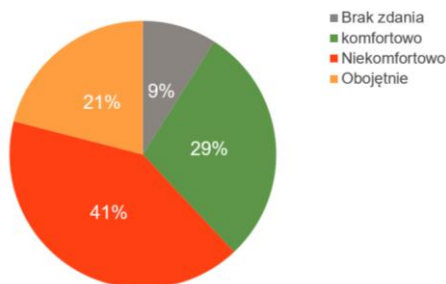
Jednym z poważnych problemów jest również wspólne korzystanie z infrastruktury drogowej pojazdów samosterujących i tradycyjnych. Szczególne znaczenie ma odmienne postrzeganie infrastruktury, po której się poruszają. Kierowcy większą część swojej uwagi skupiają na tym co widzą. Dobry stan nawierzchni oraz korzystne warunki pogodowe często są ważniejsze niż informacje umieszczone na znakach drogowych. Z kolei pojazdy autonomiczne bazują na informacjach zebranych z otoczenia i analizują je zgodnie z wytycznymi. Taka sytuacja może rodzić pewne konflikty podczas jednoczesnego użytkowania dróg. Rozwiązaniem tego problemu może być częściowa separacja ruchu pojazdów autonomicznych od konwencjonalnych. Umożliwiłoby to płynne oraz stopniowe wdrażanie pojazdów do codziennego użytku. Jednakże implementacja idei AV musiałaby zostać poprzedzona dużą ilością testów, aby uzyskać pełny pogląd na możliwości zastosowania ich w polskich warunkach. Kolejnym wymogiem jest polepszenie warunków technicznych jezdni oraz innych komponentów dróg, gdyż pewnie niedoskonałości takie jak duże ubytki jezdni mogą zostać błędnie odczytane przez systemy jako przeszkoda, którą trzeba ominąć.

Aby pojazdy autonomiczne pojawiły się na drogach Polski konieczne jest w sposób zasadniczy zmienienie wielu przepisów obecnie obowiązującego prawa. Polskie przepisy nie przewidują korzystania z pojazdów samosterujących. Wynika to przede wszystkim z definicji kierującego pojazdem, którym musi być „osoba”, z czego jednoznacznie wynika, że może to być jedynie człowiek. Ustawa z roku 1997 - Prawo o ruchu drogowym, art. 2 pkt. 20 mówi, iż „kierujący - osoba, która kieruje pojazdem lub zespołem pojazdów, a także osobę, która prowadzi kolumnę pieszych, jedzie wierzchem albo pędzi zwierzęta pojedynczo lub w stadzie”. Warto jednak zwrócić uwagę, iż 23 marca 2016 roku weszła w życie zmiana przepisów konwencji wiedeńskiej o ruchu drogowym. Zmiany te dotyczą zasady mówiącej o tym, że kierujący pojazdem powinien ciągle panować nad swoim pojazdem. Została ona zmodyfikowana i obecnie dopuszcza zastosowanie systemów wspomagających kierowanie pojazdem, lecz pod warunkiem, że kierowca będzie w stanie w każdym momencie wyłączyć system i przejąć kontrolę nad pojazdem. Zmiana daje możliwość ustawodawcom poszczególnych krajów do wprowadzenia modyfikacji w prawie krajowym. Jednak odnosi się ona wyłącznie do pojazdów do trzeciego poziomu autonomiczności, gdyż pojazdy o wyższym poziomie (czwartym i piątym) nie wymagają od kierowcy ciągłej gotowości do przejęcia pojazdu. Obecnie trwają dyskusje nad kolejną zmianą zapisów konwencji i dopuszczenia prowadzenia pojazdów przez automatyczne systemy, do których stosowane będą wszystkie dotychczasowe wymagania dotyczące kierującego [11].

W przypadku pojawienia się w przyszłości tego typu pojazdów konieczne byłyby również zmiany w zakresie prawa cywilnego, w szczególności zasady odpowiedzialności za ruch pojazdów. Przepis art. 436 Kodeksu Cywilnego przewiduje, iż odpowiedzial-

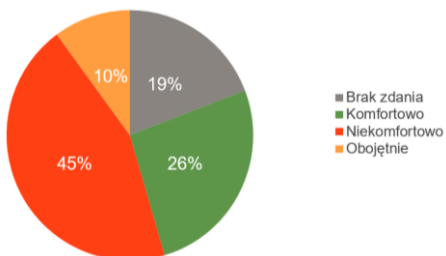
ność za wyrządzone szkody na mieniu i osobie spowodowane ruchem mechanicznego środka komunikacji poruszanego za pomocą sił przyrody ponosi jego samoistny posiadacz na zasadzie ryzyka. Biorąc pod uwagę obecne uregulowania to posiadacz pojazdu autonomicznego poniósłby odpowiedzialność za wszelkie szkody spowodowane przez sterujący system, niezależnie od zakresu możliwości wpływania na jego ruch. Obarczone jest to ryzykiem, które może powodować niechęć do posiadania tego typu pojazdów [24]. Zmianom również będą podlegały regulacje karne, w szczególności regulacje związane z wykroczeniami drogowymi, gdyż na chwilę obecną odpowiedzialność karną może ponosić jedynie człowiek. Zmiany dotyczyłyby również konieczności wprowadzenia nowych kar do kodeksu karnego, takich jak hakowanie systemów sterujących i zmuszaniem ich do jazdy w inne miejsce, niż wyznaczył im właściciel.

Ważnym aspektem w odniesieniu do przyszłości idei na terenie Polski jest również społeczna akceptacja tego rozwiązania. W 2016 roku zostały przeprowadzone badania przez *The London School of Economics and Political Science* we współpracy z *Goodyear Europe*. Badania obejmowały obszar Unii Europejskiej, w tym również Polski. Podczas nich zadano ankietowanym pytania odnoszące się do idei pojawienia się pojazdów autonomicznych na drogach. W badaniach wzięło udział 11 827 ankietowanych.



Rys. 2. Jazda w ruchu mieszanym

Ocenię została poddana między innymi gotowość użytkowników dróg do dzielenia dróg z pojazdami samosterującymi podczas ruchu mieszanego (czyli jednoczesne poruszanie się po drodze pojazdów konwencjonalnych i autonomicznych). Z rysunku 2 wynika, iż 41 % ankietowanych odpowiedziało, że taka perspektywa jest dla nich niekomfortowa. Przeciwnych głosów było zaledwie 29% spośród wszystkich badanych. Obrazuje to brak gotowości oraz zaufania społeczeństwa wobec wprowadzenia w życie tego typu pojazdów.



Rys. 3. Korzystanie z pojazdów autonomicznych

W kolejnym pytaniu badano gotowość ankietowanych do korzystania z pojazdu autonomicznego, zamiast tradycyjnego. W tym przypadku odpowiedzi również nie były pozytywne. Jak wynika z rysunku 3 44 % ankietowanych twierdzi, iż nie czułoby się w takiej sytuacji.

Na podstawie wyżej przedstawionych wyników badań można dojść do wniosku, iż społeczeństwa członków Unii Europejskiej, w

tym również Polski nie są gotowe na realizację wdrożenia pojazdów samosterujących na ulicach ich państw. Zastanawiający jest też wynik osób, które nie miały zdania (9 % w pierwszym przypadku oraz 19 % w drugim), bądź były obojętne wobec przedstawionej perspektywy (21 % w pierwszym przypadku oraz 10 % w drugim). Może to świadczyć o niedostatecznej świadomości czym tak naprawdę są pojazdy autonomiczne oraz braku zainteresowania tym tematem. Trzech na pięciu ankietowanych przyznało, że nie wie wiele na ten temat. Konieczne wydaje się zatem dołożenie starań by ta sytuacja uległa zmianie zanim pojazdy naprawdę pojawią się na drogach. Pociuszającym jest fakt, iż duża część ankietowanych przyznała (43 %, wobec 29 % osób, które nie zgadzają się z tym twierdzeniem), że wypadki drogowe w głównej mierze spowodowane są przez czynnik ludzki. Z drugiej zaś strony aż 73 % badanych żywi obawy, że zagrożeniem prawdopodobieństwo zepsucia się technologii. Dodatkowo, aż 82 % potwierdza, iż nawet jeśli nie byłoby takiej konieczności, woleliby obserwować sytuację na drodze.

Wyżej wymienione wyzwania nie mogą być zrealizowane bez przeznaczenia sporych funduszy na rzecz realizacji celów umożliwiających implementację pojazdów autonomicznych. Pojawia się pytanie, czy polska gospodarka będzie gotowa na przyjęcie pojazdów autonomicznych? Z uwagi na zastosowane w pojazdach wysocze zaawansowanych technologii, przewidywalnym problemem będą również zaporowe ceny samych pojazdów, szczególnie w początkowych fazach ich komercyjnej produkcji. Analizując przeciętne zarobki obywateli Polski na pojazdy będą mogli sobie pozwolić przedstawiciele wyższych klas społecznych.

Podsumowanie

Technologia pojazdów autonomicznych rozwija się w szybkim tempie. Wielu producentów pojazdów i oprogramowania prowadzi zaawansowane testy i badania w celu stworzenia zarówno efektywnego jak i bezpiecznego rozwiązania. Jednak jeszcze wiele wyzwań stoi przed nimi, zanim pojazdy samosterujące na dobre pojawią się na drogach. Jeżeli zostaną one pokonane i idea wejdzie w fazę realizacji, transport oraz inne dziedziny gospodarki ulegną sporym zmianom. Zdaniem autora wprowadzenie tego typu innowacji technologicznej przyczyni się do rozwiązania kluczowych problemów współczesnego transportu, takich jak zatłoczenie na drogach, kongestia, czy nadmierna emisja spalin. Najważniejszym jednak czynnikiem, na który może wpłynąć owa zmiana jest podniesienie poziomu bezpieczeństwa na drogach i w efekcie redukcja liczby zgonów oraz urazów odniesionych w skutek wypadków. Jednakże, aby proces implementacji przebiegł pomyślnie, konieczne jest opracowanie szczegółowych i przemyślanych strategii wdrożenia. Ważne jest uwzględnienie szerokiego spektrum czynników i oszacowanie skutków realizacji.

W przypadku Polski, zdaniem autora, szanse na powodzenie mają zastosowania jednostkowe. Jednak rozszerzenie idei w obrębie całego kraju będzie trudnym zadaniem, które będzie wymagało współpracy między wieloma podmiotami. Autor żywi nadzieję, że taka współpraca zostanie nawiązana, jak to zostało zapowiedziane podczas wrześniowej konferencji *Autonomiczna Przyszłość Transportu Drogowego*. W tym przypadku kompleksowość i integralność wszystkich procesów jest warunkiem koniecznym zakończenia powodzeniem procesu wprowadzenia pojazdów autonomicznych na drogi w Polsce. Jednakże na chwilę obecną trudno przewidzieć początkową datę realizacji idei, a rok 2025, który został podany jako planowany, wydaje się być bardzo optymistyczną wizją, biorąc pod uwagę zbyt małą ilość konkretnych działań podjętych w tym kierunku. Działania muszą zostać poprzedzona wieloma badaniami, analizami sytuacji, testami, których jak na razie brak. Szczególnym

wyzwaniem są tereny wiejskie oraz rzadziej uczęszczane, w których dostrzegalne są braki infrastrukturalne, mało precyzyjne mapy dróg czy inne czynniki mające wpływ na możliwość poprawnego działania technologii AV. Istotnym aspektem jest również społeczna akceptacja.

Konkludując, pojazdy autonomiczne mogą przynieść pozytywne skutki dla polskiego transportu. Jednak jedynie pod warunkiem spełnienia wszystkich niezbędnych wymagań. Pozwoli to na sprawny i efektywny rozwój tej gałęzi gospodarki.

Bibliografia:

1. T. Neumann, „Enhancing Safety and Reduction of Maritime Travel Time with In-vehicle Telematics”, w *Management Perspective for Transport Telematics*, Kraków, 2018.
2. W. Rychter, *Dzieje samochodu*. Warszawa: WKŁ, 1987.
3. W. Szymeczko, „Perspektywy wykorzystania pojazdów autonomicznych w transporcie drogowym w Polsce”, praca inżynierska, Wydział Nawigacyjny, Akademia Morska w Gdyni, Gdynia, 2018.
4. „New estimates of benefits of crash avoidance features on passenger vehicles”, Insurance Institute for Highway Safety, Status Report 45(5), maj 2010.
5. C. A. Berrick, *Highway Safety: Selected Cases of Commercial Drivers with Potentially Disqualifying Impairments*. USA: Government Accountability Office, 2013.
6. „Self-driving cars: The next revolution”, kpmg.com, 2013.
7. „AAA To Focus Safety Efforts On Ways to Prevent Crashes Between Cars and Large Trucks”, American Automobile Association, lip. 2002.
8. F. Ranft, M. Adler, P. Diamond, E. Guerrero, i M. Laza, „Freeing the Road: Shaping the future for autonomous vehicles”, A Policy Network Special Report, lis. 2016.
9. T. R. Hawkins, B. Singh, G. Majeau-Bettez, i A. H. Strømman, „Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles”, *Journal of Industrial Ecology*, t. 17, nr 1, s. 53–64, paź. 2012.
10. S. Pillath, „Automated vehicles in the EU”, European Parliament Think Tank, sty. 2016.
11. „Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 r., Prawo o ruchu drogowym”. Dz.U. 1997 nr 98 poz. 602.
12. S. Gless, E. Silverman, i T. Weigend, *If Robots Cause Harm, Who is to Blame? Self-Driving Cars and Criminal Liability*. 2016.
13. J. M. Anderson, N. Kalra, K. D. Stanley, P. Sorensen, C. Samaras, i O. A. Oluwatola, *Autonomous Vehicle Technology*. RAND Corporation, 2014.
14. E. Guerra, „Planning for Cars That Drive Themselves: Metropolitan Planning Organizations, Regional Transportation Plans, and Autonomous Vehicles”, *Journal of Planning Education and Research*, t. 36, nr 2, s. 210–224, lis. 2015.
15. G. Meyer i S. Beiker, *Road Vehicle Automation 2*. Springer International Publishing, 2015.
16. W. Mitchell, „Intelligent cities”, *UOC Papers*, t. 5, s. 3–8, 2007.
17. T. Neumann, „Automotive and Telematics Transportation Systems”, w *2017 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON)*, Astana, Kazakhstan, 2017, s. 1–4.
18. T. Litman, „Autonomous Vehicle Implementation Predictions: Implications for Transport Planning”, Victoria Transport Policy Institute, cze. 2018.
19. J. Bates i D. Leibling, „Spaced Out - Perspectives on parking policy”, RAC Foundation, London, UK, cze. 2012.
20. „TomTom”. [Online]. Dostępne na: <https://www.tomtom.com/pl>. [Udostępniono: 30-paź-2018].
21. T. Neumann, „Telematic Support in Improving Safety of Maritime Transport”, *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, t. 12, nr 2, s. 231–235, cze. 2018.
22. T. Neumann, „Koncepcja zastosowania technologii RFID w transporcie drogowym”, *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni*, nr 101, 2017.
23. T. Neumann, „Wykorzystanie systemów telematyki na przykładzie wybranych przedsiębiorstw transportu drogowego”, *Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe*, nr 12, s. 605–610, 2017.
24. „Ustawa z dnia 23 kwietnia 1964 r. - Kodeks cywilny”. Dz.U. 1964 nr 16 poz. 93.

Perspectives of using autonomous vehicles in road transport in Poland

The paper presents the characteristics and classification of autonomous vehicles, detailed analysis of the advantages and disadvantages of using this technology on Polish roads.

Keywords: autonomous vehicles, road transport, transport telematics.

Autor:

dr inż. **Tomasz Neumann** – Uniwersytet Morski w Gdyni, Wydział Nawigacyjny, Katedra Nawigacji