

Angelina MURAWIŃSKA\*

## PERSPEKTYWY ROZWOJU NAPĘDÓW W POJAZDACH SAMOCHODOWYCH

**Słowa kluczowe:** *samochód przyszłości, napędy samochodowe, paliwa alternatywne, samochód hybrydowy, samochód elektryczny, samochód wodorowy*

Tematem artykułu jest przedstawienie perspektyw rozwoju napędów w pojazdach samochodowych. Na początku tekstu omówiono znaczenie ekologii oraz zrównoważonego rozwoju w sektorze transportu. Przedstawiono działania Komisji Europejskiej mające na celu ograniczyć emisję szkodliwych związków do atmosfery. Następnie omówiono rodzaje napędów samochodowych. Wskazano sprawność każdego napędu oraz wady i zalety zarówno dla środowiska jak i użytkownika oraz perspektywy rozwoju każdego z rozwiązań, ich szanse i zagrożenia.

### 1. WSTĘP

Pojazdy samochodowe są obecnie najważniejszym środkiem transportu, zarówno dla transportu osobowego jak i pasażerskiego. W perspektywie najbliższych lat ta tendencja pozostanie niezmienna. W 2015 roku liczba samochodów na świecie przekroczyła 1,1 miliarda i wciąż dynamicznie się zwiększa. Szacuje się, że w 2040 roku suma pojazdów samochodowych przekroczy 2 miliardy [1].

Według ECEA, 54,1% europejskich pojazdów napędzanych jest benzyną, 40,97% olejem napędowym, a 4,94% paliwami alternatywnymi [5]. Wysoki procent samochodów spalinowych w dużym stopniu przyczynia się do produkcji zanieczyszczeń. Oczywiście nie można zapominać o wkładzie fabryk i hut opalanych węglem lub prywatnych domów opalanych nawet odpadami. Jednak w miastach najbardziej szkodliwe są samochody – szacuje się, że w Warszawie pojazdy samochodowe mają aż 70-procentowy udział w zjawisku smogu.

Ekolodzy już od dawna próbują walczyć o czystość naszej planety. W roku 1987 w raporcie „Nasza wspólna przyszłość” Światowej Komisji do spraw Środowiska i Rozwoju został wprowadzony i zdefiniowany termin „rozwój zrównoważony”. Oznacza on sposób gospodarowania, w którym zaspokojenie potrzeb obecnego pokolenia nie zmniejszy szans zaspokojenia potrzeb przyszłych pokoleń. Odnosząc to do

---

\* Koło Naukowe „Logistyka”, Politechnika Poznańska

środków transportu, zrównoważony transport wprowadza się poprzez ograniczenie zużycia zasobów nieodnawialnych (ropa naftowa, z której wytwarza się benzynę i olej napędowy to zasób nieodnawialny) oraz utrzymywanie emisji zanieczyszczeń w granicach wyznaczonych przez pojemność asymilacyjną środowiska [7,8].

W roku 1993 Komisja Europejska po raz pierwszy wprowadziła normę Euro 1, mającą na celu zmniejszenie emisji szkodliwych spalin do środowiska. Od tego czasu nastąpił ogromny postęp. Obecnie wprowadzono już normę Euro 6, opracowaną w celu większej ochrony środowiska i zmniejszenia emisji m.in. tlenków węgla. Norma ta ustanawia dopuszczalną emisję szkodliwych gazów wydalanych przez pojazdy spalinowe [2].

Wdrażanie zaostrożonych norm emisji spalania zmusza producentów pojazdów samochodowych do wprowadzenia poważnych zmian i produkcję pojazdów bardziej ekologicznych. Realizowane jest to na dwa sposoby. Pierwszy to doskonalenie istniejących technik napędu pojazdów poprzez: doskonalenie silników spalinowych i metod oczyszczania spalin, zmniejszenie oporów aerodynamicznych i oporów toczenia pojazdów, zmniejszenie masy pojazdów. Drugi sposób to rozwój nowych technik napędu pojazdów samochodowych za pomocą energii elektrycznej, wodoru, czy nawet odnawialnych nośników energii.

## 2. SAMOCHODY NAPĘDZANE PALIWAMI KONWENCJONALNYMI

### 2.1. SAMOCHODY NAPĘDZANE BENZYNĄ

Silniki o zapłonie iskrowym (ZI) są obecnie najpopularniejszym środkiem transportu drogowego, aż 54,1 % europejskich pojazdów napędzanych jest benzyną. Silnik ZI jest silnikiem cieplnym spalinowym o spalaniu wewnętrznym, w którym spalanie ładunku zainicjonowane jest iskrą, powstającą pomiędzy elektrodami świecy zapłonowej. Aby możliwe było spalanie w silniku ZI, paliwo musi zostać prawidłowo rozpylone i odparowane w powietrzu. Dla silników zasilanych benzyną do spalania 1 kg paliwa potrzebne jest 14,8 kg powietrza.

Sprawność silników zasilanych benzyną wynosi 0,30-0,36. Oznacza to, że wlewając do zbiornika 50 litrów paliwa tylko 15-18 litrów benzyny jest wykorzystywana do napędzania samochodu. Pozostała część jest bezpowrotnie tracona. Proces spalania jest niepełny, a skutkiem tego jest emisja spalin. Gdyby spalanie było całkowite, silnik emitowałby tylko dwutlenek węgla ( $\text{CO}_2$ ) i parę wodną ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Należy pamiętać, że paliwa zawierają również dodatki i zanieczyszczenia, które nie ulegają procesowi spalania. W rezultacie gazy wydechowe oprócz pary wodnej, dwutlenku węgla i azotu zawierają ok. 1% substancji szkodliwych. W celu ograniczenia emisji spalin w samochodach spalinowych montuje się reaktory katalityczne, które mają zredukować i ograniczyć szkodliwe składniki spalin.

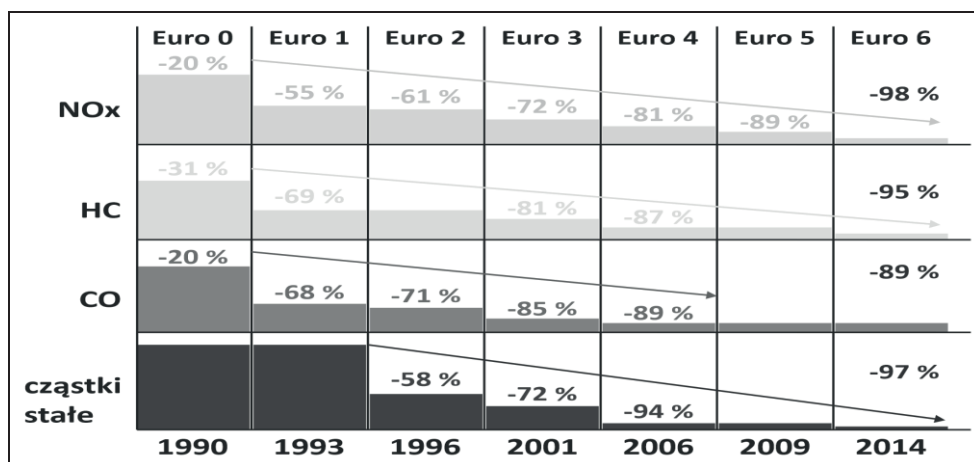
Pomimo ciągłego doskonalenia pojazdów benzynowych, prawdopodobnie samochody te nie będą w stanie mieścić się w limitach dopuszczalnego poziomu emisji gazów szkodliwych, które wciąż są zmieniane na bardziej restrykcyjne.

### 2.1. SAMOCHODY NAPĘDZANE OLEJEM NAPĘDOWYM

Silniki o zapłonie samoczynnym (ZS) są trochę mniej popularne - 40,97 % europejskich samochodów jest napędzanych olejem napędowym. Główna zasada ich działania jest taka sama jak w silnikach benzynowych, jednak ze względu na inne paliwo ich budowa jest trochę inna. Zasadniczą różnicą jest brak świecy zapłonowej – czynnikiem wywołującym zapłon jest wysoka temperatura, będąca następstwem wysokiego ciśnienia w komorze spalania.

Silniki Diesla charakteryzują się wyższą sprawnością (0,40-0,45) niż silniki benzynowe. Oznacza to, że więcej dostarczonego do silnika paliwa wykorzystywane jest do napędzania pojazdu, a mniejsza część paliwa jest tracona. Następstwem tego jest mniejsza emisja CO<sub>2</sub> do atmosfery. Czy dzięki temu są bardziej ekologiczne? 15 lat temu uważano, że im mniejsza emisja CO<sub>2</sub> – tym lepiej. Miliony kierowców zachęconych niższymi opłatami stałymi i niższą ceną paliwa, zmienili swoje samochody na te z silnikiem Diesla. Późniejsze badania wykazały, że silniki ZS faktycznie emitują o 15% mniej CO<sub>2</sub>, ale za to 4 razy więcej NO<sub>2</sub> i 20 razy więcej cząstek stałych.

Na rysunku 1 przedstawiono procentową redukcję emisji zanieczyszczeń w poszczególnych normach EURO, w stosunku do regulacji R49. Regulacja E49 została wprowadzona w latach '80 XX w, określała maksymalne wartości emisji z pojazdów następujących zanieczyszczeń: tlenku węgla, węglowodorów oraz tlenków azotu.



Rys. 1. Procentowa redukcja emisji zanieczyszczeń w poszczególnych normach EURO, w stosunku do regulacji R49 [11].

Fig. 1. Percentage reduction of pollutant emissions in individual EURO standards in relation to the R49 regulation [11].

Producenci, aby spełnić normy czystości spalin, montują w samochodach filtry DPF. Są one bardzo problematyczne, ponieważ często ulegają zapchaniu. Nazywa się je „piętą achillesową dlesli” – wymagają częstego czyszczenia lub wymiany. Koszt nowego filtra to 10 tys. zł, dlatego wielu kierowców w tej sytuacji usuwa filtr DPF, a wtedy wszystkie zanieczyszczenia trafiają do atmosfery [4].

### 3. SAMOCHODY NAPĘDZANE PALIWAMI ALTERNATYWNYMI

#### 3.1. SAMOCHODY NAPĘDZANE PALIWEM GAZOWYM

Zwolenników napędzania samochodów gazem LPG w Polsce jest wielu. Według danych z bazy CEPiK, pod koniec 2019 roku w Polsce zarejestrowanych było ponad 2,6 mln aut z instalacją gazową, co stanowi 14,5% wszystkich samochodów osobowych w Polsce. Względem 2018 roku zanotowano 3-procentowy wzrost liczby rejestracji pojazdów napędzanych LPG. To pozytywna tendencja, ponieważ samochody z instalacją LPG wydzielają znacznie mniej zanieczyszczeń niż inne pojazdy spalinywe. Szacuje się, że redukcja zanieczyszczeń w transporcie dzięki LPG może sięgnąć ok. 10-15 % w przypadku CO<sub>2</sub>, 20 % w przypadku CO oraz ok. 60 % w przypadku węglowodorów [6].

Dla przeciętnego kierowcy największą korzyścią napędzania samochodu LPG jest niski koszt podróżowania. Średnie ceny paliwa w Polsce na dzień 26.10.2020 roku przedstawia tabela 1.

Tab. 1. Średnia cena za 1 litr paliwa w Polsce na dzień 26.10.2020 r [3].

Tab. 1. Average price for 1 liter of fuel in Poland as of October 26, 2020 [3].

Rodzaj paliwa	Średnia cena za 1 litr
Benzyna Pb 95	4,42 zł
Benzyna Pb 98	4,63 zł
Olej Napędowy ON	4,25 zł
Olej Napędowy ON+	4,50 zł
Gaz LPG	2,07 zł

Niewątpliwą zaletą tego rozwiązania jest fakt, że instalacje LPG można montować w używanych pojazdach napędzanych benzyną. Ma to pozytywny wpływ na środowisko oraz z ekonomicznego punktu widzenia jest to dobrą inwestycją.

Minusem stosowania gazu LPG jest konieczność bardzo regularnego serwisowania oraz zakaz wjazdu w niektóre miejsca, np. do garaży podziemnych. Pomimo tego, dla kierowców, którzy dużo podróżują, koszty podróży są zdecydowanie niższe.

Mniej znanym w Polsce, a bardzo popularnym w krajach Europy Zachodniej, rozwiązaniem jest zasilanie samochodu sprężonym gazem ziemnym CNG. W Polsce jest tylko 30 stacji umożliwiających zatankowanie gazu ziemnego. Rysunek 2 przedstawia stacje tankowania sprężonego gazu ziemnego CNG w Polsce.



albo zmniejszyć zużycie paliwa – w zależności od sytuacji. Główna cecha rozwiązania to system odzyskiwania energii z hamowania – hybrydy nie potrzebują ładowania energii z zewnętrznego źródła, zatem każdy przejechany kilometr w trybie elektrycznym kosztuje niewiele. Znacząco przyczynia się to do obniżenia średniego zużycia paliwa, a w konsekwencji emisji spalin. Na rynku dostępne są również samochody hybrydowe typu Plug-in. Można je ładować z gniazdka 230 V w przydomowym garażu lub w stacjach szybkiego ładowania.

W Polsce w 2019 roku samochody hybrydowe stanowiły 6,2% wszystkich zarejestrowanych samochodów. Jest to najliczniejsza grupa z segmentu aut z alternatywnym napędem. Według 23. dorocznego zestawienia ACEEE z 2020 roku, przedstawiającego najbardziej przyjazne środowisku samochody, 9 na 12 aut to właśnie hybrydy. Przez kilka poprzednich lat na czele rankingu najbardziej „zielonych” samochodów królowały pojazdy elektryczne. W tym roku na podium stanęły samochody hybrydowe. Powodem tak gwałtownej detronizacji elektryków jest zastosowanie nowej metodologii badawczej uwzględniającej koszty produkcji aut oraz cały łańcuch dostaw energii, która je napędza [10].

Samochody hybrydowe są najbardziej popularne z segmentu pojazdów z napędem alternatywnym. Wpływa na to głównie cena, która jest zbliżona do cen aut spalinowych, jak również fakt, że nie potrzeba budowy nowej infrastruktury jak w przypadku pojazdów elektrycznych czy wodorowych.

### 3.3. SAMOCHODY ELEKTRYCZNE

Samochody elektryczne nie są nowym wynalazkiem. Pierwsze pojazdy elektryczne powstawały w latach 1888-1896 i rozwijały się bardzo dynamicznie. Na przełomie XIX i XX wieku zajmowały 38% amerykańskiego rynku. Około 1910 roku samochody elektryczne na prawie sto lat zniknęły z ulic na rzecz pojazdów spalinowych, które osiągały znacznie większe zasięgi. Można powiedzieć, że obecnie samochody elektryczne przeżywają swoją drugą młodość.

Napęd elektryczny wykorzystuje przemiany elektrodynamiczne oraz magnetodynamiczne, które aktywują przepływ energii elektrycznej z akumulatora. Sprawność silnika elektrycznego wynosi około 90%. Należy uwzględnić jeszcze operację zamiany prądu stałego na zmienny i odwrotnie oraz opór wewnętrzny akumulatorów. Uwzględniając to wszystko, wynika, że sprawność napędu elektrycznego wynosi około 75%. W porównaniu z silnikami spalinowymi, których sprawność wynosi 30-40% napęd elektryczny wypada korzystnie. Jest to ogromna zaleta z ekonomicznego punktu widzenia. Dla ekologów największymi zaletami jest zeroemisyjność i cicha praca pojazdu.

W Polsce obserwuje się bardzo dynamiczny wzrost rejestrowanych samochodów elektrycznych. Pod koniec czerwca 2020 w Polsce zarejestrowanych było prawie 7 tys. samochodów elektrycznych BEV (pojazdy korzystające wyłącznie z baterii). W porównaniu z poprzednim miesiącem park tych samochodów wzrósł o 4%. Liczba punk-

tów ładowania stale się zwiększa, w czerwcu obecnego roku było ich ponad 2,2 tys. Samochody elektryczne można ładować z domowego kontaktu elektrycznego, ale ten czas jest znacznie dłuższy niż przy wykorzystaniu ze stacji szybkiego ładowania. Na rysunku nr 3 przedstawiono przykład ładowania samochodu elektrycznego metodą plug-in. Jest to metoda najłatwiej dostępna, co wynika ze stosunkowo dużej dostępności oraz małych nakładów kosztów.



Rys. 3. Ładowanie samochodu osobowego metodą plug-in [15].

Fig. 3. Plug-in charging of a passenger car [15].

Napęd elektryczny wydaje się być bardzo dobrym rozwiązaniem – jest cichy i nie emituje żadnych spalin. Niestety, należy pamiętać, że nie tylko w trakcie eksploatacji samochodu wydzielane są zanieczyszczenia. Pomijając emisję CO<sub>2</sub> w trakcie produkcji i recyklingu baterii, musimy pamiętać, że w Polsce większość energii elektrycznej produkowana jest w elektrowniach opalanych węglem, które emitują duże ilości zanieczyszczeń. Udział źródeł odnawialnych w produkcji prądu jest mniejszy niż 15%. Sama idea pojazdów elektrycznych jest jak najbardziej właściwa, niestety, aby rzeczywiście ograniczały one emisję spalin, należy zmienić źródło pozyskiwania energii [9].

#### 3.4. SAMOCHODY WODOROWE

Pojazdy napędzane wodorem to rozwiązanie zeroemisyjne, mające szansę na rozwój. Podczas procesu otrzymywania wodoru ma miejsce niewielka emisja spalin, jednak same wykorzystywanie wodoru jako paliwa nie powoduje wytwarzania szkodliwych związków chemicznych. Wodór jest stosowany jako alternatywne źródło energii w pojazdach elektrycznych, które nie wymagają specjalnie rozbudowanej infrastruktury. Wodór w reakcji z tlenem zamienia się w wodę i energię elektryczną niezbędną do zasilania środków transportu.

Wodór ma swoje zastosowanie jako paliwo w tradycyjnym silniku spalinowym lub jako ogniwo paliwowe w przypadku silnika elektrycznego. Elastyczność pojazdów wykorzystujących wodór polega na możliwości ich tankowania w sposób identyczny jak pojazdów z silnikiem spalinowym. Czynność ta trwa średnio od 5 do 10 minut, co nie stanowi większych utrudnień w codziennym życiu.

Najpopularniejszym samochodem zasilanym wodorem jest Toyota Mirai. Producent oferuje zasięg 550 km, możliwość zatankowania do pełna w czasie 4 minut oraz zerową emisję spalin. Należy pamiętać, że samochody napędzane wodorem emitują mniej hałasu nawet od samochodów elektrycznych [12]. Ciekawostką jest, że producenci planują wyposażać je w głośniki, z których będzie nadawany odgłos jadącego auta. Trzeba przyznać, że to rozwiązanie ma wiele zalet. Niestety, największym problemem w tym rozwiązaniu jest wysoki koszt budowy stacji umożliwiającej tankowanie wodoru. O ile w krajach europejskich regularnie przybywa takich stacji, to Polska wciąż jest na szarym końcu państw, które rozwijają technologie wytwarzania i wykorzystania wodoru. Polska już teraz produkuje rocznie około 1 mln ton wodoru jako produkt uboczny m.in. w przemyśle spożywczym i chemicznym. I choć wodór nie wykorzystuje wodoru, to prawdopodobnie przyjdzie czas, kiedy zaczniemy go używać jako źródło napędu. Umożliwią to pierwsze punkty tankowania wodoru, które powstaną w Polsce do końca 2021 roku. Na początek, będą to punkty – w Gdańsku i Warszawie. Rysunek nr 4 przedstawia plany wykorzystania wodoru w transporcie w Polsce.



Rys. 4. Mapa stacji tankowania wodoru w Polsce [13].  
Fig. 4. Map of hydrogen refueling stations in Poland [13].



#### 4. PODSUMOWANIE

Najbliższe lata mogą przynieść bardzo duże zmiany w motoryzacji. Wdrażanie coraz bardziej restrykcyjnych norm emisji spalin znacząco utrudni producentom sprzedaż samochodów napędzanych benzyną i olejem napędowym. A za każdy przekroczony gram CO<sub>2</sub> producent będzie musiał zapłacić 95 Euro kary. To oczywiście spowoduje wzrost cen samochodów, za co zapłacą klienci. Należy pamiętać, że oba te paliwa są produkowane z ropy naftowej, która jest źródłem nieodnawialnym. Szacuje się, że złoża ropy wystarczą na 30-50 lat. To oczywiście zależy od racjonalnego gospodarowania tym surowcem. Można przewidzieć, że już niedługo, z każdym kolejnym rokiem benzyna i olej napędowy zaczną drożeć.

Pojazdy LPG, CNG oraz hybrydy zyskują na popularności, ponieważ przez niższą emisję spalin przez dłuższy czas będą w stanie spełnić normy emisji spalin. LPG i hybrydy nie wymagają większego rozbudowywania infrastruktury, jeśli chodzi o CNG rozbudowa stacji tankowania gazu ziemnego jest konieczna. Tutaj nasuwa się pytanie: czy rozbudowywać sieć stacji, skoro jest to rozwiązanie tymczasowe? Wszystkie trzy rozwiązania sprawdzą się przez kolejne kilkadziesiąt lat, znacznie dłużej niż silniki benzynowe i Diesla. Jednak długofalowym celem producentów są pojazdy zeroemisyjne.

Tutaj docieramy do pytania, które zadają sobie producenci: samochód napędzany energią elektryczną czy napędzany wodorem? Oba rozwiązania są niskoemisyjne, jeśli chodzi o ich eksploatację. W obu przypadkach potrzebna jest rozbudowa stacji ładowania, jednak koszt budowy stacji tankowania wodoru jest znacznie wyższy. Również koszt zakupu samochodu na wodór jest znacznie wyższy. Z tego powodu w najbliższych latach większym zainteresowaniem będą się cieszyć samochody elektryczne. Pojazdy wodorowe są bardziej ekologiczne, dlatego to, czy samochody napędzane wodorem pojawią się na rynku motoryzacyjnym w głównej mierze zależy od regulacji klimatycznych. Im bardziej rygorystyczne, tym większa szansa, że wodór zaistnieje.

#### LITERATURA

- [1] <https://www.akumulator.pl/artykuly/liczba-samochodow-na-swiecie/> (dostęp 25.10.2020r)
- [2] <https://www.autobaza.pl/blog/normy-emisji-spalin-euro-6/> (dostęp 25.10.2020r)
- [3] <https://www.autocentrum.pl/paliwa/ceny-paliw/> (dostęp 26.10.2020 r)
- [4] <https://www.auto-motor-i-sport.pl/wydarzenia/Diesle-bardziej-trujace-niz-nam-sie-wydaje,22196,4> (dostęp 25.10.2020 r)
- [5] „*Branża motoryzacyjna. Raport 2020/2021*” red. R. Przybylski, Polskie Związki Przemysłu Motoryzacyjnego, 28-35
- [6] <https://biznes.autokult.pl/38108,blisko-15-proc-aut-w-polsce-napedzanych-jest-gazem-lpg-wsrod-nich-nie-brakuje-porsche-czy-rolls-royce-ow> (dostęp 23.10.2020 r)
- [7] <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/rozwoj-zrownowazony;3969442.html> (dostęp 26.10.2020 r)

- [8] <https://www.ekologia.pl/wiedza/slowniki/leksykon-ekologii-i-ochrony-srodowiska/zrownowazony-rozwoj> (dostęp 26.10.2020 r)
- [9] <https://globenergia.pl/jak-wygladala-produkcja-energii-elektrycznej-z-oze-na-przestrzeni-lat/> (dostęp 27.10.2020 r)
- [10] <https://www.money.pl/gospodarka/triumfalny-powrot-hybrydy-sa-bardziej-ekologiczne-od-elektrykow-6483551157986945a.html> (dostęp 28.10.2020r.)
- [11] <https://mappingair.meteo.uni.wroc.pl/2020/05/normy-czystosci-spalin/> (dostęp 12.11.2020 r)
- [12] <https://www.toyota.pl/new-cars/mirai/#> (dostęp 28.10.2020 r).
- [13] <https://wysokienapiecie.pl/17436-samochody-wodorowe-w-polsce-ceny-tankowanie/> (dostęp: 12.11.2020 r).
- [14] <https://www.google.com/maps/search/Stacje+CNG+w+Polsce+2020+mapa/@51.7830365,19.1339818,6z/data=!3m1!4b1?hl=pl> (dostęp 12.11.2020 r).
- [15] <https://www.wyborwierowcow.pl/ile-naprawde-kosztuje-ladowanie-samochodu-elektrycznego-4-fakty/> (dostęp: 12.11.2020 r).

## **DRIVE OF THE FUTURE – PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF DRIVES IN MOTOR VEHICLES**

**Key words:** *car of the future, car drives, alternative fuels, hybrid car, electric car, hydrogen car*

The subject of the article presents the prospects for the development of drives in motor vehicles. At the beginning of the text, the importance of ecology and sustainable development in the transport sector was discussed. The activities of the European Commission aimed at reducing the emission of harmful compounds into the atmosphere were presented. Then the types of car drives are discussed. The efficiency of each drive as well as advantages and disadvantages for both the environment and the user are well as the development prospects for each of the solutions, their opportunities and threats are indicated.

Corresponding author:

e-mail: [angelina.murawinska@student.put.poznan.pl](mailto:angelina.murawinska@student.put.poznan.pl)