

Arkadiusz GIL<sup>1</sup>, Piotr CZECH<sup>2</sup>

Opiekun naukowy: Piotr CZECH<sup>2</sup>

## ROZWÓJ AUTONOMICZNEGO TRANSPORTU TOWAROWEGO

**Streszczenie:** Celem artykułu była analiza aktualnej sytuacji na rynku motoryzacyjnym w aspekcie autonomicznych pojazdów ciężarowych. Przeanalizowano praktyczne wykorzystanie technologii autonomicznych w transporcie drogowym. Sprawdzone, czy na dzień dzisiejszy, poziom zaawansowania technologicznego umożliwia zastosowanie w pełni autonomicznych środków transportu.

**Słowa kluczowe:** transport, transport drogowy, autonomiczne samochody

## DEVELOPMENT OF AUTONOMOUS FREIGHT TRANSPORT

**Summary:** The purpose of the article was to analyze the current situation on the automotive market in the aspect of autonomous vehicles. The practical use of autonomous technologies in road transportation was analyzed. It was checked whether, as of today, the level of technological advancement allows the use of fully autonomous means of transport.

**Keywords:** transport, road transport, autonomous cars

### 1. Wprowadzenie

Korzystanie z nowoczesnych technologii związanych z elektroniką, automatyką, robotyką, czy też informatyką sprawia, że otaczający świat radykalnie się zmienia [1]. Jednym z przykładów może być tak bardzo bliski każdemu człowiekowi obszar życia jakim jest transport. Przez wiele lat rozwijały się technologie związane z przemieszczaniem ładunków, czy też osób. Globalizacja rynku wraz z postępem technologicznym doprowadziła do tego, że w aktualnych czasach mogą być dostarczone w bardzo krótkim czasie, zależnie od miejsca dostawy oraz realizacji innych czynników niezwiązanych już z transportem. Rynek międzynarodowy jest dostępny niemal dla każdego, bez problemu można więc dokonywać zamówień spoza kraju, sprowadzać towary nawet z innych kontynentów. Korzystając z takiej możliwości fabryki oraz inne przedsiębiorstwa są w stanie prężnie się rozwijać,

---

<sup>1</sup> Politechnika Śląska, Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej, specjalność: technika i zarządzanie transportem samochodowym

<sup>2</sup> Prof. dr hab. inż., Politechnika Śląska, Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej

co prowadzi do zwiększenia ich potrzeb oraz zapotrzebowania na transport towarów. Co za tym idzie, transport musi nadążać za aktualnymi potrzebami swoich klientów, zleceniodawców i kontrahentów [2].

Widocznym i stale obserwowalnym problemem jest także niedostatek kierowców. Na podstawie sytuacji rynku transportowego w Polsce można dostrzec, jak poważny problem stanowi brak odpowiedniej liczby kierowców zawodowych w transporcie ładunków. Jak mówi Prezes Związku Pracodawców Transport i Logistyka Polska:

„Z około 130 tys. kierowców spoza Unii Europejskiej, 105 tys. stanowili i stanowią kierowcy z Ukrainy. Natomiast 20-30 procent tych kierowców wróciło na Ukrainę – tłumaczy. Druga taka grupa kierowców, dosyć liczna, to kierowcy z Białorusi” [3].

Aby rynek transportowy mógł się rozwijać, potrzebne jest zwiększenie liczby kierowców, poprawa komfortu ich pracy oraz podniesienie poziomu bezpieczeństwa na drogach. Kluczowym problemem jest także cena paliw, która w aktualnych czasach znacząco wzrosła. Spowodowało to wzrost cen usług transportowych, a także wzrost cen produktów. Firmy transportowe popadają w znaczne problemy, gdy połączy się skokowy wzrost cen paliw wraz ze wzrostem kosztów pracy.

Transport wręcz wymaga wprowadzenia innowacyjnych rozwiązań pozwalających na zwiększenie efektywności przemieszczania ładunków. Na rynku transportowym zaobserwować można potrzeby obniżania kosztów transportu, zwiększenia zatrudnienia kierowców lub zmniejszenia wpływu ich braku na rynek transportowy, zmniejszenie emisji szkodliwych substancji na środowisko naturalne [4].

Jedną z takich innowacji, która nie jest już tylko i wyłącznie ideą inżynierów, lecz już obecną na rynku i stopniowo, powolnie wprowadzaną do niego, są pojazdy autonomiczne. Firmy motoryzacyjne oraz z branży IT dokonują wszelkich starań, aby możliwe było upowszechnienie tej technologii oraz wprowadzenie jej do komercyjnego użytku.

## **2. Rozwój technologii autonomicznej pojazdów ciężarowych**

W 2004 roku z inicjatywy Agencji Zaawansowanych Obronnych Projektów Badawczych Departamentu Obrony Stanów Zjednoczonych DARPA (ang. Defense Advanced Research Projects Agency), zorganizowano konkurs mający na celu zaprojektowanie autonomicznego pojazdu. Zadanie w konkursie DARPA's Grand Challenge polegało na pokonaniu przez pojazd autonomiczny samodzielnie trasy o długości 244 km (150 mil) na pustyni Mojave w czasie krótszym niż 10 godzin. Główną nagrodą dla zwycięskiej drużyny miało być milion dolarów. Nagroda została zatwierdzona przez Kongres Stanów Zjednoczonych Ameryki [5]. Podczas, gdy najlepszy zespół pokonał nieco ponad siedem mil, rok później pięć samochodów bez kierowcy z powodzeniem pokonało wymaganą trasę. W 2007 roku sześć zespołów ukończyło nowe wyzwanie Urban Challenge, w którym pojazdy autonomiczne musiały przestrzegać przepisów ruchu drogowego, radzić sobie z zablokowanymi trasami oraz manewrować wokół stałych i ruchomych przeszkód, zapewniając realistyczne scenariusze codziennej jazdy. Od kwietnia 2013 roku autonomiczne samochody Google przejechały ponad 700 000 km po drogach publicznych Kalifornii, a wielu producentów takich jak: Audi, BMW, Cadillac, Ford, GM, Mercedes-Benz, Nissan, Toyota, Volkswagen i Volvo, rozpoczęło testowanie systemów sterowania. Półautonomiczne funkcje są teraz dostępne na rynku, w tym adaptacyjny tempomat

ACC, ostrzeżenia o opuszczeniu pasa ruchu, unikanie kolizji, wspomaganie parkowania, czy też nawigacja pokładowa. Europejski projekt CityMobile2 demonstrował w 2015 roku w pięciu miastach w pełni autonomiczne aplikacje tranzytowe o niskiej prędkości. Ponadto autonomiczne pojazdy stają się coraz bardziej powszechne w innych sektorach, w tym w wojsku, górnictwie i rolnictwie. Podczas, gdy środowiska miejskie stanowią znacznie większe wyzwania, środowiska te mogą być pomocnym poligonem doświadczalnym dla innowacji autonomicznego transportu [6].

Wraz z początkiem 2015 roku europejscy producenci udowodnili, że autonomiczne ciężarówki, które będą miały możliwość poruszania się po autostradach, drogach szybkiego ruchu, a także innych drogach publicznych nie są innowacją wymagającą dużego zapasu czasowego. Pojazdy takich marek jak Scania, Volvo, DAF, MAN, Mercedes oraz Iveco pokonało trasę, która prowadziła przez pięć państw. Największą odległość spośród pojazdów wymienionych marek pokonały ciężarówki Scanii jadąc ze Szwecji do Rotterdamu na trasie o długości 2000 km. Projekt ten zakończył się sukcesem mimo występowania licznych obaw i głosów sprzeciwu [7].

W dniu dzisiejszym zaobserwować można ogromny wzrost technologii związanej z autonomicznym transportem ładunków na drogach, a także rozbudowanie całego segmentu transportu opartego o badania i rozwijanie tej technologii. Powstało wiele firm, które specjalizują się w produkcji komponentów wymaganych do produkcji autonomicznych ciężarówek. Powstały liczne koncepcyjne pojazdy, prototypy, które w oparciu o zastosowanie pełnej autonomizacji nie posiadają kabin kierowcy lub przystosowane są do działania bez kierującego fizycznie wewnątrz pojazdu.

Jedną z firm działających w branży motoryzacyjnej wykorzystującej innowacyjne technologie jest firma ZF. Firma ta oferuje zintegrowane rozwiązania dla producentów pojazdów, dostawców mobilności i firm startupowych w dziedzinie transportu i mobilności. Cyfrowa sieć i automatyzacja są centralnymi punktami rozwoju systemów ZF [8]. Koncepcja „inteligentnej logistyki” firmy skupia się przede wszystkim na dwóch pojazdach – ciężarówce ZF Innovation Truck i ciągniku Terminal Yard Tractor, które są w stanie wykonać dużą liczbę manewrów bez udziału kierowcy. Ciężarówka Innovation Truck jest w stanie całkowicie samodzielnie odnaleźć docelową pozycję w magazynie, odstawić nadwozie wymienne i zabrać inne. Precyzyjne przejechanie tyłem pod nadwoziem wymiennym wymaga dużej wprawy i koncentracji nawet od doświadczonych kierowców ciężarówek. Często dochodzi wtedy do uszkodzenia mienia. Innowacyjna ciężarówka ZF jest w stanie wykonać tę czynność z absolutną precyzją, za każdym razem z tą samą prędkością i z zachowaniem najwyższego bezpieczeństwa [9]. Ciężarówka ZF Innovation Truck jest przykładem zastosowania inteligentnych rozwiązań dla transportu ciężkiego. Dzięki skrzyni biegów TraXon z modułem hybrydowym może jeździć elektrycznie i lokalnie z zerową emisją spalin. Na trasach międzymiastowych Innovation Truck korzysta z zalet modułu GPS przekładni TraXon, który automatycznie wybiera punkty zmiany biegów dopasowane do topografii terenu [10].

Firma ZF połączyła samochód ciężarowy z najnowocześniejszą naczepą eTrailer oraz pakietem najnowszych, inteligentnych, zelektryfikowanych i wydajnych technologii, w tym z aerodynamiką naczepy, takimi jak owiewki boczne OptiFlow i ogon OptiFlow. Lekkie i aerodynamiczne owiewki boczne do przyczep zostały zaprojektowane w celu poprawy ekonomiki paliwowej i zmniejszenia wpływu na środowisko poprzez obniżenie emisji CO<sub>2</sub> związanej z eksploatacją flot pojazdów

ciężarowych. W USA potwierdzono oszczędność paliwa w trakcie jazdy przy prędkościach autostradowych na poziomie 5%. Ogon OptiFlow sprawia, że przyczepa staje się bardziej ekonomiczna podczas eksploatacji, zapewniając oszczędność paliwa do 1,1 litra na 100 km przy prędkościach autostradowych. Pomaga również w osiągnięciu rocznych oszczędności w emisji CO<sub>2</sub> do 2,8 tony. Ogon naczepy przekierowuje przepływ powietrza wokół tyłu przyczepy, zapewniając płynniejszą i bardziej wydajną jazdę oraz umożliwiając oszczędność paliwa bez ograniczania codziennych operacji [11].

Firma ZF prezentuje także możliwości w zakresie wspierania efektywności operacyjnej kierowców w sytuacji powszechnego niedoboru kierowców. Obejmuje to system wspomagania sprzęgania OptiRide nowej generacji z elektronicznie sterowanym zawieszeniem pneumatycznym ECAS, który pomaga kierowcom ciężarówek łatwiej zacząć naczepę. Zaawansowane funkcje trakcyjne systemu eTrailer, takie jak Drive-Off Help (wspomaganie odjazdu/wjazdu) i Highway Acceleration Support (wsparcie przyspieszania na autostradzie), pomagają zwiększyć bezpieczeństwo, komfort i wsparcie dla kierowców o różnym poziomie doświadczenia. Przedstawiając wsparcie trakcyjne oferowane przez eTrailer dla podjazdów pod rampę załadunkową oraz wspomaganie dokowania innowacyjny zestaw ciągnika i naczepy udowodnił bezpieczne, ciche i precyzyjne cofanie zespołu ciężarówka-naczepa w połączeniu z kamerą cofania naczepy. Wspomagając kierowców i poprawiając czas pracy pojazdu poprzez unikanie wypadków i kosztów napraw, systemy wspomagania sprzęgania i dokowania wyeliminować zagrożenia i stres związany z manewrami na placu [10].

W celu optymalizacji kosztów przestrzeni ładunkowej, firma ZF opracowała czujnik monitorowania przestrzeni CargoCam zapewniający stały przesył informacji o wykorzystywanej i dostępnej przestrzeni ładunkowej, jej stanie, ewentualnym poruszeniu lub przemieszczeniu ładunku, a także odpowiednim zabezpieczeniu drzwi naczepy, tj. możliwości dostępu do naczepy dla nieupoważnionych osób. Informacje mogą być wyświetlane za pośrednictwem urządzeń telematycznych [10].

Terminal Yard Tractor łączy w sobie bezemisyjną dystrybucję towarów w magazynie z maksymalnym bezpieczeństwem. Naczepy są przewożone do miejsca przeznaczenia autonomicznie, bez udziału kierowców. W połączeniu z superkomputerem ZF ProAI, zestaw czujników zapewnia wykrywanie pieszych i przeszkód oraz inicjuje właściwą reakcję.

Autonomiczny ciągnik Terminal Yard Tractor manewruje przyczepami w określonych obszarach na terenie zakładu lub centrum logistycznego. Dzięki zestawowi czujników pojazd może obserwować swoje otoczenie. Komputer centralny ZF proAI koordynuje funkcje prowadzenia wzdłużnego i boczego, co pozwala na pobranie przez ciągnik przyczepy z ciężarówki i autonomiczne manewrowanie nią do rampy w celu załadunku lub rozładunku. Po zakończeniu tych czynności pojazd przenosi przyczepę z powrotem do ciężarówki. System sterowania pojazdem jest połączony z systemami zaimplementowanymi na terenie zakładu. Kamery stacjonarne na rampie rejestrują tył naczepy, którą trzeba manewrować. Komputer na miejscu oblicza trajektorię i przekazuje dane do jednostki pokładowej systemu telematycznego za pomocą sygnału bezprzewodowego. Komputer ze sztuczną inteligencją w pojeździe przetwarza informacje w czasie rzeczywistym i przekształca je w instrukcje dotyczące uruchomienia silnika, układu kierowniczego i hamulców. Inteligentny i dynamiczny system wyznaczania tras informuje pojazd, dokąd ma

jechać, kiedy ma jechać i co zrobić, gdy już się tam znajdzie. Po włączeniu trybu jazdy autonomicznej pojazd automatycznie loguje się za pomocą indywidualnego sygnału bezprzewodowego LTE/WLAN floty transportowej oraz pokładowej jednostki. System ten stale sprawdza i uwzględnia aktualną pozycję pojazdu oraz trasy innych pojazdów na terenie zakładu, w razie potrzeby natychmiast dostosowuje własną trasę w celu zniwelowania możliwości kontaktu z innymi ciągnikami [12]. Rysunek 1 przedstawia model autonomicznego ciągnika terminalowego firmy ZF w trakcie przemieszczania naczepy.



Rysunek 1. Terminalowy ciągnik siodłowy firmy ZF [13]

Firma ZF jest również producentem autopilotów ADOPT 2.0 i 3.0. Mają one zostać użyte jako wyposażenie nowych pojazdów wspierając zautomatyzowane prowadzenie ciężarówek. ADOPT (ang. Autonomous Driving Open Platform Technology) przekłada instrukcje jazdy z aplikacji wirtualnego kierowcy na rzeczywiste polecenia dotyczące ruchu pojazdu, umożliwiając sterowanie wszystkimi systemami pojazdu. Wynikająca z tego kontrola ruchu pojazdu jest realizowana zgodnie z zasadami bezpieczeństwa i wydajności. System ADOPT zapewnia kontrolę nad prawidłowym utrzymaniem pojazdu w ruchu w czasie rzeczywistym, co pozwala także na obsługę awaryjnego hamowania i kierowania w celu zapewnienia redundancji układu sterowania pojazdem. Zapewnia także dostęp do danych generowanych przez systemy uruchamiania ciężarówek i przyczep w celu ciągłego zwiększania wydajności pojazdów i autonomicznej kontroli ruchu. Pozwala na bezpieczne i efektywne zautomatyzowane zarządzanie ruchem pojazdu, a także obniżenie kosztów związanych z utrzymaniem pojazdu z uwagi na optymalizację trasy pojazdu i automatyczne sterowanie układem napędowym [14].

System ADOPT 2.0 ma na celu prowadzenie ciężarówki bez obecności kierowcy z prędkością do 20 km/h. To sprawia, iż autopilot ten stworzony został do użytkowania na prywatnych obszarach, czyli placach zakładowych gdzie ciągnik samodzielnie podjedzie na miejsce rozładunku i rozładunku lub będzie obsługiwać system wymiennych nadwozi lub innego rodzaju naczepy. Wersja systemu 3.0 to autopilot, który posiada możliwość prowadzenia ciężarówki po drogach różnych kategorii, takich jak autostrady, drogi szybkiego ruchu, itp. Maksymalna prędkość

jaką może on osiągnąć to 80 km/h. System ten integruje ze sobą wszystkie systemy bezpieczeństwa w pojeździe, co pozwala na bezpieczną jazdę, gdy na drodze panują trudne warunki atmosferyczne. Autopilot odpowiednio koryguje tor jazdy, wyhamowuje pojazd na śliskiej nawierzchni, zapobiega wpadaniu w poślizg na zakrętach [14].

Kolejną firmą wykorzystującą najnowocześniejsze technologie umożliwiające opracowanie autonomicznych pojazdów jest TuSimple. Prowadzi ona działalność w USA, Europie i Chinach. Opracowuje gotowe do użytku komercyjnego, w pełni autonomiczne (SAE Level 4) rozwiązania technologiczne umożliwiające prowadzenie pojazdów ciężarowych w dużym natężeniu ruchu. Za swój cel firma przyjęła przekształcenie globalnego przemysłu transportu ciężarowego dzięki wiodącej technologii sztucznej inteligencji, która umożliwi ciężarówkom widzenie na odległość 1000 metrów, działanie w sposób niemal ciągły i zmniejszenie zużycia paliwa o 10% w stosunku do ciężarówek prowadzonych ręcznie [15]. Każda autonomiczna ciężarówka korzysta z zastrzeżonych trójwymiarowych map cyfrowych o wysokiej rozdzielczości. Mapy te służą jako cyfrowa ścieżka dla samojezdnych ciężarówek. Zainstalowane oprogramowanie śledzi i wspiera system autonomiczny ciężarówki poprzez statystyczne kodowanie predykcyjnej wiedzy o środowisku drogowym, która została zgromadzona w czasie, aby zapewnić optymalne bezpieczeństwo i wydajność [16].

Firma uruchomiła również program certyfikacji kierowców autonomicznych pojazdów ciężarowych [17]. Program „Autonomous Vehicle Driver and Operations Specialist” składa się z pięciu kursów obejmujących technologię wdrożoną w samojezdnych ciężarówkach. Kurs przygotowuje kierowców do prac, takich jak szkolenie w ramach obsługi systemów autonomicznych dla kierowców testowych, obsługa pojazdu w sytuacjach, w których autonomiczna jazda nie jest odpowiednia, oraz zdalne monitorowanie systemu z centrum dowodzenia. Przyszłość transportu ciężarowego zaoferuje nowe możliwości zatrudnienia dla dzisiejszych kierowców, ale będzie wymagać zestawu nowych umiejętności. Opracowanie tego programu certyfikacji zapewnia, że absolwenci będą budować kompetencje w wielu obszarach – od logistyki i technologii informacyjnej do zautomatyzowanej technologii przemysłowej. Obszary te są przekształcane przez autonomię, a kierowcy będą potrzebować szkoleń, aby współdziałać z autonomicznymi ciężarówkami.

Firma TuSimple w roku 2020 uruchomiła także pierwszą autonomiczną sieć transportu drogowego AFN (ang. Autonomous Freight Network). System składa się z autonomicznych ciężarówek, cyfrowych mapowanych tras, strategicznie rozmieszczonych terminali, wraz z TuSimple Connect, systemem monitorowania operacji autonomicznych firmy [18]. AFN integruje się z istniejącymi sieciami logistycznymi i systemami zarządzania transportem, aby umożliwić długodystansowe autonomiczne operacje towarowe. Dodatkowo, technologia ta pozwala autonomicznym ciężarówkom być o 10% bardziej wydajnym pod względem zużycia paliwa niż ciężarówki kierowane ręcznie, a w przyszłości działać w sposób ciągły bez ograniczeń godzin pracy. Celem przyszłościowym wprowadzenia AFN jest posiadanie ogólnokrajowej sieci transportowej składającej się z odwzorowanych tras łączących setki terminali, aby umożliwić wydajne, tanie, długodystansowe autonomiczne operacje towarowe. Dzięki uruchomieniu AFN możliwe jest szybkie skalowanie operacji i rozszerzanie autonomicznych dróg przewozowych, aby zapewnić użytkownikom dostęp do autonomicznej przepustowości w dowolnym

miejscu i w dowolnym czasie. Wraz z AFN, firma uruchamia również TuSimple Connect, system monitorowania operacji autonomicznych, aby zapewnić bezpieczne operacje autonomiczne i umożliwić klientom śledzenie ich ładunków w czasie rzeczywistym.

22 grudnia 2021 roku specjalnie wyposażony autonomiczny zestaw ciągnika siodłowego i naczepy pokonał prawie 130 km poruszając się po ulicach i autostradach, wchodząc w naturalne interakcje z innymi kierowcami. Firma TuSimple pomyślnie zakończyła pierwszy na świecie w pełni autonomiczny przejazd zestawu po otwartych drogach publicznych bez człowieka w pojeździe i bez interwencji człowieka [15].

Kolejna firma rozwijająca technologię samojezdnych ciężarówek poziomu 4 opracowała system samojezdny o nazwie PlusDrive. Przeznaczony jest on do użytkowania przy obecności kierowcy w pojeździe. Może być montowany w komercyjnych samochodach ciężarowych. Sprzęt stosowany przez Plusa obejmuje kamery, lidar i radar, które razem zapewniają pełny obraz otoczenia ciężarówki. Oprogramowanie przetwarza i nadaje sens wszystkim danym o otoczeniu ciężarówki zebranych przez czujniki. Firma przeprowadziła testy drogowe swojej technologii w 17 stanach w USA od 2021 roku. Zaczęła również wprowadzać swój system do firm w Chinach i USA. Firma nawiązała współpracę z europejskim producentem ciężarówek Iveco, aby wspólnie pracować nad budową półciężarówek, które mogłyby jeździć autonomicznie i korzystać z silników na skroplony gaz ziemny. Nawiązała także współpracę z producentem silników Cummins Inc. w celu opracowania samojezdnych ciężarówek zasilanych gazem ziemnym [19].

Na rysunku 2 przedstawiono ciągnik siodłowy wyposażony w technologię PlusDrive z elementami wyposażenia w postaci bocznych radarów i lidarów, czujników nawigacyjnych i autonomicznej jednostki napędowej, przedniego radaru na zderzaku, kamery monitorującej obszar z przodu pojazdu, oraz systemu monitorowania kierowcy i interfejsu człowiek-maszyna.



Rysunek 2. Ciągnik siodłowy wyposażony w technologię autonomicznej jazdy PlusDrive [20]

We wrześniu 2022 roku firmy IVECO i Plus pomyślnie zakończyły wstępną fazę pilotażu autonomicznej ciężarówki. To kamień milowy pokazujący możliwości

techniczne samochodu ciężarowego IVECO S-WAY napędzanego napędem PlusDrive [21]. Projekt pilotażowy przyspiesza postęp w kierunku coraz bardziej zautomatyzowanej ciężarówki. Dzięki połączeniu doświadczenia producenta pojazdów ciężarowych z firmą działającą w zakresie autonomicznych pojazdów użytkowych, zwiększono możliwości w zakresie opracowywania, a następnie komercjalizacji następnej generacji napędzanych innowacjami, zwiększających bezpieczeństwo, zrównoważonych rozwiązań transportowych. Wstępne publiczne testy drogowe dla pojazdów nadzorowanych przez kierowcę obejmują kilka krajów w Europie, w tym Austrię, Niemcy, Włochy i Szwajcarię. Różnorodność terenu, nachylenia dróg, pogody i scenariuszy jazdy pozwala na ciągłe poszerzanie możliwości i funkcji technologii jazdy autonomicznej [22].

Kolejną firmą działającą w tej branży jest Daimler Trucks z siedzibą w USA. W maju 2015 roku firma opracowała model Freightlinera Inspiration Truck, który był pierwszą zautomatyzowaną ciężarówką dopuszczoną do ruchu na amerykańskich drogach publicznych. Na rysunku 3 przedstawiono opracowany model autonomicznej ciężarówki Freightliner Inspiration Truck [23].



*Rysunek 3. Freightliner Inspiration Truck firmy Daimler Trucks [23]*

Jednostka radarowa umieszczona w środkowej części przedniego zderzaka Freightliner Inspiration Truck skanuje drogę przed pojazdem w dalekim i krótkim zasięgu. Radar dalekiego zasięgu, o zasięgu 250 metrów i skanujący pod kątem 18 stopni, identyfikuje pojazdy znajdujące się przed pojazdem. Radar krótkiego zasięgu, o zasięgu 70 metrów i skanujący pod kątem 130 stopni, posiada możliwość szerszego zakresu pracy w celu wykrywania pojazdów, które mogłyby wjechać przed ciężarówką. Obszar przed pojazdem jest skanowany przez kamerę umieszczoną za przednią szybą. Zasięg kamery wynosi 100 metrów, a skanuje ona obszar o wymiarach 45 stopni w poziomie i 27 stopni w pionie. W przypadku autonomicznego prowadzenia po pasie ruchu kamera rozpoznaje oznaczenia pasów i przekazuje informacje do układu kierowniczego Highway Pilot. Jest to system, który łączy zaawansowaną technologię kamer i radarów z systemami zapewniającymi stabilność pasa ruchu, unikanie kolizji, kontrolę prędkości, hamowanie, sterowanie

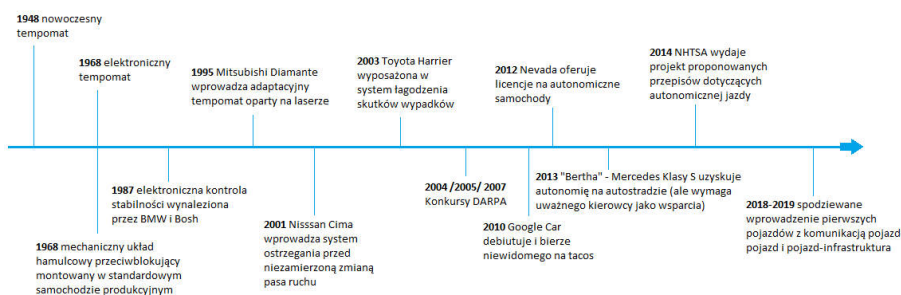


i zaawansowany wyświetlacz na desce rozdzielczej, aby umożliwić bezpieczną autonomiczną pracę na drogach publicznych [23].

### 3. Podsumowanie

Dokonując analizy aktualnego stanu rynku pojazdów autonomicznych jak i systemów z nimi związanych, wszelakich platform pozwalających na autonomiczne zarządzanie pojazdami, oraz kontrolę autonomicznych pojazdów można wywnioskować znaczący trend rozwojowy tego typu technologii. Branża pojazdów autonomicznych, a także zautonomizowanych rozwiązań wspomagających pracę kierowców rozwija się w celu osiągnięcia kolejnych „kamieni milowych”. Firmy pokonują kolejne bariery związane z wprowadzeniem gotowych do wdrożenia pojazdów autonomicznych na publiczne drogi. Liczne testy, nowe pojazdy, a także opracowanie nowych rozwiązań powoduje, że autonomizacja nie jest już obcą dziedziną technologii, jak również czymś, co będzie możliwe do osiągnięcia dopiero w dalekiej przyszłości. Obowiązek stosowania w nowych pojazdach na terenie Unii Europejskiej systemów wspomaganie kierowcy jest idealnym dowodem na postępowanie w kierunku autonomizacji transportu drogowego. Na podstawie nowych przepisów mających na celu poprawienie bezpieczeństwa w ruchu drogowym oraz umożliwienie korzystania z pojazdów posiadających pełen stopień autonomizacji Komisja Europejska z dniem 6 lipca 2022 roku opublikowała nowe rozporządzenie w sprawie bezpieczeństwa ogólnego pojazdów [24]. Dzięki zmianie przepisów dotyczących bezpieczeństwa ruchu drogowego w UE, nowe typy pojazdów (wszystkie nowe pojazdy od 7 lipca 2024 roku) muszą posiadać nowe środki wspomaganie kierowcy. W odniesieniu do wszystkich pojazdów drogowych, muszą one być wyposażone w asystenta kontroli prędkości, system wykrywania obiektów przy cofaniu, system ostrzegania o senności lub spadku poziomu uwagi kierowcy, a także w rejestratory pozwalające na odczyt danych na temat zdarzeń. Natomiast samochody ciężarowe, na podstawie zmiany przepisów, mają obowiązek posiadać systemy pozwalające na monitorowanie potencjalnych martwych pól, a także systemy ostrzegające przed potencjalną kolizją z pieszymi, rowerzystami i innymi użytkownikami ruchu oraz systemy pozwalające na monitorowanie ciśnienia w oponach.

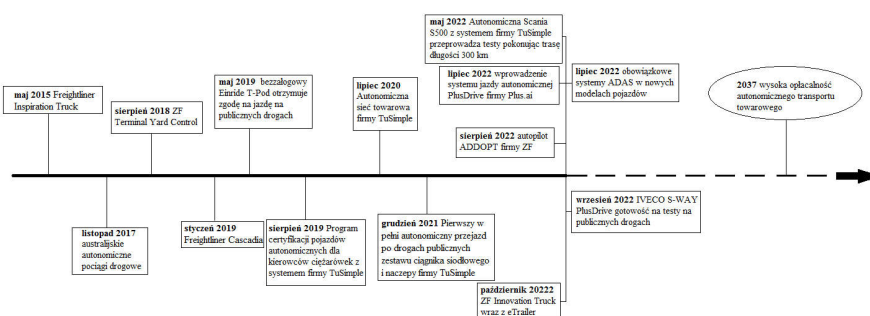
Dokonany w ciągu ok. 65 lat postęp w motoryzacji został zobrazowany przez oś czasu opracowaną w 2014 roku i pokazaną na rysunku 4 [25].



Rysunek Postęp w motoryzacji w latach 1948-2019 [25]

W oparciu o tak znaczący postęp jaki dokonał się w ostatnich latach zarówno technologiczny jak i ustawowy, można dokonać aktualizacji osi czasu. Propozycję

zaktualizowanej osi czasu zawierającej aktualny stan rynku autonomicznego. Obejmuje on rozwój kluczowych technologii autonomicznego transportu ładunków w latach 2015-2022 wraz z predykcją przedstawioną poprzez badania dotyczące możliwości autonomicznego transportu towarowego na potrzeby projektu badawczego IMIAT [26]. Wyniki projektu pokazują, że autonomiczny transport towarowy będzie znacząco opłacalny od 2037 roku. Firma Capgemini Invent przeprowadziła na zlecenie holenderskiej firmy ACE Mobility analizę SCBA (analizę kosztów i korzyści społecznych). Koszty inwestycji w autonomiczny transport towarowy wynoszą około 6,5 mld € i dotyczą głównie dostosowania infrastruktury i rozwoju wysoce zautomatyzowanych ciężarówek w pierwszych 10 latach. Sieć danych infrastrukturalnych, którą należy utrzymać w zakresie cyberbezpieczeństwa, utrzymania dróg i personelu również wymaga inwestycji. Korzyści wynikające z inwestycji w sektor autonomicznych pojazdów jest oczywisty. Samochody ciężarowe mogą jeździć przez więcej godzin, puste powroty mogą być znacznie zredukowane i można zapewnić większą zdolność transportową przy pomocy tego samego personelu. Jednocześnie jest to rozwiązanie problemu niedoboru kierowców ciężarówek. Od 2037 roku, zakładając te dane, autonomiczny transport towarowy jest opłacalny. Zysk dla firm rośnie wraz z rosnącą z roku na rok liczbą pojazdów autonomicznych.



Rysunek Postęp w motoryzacji w latach 1915-2037

## LITERATURA

1. CHOROMAŃSKI W., GRABAREK I., KOZŁOWSKI M., CZEREPICKI A., MARCZUK K.A.: Pojazdy autonomiczne i systemy transportu autonomicznego. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa, Polska 2020. ISBN: 9788301211028.
2. JACYNA M., PYZA D., JACHIMOWSKI R.: Transport intermodalny. Projektowanie terminali przeładunkowych. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa, Polska 2021. ISBN: 9788301195793.
3. BADOWSKI M.: Transport drogowy prosi o pomoc. Brak kierowców to nie jedyny problem branży. „2022 rok to kumulacja negatywnych zdarzeń”. Portal internetowy Strefa Biznesu. Dostępny na: <https://strefabiznesu.pl/>.
4. WOJEWÓDZKA-KRÓL K., ZAŁOGA E.: Transport. Tendencje zmian. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa, Polska 2022. ISBN: 9788301220334.

5. TETHER A.: The DARPA Grand Challenge. Commemorative Program. Barstow 2004.
6. FAGNANT D.J., KOCKELMAN K.: Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, **77**(2015), 167-181.
7. Czy pojazdy autonomiczne zdominują transport? Portal internetowy EFL. Dostępny na: <https://efl.pl/>.
8. Details on ZF boards, strategy, corporate structure and financial figures. Portal internetowy ZF. Dostępny na: <https://www.zf.com/>.
9. NEEMANN A.: Smart Logistics: Moved by an invisible hand. Portal internetowy ZF. Dostępny na: <https://www.zf.com/>.
10. Setting a New Industry Benchmark for Safety and Efficiency: ZF Leverages Complete Truck-Trailer Technologies. 2022. Portal internetowy ZF. Dostępny na: <https://www.zf.com/>.
11. OptiFlow SideWings. Portal internetowy ZF. Dostępny na: <https://www.zf.com/>.
12. Terminal Yard Tractor. Portal internetowy indiamart. Dostępny na: <https://www.indiamart.com/>.
13. ZF showcases the electrified, autonomous future of transportation. Portal internetowy Commercial Carrier. Dostępny na: <https://www.ccjdigital.com/>.
14. Nowości od ZF-a: autopiloty do cofania z naczepą i do jazdy po mokrej nawierzchni. 2022. Portal internetowy 40ton.net motoryzacja dla profesjonalistów. Dostępny na: <https://40ton.net/>.
15. TuSimple Becomes First to Successfully Operate Driver Out, Fully Autonomous Semi-truck on Open Public Roads in China. 2023. Portal internetowy Tu Simple. Dostępny na: <https://ir.tusimple.com/>.
16. Autonomous Driving Technology Designed for Trucks. Portal internetowy Tu Simple. Dostępny na: <https://ir.tusimple.com/>.
17. BAKER L.: TuSimple and Pima Community College launch first-ever AV certificate program for truck drivers. 2019. Portal internetowy Freight Waves. Dostępny na: <https://www.freightwaves.com/>.
18. TuSimple launches first autonomous freight network. 2020. Portal internetowy Fleet Owner. Dostępny na: <https://www.fleetowner.com/>.
19. Plus Autonomous Truck Driving Technology. Portal internetowy Plus. Dostępny na: <https://plus.ail/>.
20. On the road with PlusDrive: Lessons from mass deployment of a highly automated driving trucking solution. 2022. Portal internetowy Plus. Dostępny na: <https://plus.ail/>.
21. Zakład IVECO w Valladolid uznany za wzorzec przemysłu 4.0 w Hiszpanii. 2022. Portal internetowy IVECO EXMOT. Dostępny na: <https://exmot.iveco.pl/>.
22. IVECO and Plus Successfully Complete Initial Phase of Autonomous Truck Pilot, Ready for Public Road Testing in Europe. 2022. Portal internetowy Plus. Dostępny na: <https://plus.ail/>.
23. Freightliner Inspiration Truck. Portal internetowy Freightliner. Dostępny na: <https://www.freightliner.com/>.
24. Nowe przepisy mające na celu poprawę bezpieczeństwa ruchu drogowego i umożliwienie korzystania z pojazdów w pełni autonomicznych w UE. 2022. Portal internetowy Komisja Europejska. Dostępny na: <https://ec.europa.eu/>.

- 
25. ROSS P.E.: Robot, you can drive my car. Autonomous driving will push humans into the passenger seat. IEEE Spectrum, **51**(2014), 60-90.
  26. Autonomoos wegtransport vanaf 2037 enorm rendabel voor Nederland. Portal internetowy ACE automotive center of expertise. Dostępny na: [https:// s://www.acemobility.nl/](https://s://www.acemobility.nl/).