

Ocena rzeczywistej emisyjności pojazdów w Warszawie

Autorzy: Kaylin Lee, Yoann Bernard, Tim Dallmann, Uwe Tietge, Izabela Pniewska, Isabel Rintanen

KWIECIEŃ 2022



PODZIĘKOWANIA

Autorzy pragną podziękować Bartoszowi Piątowi za wsparcie w trakcie całego projektu, Zarządowi Dróg Miejskich w Warszawie, a w szczególności Janowi Jakielowi za współpracę i odegranie kluczowej roli w skutecznej realizacji kampanii, a także Centralnej Ewidencji Pojazdów i Kierowców (CEPiK) za udostępnienie specyfikacji pojazdów.

Niniejsza publikacja została sfinansowana dzięki hojnemu wsparciu Clean Air Fund (Funduszu Czystego Powietrza).

Fundacja FIA i Międzynarodowa Rada ds. Czystego Transportu (ICCT) utworzyły Inicjatywę TRUE (The Real Urban Emissions). Inicjatywa TRUE ma na celu dostarczenie władzom miast danych na temat rzeczywistych emisji spalin z pojazdów używanych w mieście, a także informacji technicznych, które mogą okazać się pomocne w podejmowaniu decyzji o charakterze strategicznym.

PRZEGLĄD INFORMACJI

Pojazdy silnikowe są istotnym źródłem emisji zanieczyszczeń w Warszawie i przyczyniają się do problemów z jakością powietrza, z którymi boryka się miasto. Jesienią 2020 r., w ramach inicjatywy TRUE (The Real Urban Emissions) przeprowadzono badania emisji w Warszawie, których celem było dostarczenie szczegółowych informacji na temat rzeczywistej emisyjności pojazdów oraz wsparcie wysiłków władz miasta w walce z niską jakością powietrza. Przeanalizowano ponad 220 tys. pomiarów z 147 777 pojazdów, których to pomiarów dokonano przy użyciu technologii teledetekcji.

Niniejszy raport zawiera szczegółową ocenę rzeczywistych emisji zanieczyszczeń z warszawskich pojazdów, a także zalecenia dotyczące polityki w zakresie poprawy efektywności środowiskowej pojazdów w mieście. W szczególności badamy koncentrację pojazdów w mieście oraz ich emisyjność, aby określić, w jaki sposób władze Warszawy mogą ograniczyć zanieczyszczenia wytwarzane w ruchu drogowym. Niniejsza publikacja zawiera również niezwykle aktualną dla miasta analizę, ponieważ rozpoczyna dyskusję na temat strefy czystego transportu, dla której ramy prawne określono niedawno w ustawie o elektromobilności i paliwach alternatywnych. Badamy także emisyjność bardzo powszechnych w Polsce importowanych pojazdów używanych i przedstawiamy propozycję rozwiązania problemu stosunkowo wysokich emisji zanieczyszczeń z tych pojazdów w Warszawie. W ramach studium przypadku porównujemy wyniki uzyskane w Warszawie z wynikami badania TRUE przeprowadzonego równoległe w Brukseli, co pozwala lepiej zrozumieć, w jaki sposób różne polityki prowadzone w obu miastach wpływają na emisje z pojazdów lekkich, taksówek i autobusów.

Poniżej podsumowano główne wnioski z badania rzeczywistej emisyjności pojazdów w Warszawie przeprowadzonego przez TRUE. Przedstawiamy również konkretne zalecenia dotyczące polityki w zakresie czystego transportu lub strefy niskiej emisji w Polsce, emisji z importowanych pojazdów używanych oraz przystosowywania pojazdów do zasilania gazem płynnym (LPG).

- Rzeczywiste emisje tlenków azotu (NO_x) z warszawskich samochodów osobowych z silnikiem wysokoprężnym, które nie podlegają wymogom

homologacji typu w rzeczywistych warunkach jazdy (RDE), tj. spełniających normy od Euro 2 do Euro 6c, przekraczają wartości graniczne określone przepisami, co potwierdza wyniki poprzednich badań TRUE przeprowadzonych w Europie. Dokładniej, średnia emisja NO_x w przypadku tych pojazdów jest od 1,6 do 4,3 razy większa od limitów określonych przepisami. W pojazdach, które spełniają normy wymagające badań RDE, tj. Euro 6d-TEMP i Euro 6d, średnia emisja NO_x na danej odległości jest niższa od wymaganych dopuszczalnych wartości RDE, jednak przekracza laboratoryjne normy emisji.

- Pojazdy spełniające normę Euro 4 i nowsze, wyposażone w filtry cząstek stałych (DPF) emitują o 80% mniej cząstek stałych niż średnio pojazdy spełniające normę Euro 4. Jednak inne czynniki, takie jak niewłaściwa konserwacja i ingerencja w DPF, mogą prowadzić do podwyższonych poziomów emisji cząstek stałych (PM) w poszczególnych pojazdach z silnikiem wysokoprężnym wyposażonych w taki filtr. Stwierdzono, że 0,2%-1,5% samochodów osobowych z silnikiem wysokoprężnym i 0,4%-2,9% lekkich pojazdów użytkowych z silnikiem wysokoprężnym zgodnych z normą Euro 5 i późniejszymi normami wykazuje poziomy emisji przekraczające próg 1,5 g/kg, co sugeruje, że nieprawidłowe działanie lub ingerencja w DPF może być bardziej powszechnym problemem w przypadku lekkich samochodów użytkowych
- Około 83% wszystkich samochodów osobowych w Warszawie, dla których dostępne były aktualne informacje o przebiegu, nie spełnia obowiązujących wymagań dotyczących trwałości emisji. Proponowane przepisy Euro 7 mają na celu wprowadzenie wymogów trwałości emisji do 15 lat lub 240 tys. km dla pojazdów certyfikowanych według kolejnych norm. Jednak wiek i przebieg około 30% pojazdów użytkowanych w Warszawie były wyższe od tych, określonych wymogami. Wiąże się to z koniecznością przeprowadzenia ponownej oceny nowo zaproponowanych wymagań dotyczących trwałości emisji według normy Euro 7 i ustanowienia przepisów, które pokrywałyby się ze średnim okresem eksploatacji pojazdów w europejskich miastach.
- Importowane pojazdy używane stanowią 32% wszystkich pomiarów uzyskanych dla pojazdów lekkich. Średni wiek importowanych pojazdów używanych wynosi 13 lat, tj. ponad dwukrotnie więcej niż w przypadku pojazdów krajowych, a ich średni przebieg to około 223 tys. km, czyli 1,5 razy więcej

niż w przypadku pojazdów krajowych. Dla wszystkich badanych zanieczyszczeń, średnie emisje z tych pojazdów według rodzaju paliwa są około dwukrotnie wyższe niż z pojazdów krajowych. Wyższa średnia emisyjność pojazdów importowanych wynika w dużej mierze z dużego udziału pojazdów starszych i emitujących więcej zanieczyszczeń.

- Napływowi starych pojazdów o wyższej emisyjności można zapobiec poprzez wprowadzenie ogólnokrajowej polityki ograniczającej wiek importowanych pojazdów. Taką politykę mogłyby uzupełnić inne środki, takie jak programy złomowania, ulgi podatkowe i inne zachęty finansowe, zniechęcające do zakupu starych pojazdów. Na szczeblu lokalnym problem emisji z importowanych pojazdów używanych można rozwiązać poprzez wprowadzenie ograniczeń dotyczących wieku pojazdów lub norm emisji spalin.
- Polityka ograniczenia wjazdu samochodów, na wzór proponowanej strefy czystego transportu, oparta na wieku lub normie emisji spalin, pozwoliłaby na wyeliminowanie z warszawskich dróg samochodów osobowych emitujących najwięcej zanieczyszczeń. Objęcie ograniczeniami pojazdów z silnikami wysokoprężnymi i benzynowymi, które nie spełniają normy Euro 4 i wcześniejszych norm skutkowałoby wyłączeniem z ruchu samochodów osobowych z silnikami wysokoprężnymi odpowiedzialnych za odpowiednio 18% i 37% całkowitej emisji NO_x i PM, a jednocześnie stanowiących zaledwie 6% wszystkich pojazdów w Warszawie. Miałoby to również wpływ na samochody osobowe z silnikiem benzynowym, które odpowiadają za 38% emisji CO i 35% emisji HC, a stanowią jedynie 11% samochodów osobowych.
- Aby jeszcze bardziej ograniczyć emisje NO_x i PM, zdecydowanie zaleca się stopniowe wyłączenie z ruchu drogowego pojazdów z silnikami wysokoprężnymi spełniających normy Euro 4 i Euro 5 oraz pojazdów z silnikami benzynowymi spełniających normę Euro 4. Samochody osobowe z silnikiem wysokoprężnym odpowiadają w tych grupach za 27% całkowitej emisji NO_x i 28% całkowitej emisji PM, podczas gdy stanowią jedynie 13% wszystkich pomiarów. Sama grupa pojazdów benzynowych według normy Euro 4 odpowiada za kolejno 14% i 10% obecnej całkowitej emisji CO i HC.

Pomimo mniejszej liczby pojazdów z silnikami wysokoprężnymi, średni poziom emisji NO_x i PM z warszawskich pojazdów lekkich jest odpowiednio o 7% i 25% wyższy niż w przypadku brukselskich pojazdów lekkich. Wynika to głównie z obecności pojazdów z silnikami wysokoprężnymi spełniających normy emisji spalin niższe niż Euro 4, które są rzadko spotykane wśród samochodów w Brukseli ze względu na obowiązującą strefę niskiej emisji.

- Średni poziom emisji CO i HC dla warszawskich pojazdów jest niemal dwukrotnie i trzykrotnie wyższy niż w przypadku brukselskich pojazdów, co wynika z przewagi starszych pojazdów benzynowych badanych w Warszawie. Wyższy poziom emisji CO i HC w pojazdach benzynowych sprzed wprowadzenia normy Euro 5 w Warszawie w porównaniu z pojazdami w Brukseli może wskazywać na pewne skutki przejścia na gaz płynny, który wiąże się z emisją większej ilości CO i HC niż w przypadku konwencjonalnych silników benzynowych.
- Średni wiek warszawskich taksówek wynosi siedem lat, podczas gdy w przypadku taksówek i pojazdów oferujących transport pasażerski w Brukseli jest to cztery lata. Ogólnie rzecz biorąc, taksówki w Warszawie emitują więcej wszystkich badanych zanieczyszczeń. Emisje NO_x i PM z warszawskich taksówek z silnikiem wysokoprężnym są odpowiednio 1,8 i 4,1 razy większe niż z takich samych taksówek w Brukseli. Gdyby w Warszawie wprowadzono 7-letni limit wiekowy dla taksówek, który obowiązuje obecnie w Brukseli, z warszawskich dróg zniknęłoby 43% taksówek odpowiedzialnych za 58% do 87% obecnej emisji wszystkich zanieczyszczeń.
- Ponad 80% autobusów miejskich, dla których pomiary wykonano w Warszawie spełnia normy niższe niż Euro VI. Wyniki warszawskich autobusów miejskich spełniających normę Euro VI są znacznie lepsze niż autobusów certyfikowanych zgodnie z poprzednimi normami; ich emisje NO_x i PM utrzymują się na poziomie około 35% i 70% emisji z autobusów miejskich spełniających normę Euro V. W związku z tym, ograniczenie użytkowania autobusów sprzed normy Euro VI byłoby bardzo korzystne, a dalsze zastępowanie ich autobusami elektrycznymi pozwoliłoby osiągnąć większą redukcję emisji.

SPIS TREŚCI

Przegląd informacji	i
Wstęp	1
Ogólne informacje	1
Strefa czystego transportu.....	1
Import pojazdów używanych	2
Przystosowanie pojazdu do zasilania gazem płynnym	3
Metodyka	3
Zbieranie danych.....	3
Przetwarzanie i analiza danych.....	3
Charakterystyka warszawskiej floty pojazdów	5
Pojazdy wchodzące w skład floty	5
Charakterystyka samochodów osobowych w Warszawie i warunki badań	6
Emisje z samochodów osobowych	7
Rzeczywiste emisje z samochodów osobowych	7
Ocena udziału poszczególnych grup warszawskich pojazdów osobowych w emisji zanieczyszczeń.....	12
Wpływ łącznego przebiegu pojazdu	13
Emisje z importowanych pojazdów używanych	17
Charakterystyka pojazdów lekkich w Warszawie	17
Charakterystyka importowanych pojazdów	18
Emisje z importowanych pojazdów używanych.....	19
Wpływ na politykę	21
Studium przypadku: porównanie rzeczywistych emisji z pojazdów w Warszawie i Brukseli	22
Warunki badań i charakterystyka pojazdów.....	22
Emisje z pojazdów lekkich	22
Wpływ na politykę	25
Emisje z taksówek.....	26
Emisje z autobusów.....	28
Wpływ na politykę i zalecenia	31
Strefa czystego transportu.....	31
Ograniczenie importu pojazdów używanych.....	32
Przystosowanie pojazdów do zasilania LPG.....	32

WSTĘP

Jakość powietrza w Polsce jest jedną z najgorszych w Europie. Według Światowej Organizacji Zdrowia, w 2018 r. 36 z 50 najbardziej zanieczyszczonych miast w Unii Europejskiej (UE) znajdowało się w Polsce, a w niektórych z tych miast poziom pyłu zawieszonego (PM_{2,5}) znacznie przekraczał unijne limity.¹ W tym samym roku około 12% wszystkich przedwczesnych zgonów spowodowanych narażeniem na pył zawieszony PM_{2,5}, ozon (O₃) i dwutlenek azotu (NO₂) w UE-28 miało miejsce w Polsce.²

Warszawa jest jednym z najbardziej zanieczyszczonych miast w Polsce. W 2019 r. na obszarze aglomeracji warszawskiej odnotowano średnioroczny poziom pyłu PM_{2,5} wynoszący 21 µg/m³, co znacznie przekracza wytyczne Światowej Organizacji Zdrowia.³ Warszawa była również jednym z czterech miast w Polsce, gdzie w 2018 r. znacznie przekroczono roczny unijny limit emisji NO₂, głównie w związku z transportem drogowym.⁴ Koszty społeczne związane ze zdrowiem, wynikające z zanieczyszczenia powietrza w Warszawie, szacuje się na 4,2 mld euro rocznie i rosną one wraz ze wzrostem aktywności transportowej.⁵ Wskaźnik posiadania pojazdów w Warszawie jest jednym z najwyższych w Europie, a ponadto w mieście obserwuje się rosnący napływ pojazdów osób dojeżdżających do pracy spoza miasta.⁶

Pomimo rosnącego zaniepokojenia i postulatów opinii publicznej, działania podejmowane w Warszawie w celu rozwiązania problemu z zanieczyszczeniem powietrza są nieznaczące. Ustanowienie strefy czystego transportu, będącej odpowiednikiem strefy niskiej emisji, jest obecnie w kraju dozwolone zgodnie z nowo przyjętą ustawą o elektromobilności, jednak władze Warszawy nie ogłosiły jeszcze szczegółowego planu jej utworzenia. Wiele

inicjatyw mających na celu poprawę jakości powietrza jest obecnie w fazie rozwoju, a dzięki nim osoby decyzyjne w Warszawie będą mogły poznać poziomy emisji spalin z pojazdów silnikowych w mieście.

W ramach inicjatywy TRUE (The Real Urban Emissions), jesienią 2020 r. w Warszawie przeprowadzono teledetekcyjne pomiary, dzięki którym uzyskano informacje techniczne niezbędne do wspierania polityki mogącej skutecznie ograniczyć emisje zanieczyszczeń z transportu drogowego. W niniejszym opracowaniu przedstawiono rzeczywistą emisyjność pojazdów w mieście oraz rolę, jaką odgrywają importowane pojazdy używane (ISV) w emisjach z warszawskich pojazdów. Zapewniamy również dodatkowy kontekst poprzez analizę porównawczą pomiarów emisji dokonanych w Warszawie i Brukseli w celu zidentyfikowania cech charakterystycznych dla danego miasta, które należałoby wziąć pod uwagę przy opracowywaniu polityki, oraz w celu oceny działań, które mogłyby być stosowane w różnych miastach.

W niniejszej publikacji przedstawiono podstawowe informacje na temat pojazdów poruszających się po Warszawie oraz polityki transportowej, które posłużyły do przeprowadzenia analizy. Następnie opisano rozkład poszczególnych pojazdów w Warszawie i dokonano oceny rzeczywistej emisji spalin z warszawskich samochodów osobowych, co ma istotne znaczenie dla polityki w zakresie kontroli emisji, w tym dla strefy czystego transportu. W kolejnym rozdziale omówiono tendencje emisji z importowanych pojazdów używanych w Warszawie, a następnie przeprowadzono analizę porównawczą z wykorzystaniem badania TRUE w Brukseli. W tej części przedstawiamy także szczegółowe wyniki dotyczące emisji z taksówek i autobusów. Na zakończenie przedstawiamy zalecenia dotyczące polityki w zakresie ograniczania wpływu emisji z pojazdów w Warszawie.

OGÓLNE INFORMACJE

Niniejszy rozdział zawiera podstawowe informacje na temat pojazdów jeżdżących po Polsce, w tym dotyczące polityki i praktyk, które stanowiły podstawę niniejszej analizy i oceny. Przedstawiono tutaj informacje na temat utworzenia w Polsce stref czystego transportu, rynku importu używanych pojazdów oraz powszechnej praktyki konwersji pojazdów na napędzane gazem płynnym (LPG).

STREFA CZYSTEGO TRANSPORTU

W styczniu 2018 r. Polska wprowadziła ustawę o elektromobilności i paliwach alternatywnych (zwaną dalej

- 1 Grupa Banku Światowego, "Air Quality in Poland, What Are the Issues and What Can Be Done?", jesień 2019, <http://documents.worldbank.org/curated/en/426051575639438457/pdf/Air-Quality-in-Poland-What-are-the-Issues-and-What-can-be-Done.pdf>.
- 2 Europejska Agencja Środowiska, "Poland – Air Pollution Country Fact Sheet", EEA country fact sheets, brak daty, <https://www.eea.europa.eu/themes/air/country-fact-sheets/2021-country-fact-sheets/poland>.
- 3 Europejska Agencja Środowiska, "Poland – Air Pollution Country Fact Sheet"; Światowa Organizacja Zdrowia, "What Are the WHO Air Quality Guidelines?", 22 września 2021, <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/what-are-the-who-air-quality-guidelines>.
- 4 Najwyższa Izba Kontroli (NIK), "Air Protection in Poland – Summary of the Most Important Findings", Audit report (Polska, październik 2018), <https://www.nik.gov.pl/plik/id,18506.pdf>.
- 5 Sandra de Bryun, "Health Costs of Air Pollution in European Cities and the Linkage with Transport" (CE Delft, październik 2020), https://cedelft.eu/wp-content/uploads/sites/2/2021/03/CE_Delft_190272_Health_costs_of_air_pollution_in_European_cities_and_the_linkage_with_transport_Def.pdf.
- 6 Michiel Modijefsky, "Warsaw Announces Mobility Measures to Improve Air Quality", Eltis, 27 listopada 2019, <https://www.eltis.org/in-brief/news/warsaw-announces-mobility-measures-improve-air-quality>.

ustawą o elektromobilności), której celem jest wdrożenie dyrektywy europejskiej w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych, zmniejszenie zależności transportu od ropy naftowej oraz dekarbonizacja sektora drogowego.⁷ Ustawa o elektromobilności to przede wszystkim zachęty do stosowania pojazdów elektrycznych, w tym zniesienie akcyzy na samochody elektryczne i hybrydowe typu plug-in, zwolnienie z opłat parkingowych oraz rozwój sieci infrastruktury dla paliw alternatywnych. W ramach działań na rzecz stymulacji rynku pojazdów elektrycznych ustawa umożliwi miastom tworzenie stref czystego transportu, do których to stref dostęp miałyby przede wszystkim pojazdy napędzane energią elektryczną, wodorem i gazem ziemnym. Pilotażowy projekt strefy czystego transportu został wdrożony w Krakowie, ale przerwano go po dziewięciu miesiącach. Jeśli jednak taka polityka ograniczeń zostanie pomyślnie wdrożona, może skutecznie zmniejszyć zanieczyszczenie powietrza w strefie, co zostało już udowodnione w przypadku innych miast europejskich.

Niedawno przyjęte poprawki do ustawy o elektromobilności ustanawiają ramy prawne dla strefy czystego transportu, która ma umożliwić miastom skuteczne ograniczenie korzystania z pojazdów zanieczyszczających powietrze. Brakuje jednak szczegółowych informacji na temat obszaru, harmonogramu wdrożenia oraz typów pojazdów podlegających ograniczeniom i z nich zwolnionych. Wysiłki zmierzające do rozwiązania problemu zanieczyszczenia powietrza w miastach zyskały jednak szerokie poparcie zarówno ze strony miast, jak i mieszkańców. Władze 12 miast w Polsce, w tym Warszawy, poparły ideę stref czystego transportu.⁸ Z sondażu przeprowadzonego przez YouGov wynika, że mieszkańcy Warszawy domagają się od prezydenta miasta zdecydowanych działań na rzecz walki z zanieczyszczeniem powietrza na drogach (84%) i promowania korzystania z transportu publicznego (72%), a także chcą, by do 2030 r. miasto było wolne od emisji (59%).⁹ Inne badanie przeprowadzone niedawno w pięciu dużych miastach Polski wykazało, że 67% mieszkańców

miast popiera zakaz używania starych pojazdów z silnikiem wysokoprężnym¹⁰

IMPORT POJAZDÓW UŻYWANYCH

W 2019 r. Polska była 14. największym importerszem samochodów na świecie, a wartość całego rynku importowanych pojazdów wyniosła 11 mld USD.¹¹ W tym samym roku sprowadzono dwa razy więcej samochodów używanych niż sprzedano nowych w kraju.¹² Chociaż pojazdy używane stanowią w Polsce przystępną cenowo formę transportu, napływ wysokoemisyjnych importowanych pojazdów używanych przyczynia się do zwiększenia ilości starych samochodów w Polsce. Polska ma jedną z najstarszych flot samochodowych w Europie – średni wiek użytkowanych samochodów osobowych wynosi 14 lat, podczas gdy średnia europejska wynosi 11 lat.¹³ Według Instytut Badań Rynku Motoryzacyjnego SAMAR, średni wiek importowanych samochodów w 2020 r. wynosił 11 lat.¹⁴ Starsze pojazdy, zwłaszcza te mające ponad 15 lat, odpowiadające normom wcześniejszym niż Euro 4, emitują nieproporcjonalnie duże ilości zanieczyszczeń powietrza, będące przyczyną poważnych problemów zdrowotnych. Obecnie nie ma jednak żadnych ograniczeń dotyczących wieku importowanych pojazdów.

Większość tych pojazdów jest importowana z Europy Zachodniej; w 2020 roku czterema z pięciu największych eksporterów samochodów do Polski były Niemcy, Francja, Belgia i Holandia.¹⁵ Wiele z tych importowanych pojazdów to stare pojazdy z silnikami wysokoprężnymi, których rynek zbytu w krajach eksportujących jest ograniczony od czasu afery dieselgate. W pierwszych trzech kwartałach 2020 r. 48% wszystkich pojazdów importowanych do

7 Bartosz Pilecki, "The Development Of Electromobility In Poland Under The Act On Electromobility And Alternative Fuels", Publikacja na konferencję naukową (Austria: Uniwersytet Szczeciński, styczeń 2019), <https://www.researchgate.net/publication/338622761>.

8 Polskie Stowarzyszenie Paliw Alternatywnych (PSPA) i Unia Metropolii Polskich, "Deklaracja polskich samorządów na rzecz rozwoju Stref Czystego Transportu," 21 września 2021, <https://www.wroclaw.pl/zielony-wroclaw/deklaracja-polskich-samorzadow-na-rzecz-rozwoju-stref-czystego-transportu>.

9 CleanCities, "What European City-Dwellers Want From Their Mayors: Post-COVID Survey", sondaż, maj 2021, https://cleancitiescampaign.org/wp-content/uploads/2021/05/CCC-survey-briefing_final.pdf.

10 Polski Alarm Smogowy, "ZACHOWANIA TRANSPORTOWE MIESZKAŃCÓW DUŻYCH MIAST", marzec 2021, https://polskialarmsmogowy.pl/wp-content/uploads/2021/06/Raport_zachowaniantransportowe_miasta_0706_3.pdf.

11 The Observatory of Economic Complexity (OEC), "Cars in Poland" OEC World, brak daty, [https://oec.world/en/profile/bilateral-product/cars/reporter/pol#:~:text=Imports%20in%202019%2C%20Poland%20imported,%2C%20and%20Spain%20\(%24749M\)](https://oec.world/en/profile/bilateral-product/cars/reporter/pol#:~:text=Imports%20in%202019%2C%20Poland%20imported,%2C%20and%20Spain%20(%24749M)).

12 Maria Wilczek, "Polish Imports of Used Cars Rebound after Pandemic and Ahead of Anticipated Tax Rise", *Notes from Poland* (blog), 9 października 2020, <https://notesfrompoland.com/2020/10/09/polish-imports-of-used-cars-rebound-after-pandemic-and-ahead-of-anticipated-tax-rise/>.

13 European Automobile Manufacturers' Association, "Average Age of the EU Vehicle Fleet, by Country," European Automobile Manufacturers' Association, February 1, 2021, <https://www.acea.auto/figure/average-age-of-eu-vehicle-fleet-by-country/>.

14 Instytut Badań Rynku Motoryzacyjnego SAMAR, "Wrzesień 2020 - Import gwałtownie rośnie", 5 października 2020, https://www.samar.pl/_/3/3.a/109719/3.sc/11/Wrzesie%2C%202020---Import-gwa%2C%20townie-ro%2C%20Bnie.html?locale=pl_PL.

15 Instytut Badań Rynku Motoryzacyjnego SAMAR.

Polski stanowią pojazdy z silnikami Diesla. Co więcej, w wielu miastach Europy Zachodniej pojazdy te często nie spełniają wymogów norm emisji spalin obowiązujących w strefach niskiej emisji, podczas gdy w krajach Europy Wschodniej w większości przypadków nie są one objęte regulacjami prawnymi. Oprócz braku stref niskiej emisji, do napływu importowanych pojazdów używanych do Polski przyczyniają się także trudności w regulowaniu przepływu pojazdów w obrębie UE.

PRZYSTOSOWANIE POJAZDU DO ZASILANIA GAZEM PŁYNNYM

Polska posiada jedną z największych na świecie flot pojazdów napędzanych gazem płynnym (LPG). Za sprawą wysokich cen benzyny i dużej liczby prywatnych samochodów pod koniec lat 90. nastąpił gwałtowny rozwój rynku LPG w Polsce.¹⁶ Biorąc pod uwagę dzisiejsze ceny, koszty tankowania pojazdów zasilanych LPG są o około 40% niższe w przeliczeniu na 100 km niż w przypadku porównywalnych pojazdów benzynowych.¹⁷ W Polsce gaz płynny stanowi obecnie około 9% wszystkich paliw drogowych, a prawie 15% samochodów osobowych jest wyposażonych w instalację LPG.¹⁸

Wiele samochodów zasilanych LPG w Polsce to importowane samochody używane z silnikami benzynowymi, które przeszły odpowiednią konwersję. Wynika to z faktu, że instalację LPG można łatwo i stosunkowo tanio zamontować w silnikach z wielopunktowym wtryskiem paliwa, które często spotyka się w starych pojazdach benzynowych.¹⁹ W 2019 r. około 25% wszystkich samochodów z silnikami benzynowymi w Polsce zostało doposażonych w instalację LPG.²⁰

Mimo że gaz płynny czasem określa się mianem czystego paliwa, pojazdy zasilane LPG nadal emitują inne zanieczyszczenia powietrza, które są szkodliwe

dla ludzkiego zdrowia. Poprzednie badania wykazały, że podczas testów drogowych pojazdy zasilane LPG emitują wielokrotnie więcej tlenku węgla (CO) i węglowodorów (HC) niż pojazdy benzynowe.²¹ Z uwagi na to, że instalacje LPG są zwykle montowane w starszych pojazdach, których układy kontroli emisji nie zawsze działają prawidłowo, mogą one wykazywać wyższe poziomy emisji niż nowsze pojazdy zasilane LPG lub pojazdy zaprojektowane z myślą o zasilaniu LPG.

METODYKA

ZBIERANIE DANYCH

W dniach od 24 września do 9 października 2020 r. w ramach Inicjatywy TRUE przeprowadzono kampanię badającą emisje spalin metodą teledetekcji. W celu dokonania pomiarów emisji spalin w rzeczywistych warunkach drogowych, testy przeprowadzono w sześciu różnych lokalizacjach wybranych tak, aby swoim zakresem obejmowały typy pojazdów i warunki jazdy reprezentatywne dla warszawskiej floty. Wybrane lokalizacje pokazano na Rysunku 1.

Badanie emisji zlecono firmie Opus Remote Sensing Europe (Opus RSE) i do tego celu wykorzystano urządzenie Opus AccuScan™ RSD5500, które mierzyło emisję spalin pojazdów przejeżdżających obok urządzenia. Przykładowe ustawienie urządzenia podczas badania pokazano na Rysunku 2. Instrument teledetekcyjny mierzy emisje CO, HC, NO i NO₂ z rury wydechowej pojazdu, a także nieprzezroczystość przepływu słupa spalin, która jest szacunkową wartością cząstek stałych zawieszonych w gazie (PM). Informacje rejestracyjne oraz pomiary prędkości i przyspieszenia pojazdu zostały połączone z danymi dotyczącymi emisji i warunków pogodowych w celu uzyskania kompletnego zestawu danych.

PRZETWARZANIE I ANALIZA DANYCH

Do przygotowania i analizy danych teledetekcyjnych wykorzystano metody opracowane i stosowane w poprzednich badaniach TRUE w innych miastach europejskich. W trakcie badania w Warszawie otrzymano 220 484 ważnych pomiarów z 147 777 pojazdów. Numery tablic rejestracyjnych tych pojazdów wyszukano w bazie

16 M. Buczaj i A. Sumorek, "Analysis of the Market of LPG as an Alternative Vehicle Fuel in Poland in 2005-2016", *ECONTECHMOD: An International Quarterly Journal on Economics of Technology and Modelling Processes* 06, nr 04 (24 października 2017): 47-54.

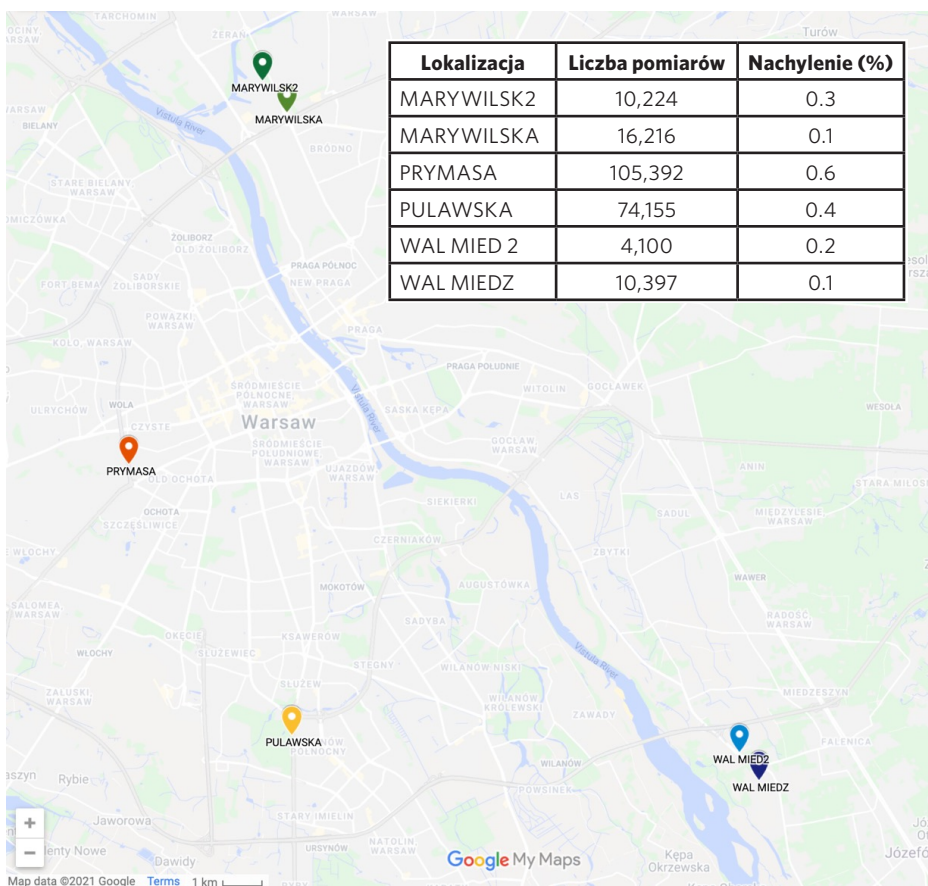
17 Ten szacunek obliczono na podstawie cen paliw obowiązujących w Polsce w okresie od lipca 2021 r. do października 2021 r. z uwzględnieniem zawyżonego o 15% zużycia paliwa przez pojazdy zasilane LPG w stosunku do pojazdów zasilanych benzyną. Źródło: https://www.globalpetrolprices.com/Poland/lpg_prices/

18 Światowa Organizacja Gazu Płynnego, "Autogas Market Trends", Autogas.net, brak daty, <https://auto-gas.net/government-policies/autogas-incentive-policies/poland/>;

19 Instytut Badań Rynku Motoryzacyjnego SAMAR, "Auta z LPG – stan parku na koniec 2019 roku", 10 lipca 2020, https://www.samar.pl/_/3/3.a/108876/3.sc/11/Auta-z-LPG---stan-parku-na-koniec-2019-roku.html?locale=pl_PL.

20 Instytut Badań Rynku Motoryzacyjnego SAMAR.

21 Jerzy Merkisz i Jacek Pielecha, "Gasoline and LPG Vehicle Emission Factors in a Road Test", 2009, <https://doi.org/10.4271/2009-01-0937>; Bruce Organ i in., "A Remote Sensing Emissions Monitoring Programme Reduces Emissions of Gasoline and LPG Vehicles", *Environmental Research* 177 (październik 2019): 108614, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108614>.



Rysunek 1. Sześć punktów pomiarowych wybranych do kampanii badającej emisję w Warszawie w 2020 r., ich nachylenie oraz liczba pomiarów wykonanych w każdym punkcie.



Rysunek 2. Przykłady ustawienia instrumentów teledetekcyjnych podczas kampanii teledetekcyjnej w Warszawie w 2020 r.

danych rejestracyjnych w celu uzyskania podstawowych danych technicznych, w tym na temat rodzaju paliwa, normy emisji, marki, modelu, roku produkcji i wieku. Ze względu na niekompletną bazę danych, dla każdego

pojazdu nie był dostępny pełny zestaw danych technicznych. Chociaż w niektórych przypadkach braki te ograniczają szczegółowość analizy, uzyskane dane mogą być przydatne do scharakteryzowania rzeczywistych emisji

z warszawskich pojazdów, a ich całkowite pominięcie byłoby sprzeczne z zasadą obiektywności. Przykładowo, w niektórych analizach uwzględniamy ponad 51 000 zapisów bez informacji o klasie pojazdu:

- Dla ponad 50% z nich dostępne są specyfikacje techniczne, takie jak data rejestracji, rok budowy, marka, model i wiek oraz ważne dane dotyczące emisji, które można wykorzystać w analizie;
- Pojazdy te wykazują stosunkowo wysokie poziomy emisji, bez których tendencje emisyjne w Warszawie mogłyby być zaniżone; oraz
- Ponad 75% tych danych dotyczy importowanych pojazdów używanych, a ich wyłączenie z analizy spowodowałoby mniej dokładny obraz emisji z importowanych pojazdów w Warszawie.

Należy zauważyć, że w bazie danych nie zidentyfikowano przystosowania pojazdów do zasilania LPG, ponieważ w danych rejestracyjnych podawany jest tylko oryginalny rodzaj paliwa stosowanego w pojeździe. W związku z tym, o przystosowaniu pojazdów do zasilania LPG w Warszawie wnioskujemy wyłącznie na podstawie ostatnio dostępnych źródeł, a dokładna liczba takich pojazdów nie jest możliwa do określenia.²²

Podobnie jak w przypadku poprzednich analiz TRUE, aby uzyskać prawidłowe wartości emisji, dane przefiltrowaliśmy pod kątem prawidłowej prędkości i dodatniej mocy właściwej pojazdu. Wszystkie wartości emisji wyrażono w wartościach właściwych dla danego rodzaju paliwa, w g/kg, a wartości emisji z samochodów osobowych przeliczono następnie na wartości właściwe dla pokonywanej odległości, tj. na jednostkę zgodną z wytycznymi europejskimi, stosując metodę opracowaną we wcześniejszych publikacjach TRUE.²³

Z wyżej wymienionych powodów, dane otrzymane dla wszystkich pojazdów lekkich (LDV) wykorzystano do analizy importowanych pojazdów używanych oraz do porównania z danymi teledetekcyjnymi TRUE uzyskanymi w Brukseli. W przypadku zapisów, dla których nie były dostępne informacje o klasie pojazdu, pojazdy lekkie zidentyfikowano stosując wartości graniczne masy własnej (<3 000 kg i > 600 kg) i pojemności skokowej silnika (<10 000 cm³ i >500 cm³). W zależności od rodzaju

zanieczyszczenia, liczba pomiarów dla pojazdów LDV z ważnymi danymi dotyczącymi emisji wynosiła od 144 871 do 161 691.

CHARAKTERYSTYKA WARSZAWSKIEJ FLOTY POJAZDÓW

POJAZDY WCHODZĄCE W SKŁAD FLOTY

W ramach kampanii teledetekcyjnej w Warszawie zebrano próbę 220 484 ważnych pomiarów z 147 777 pojazdów, w tym pojazdów o nieprawidłowej emisji i ograniczonej specyfikacji. Aby uzyskać pełny obraz floty pojazdów w Warszawie, do zbadania jej składu wykorzystano całą próbę.

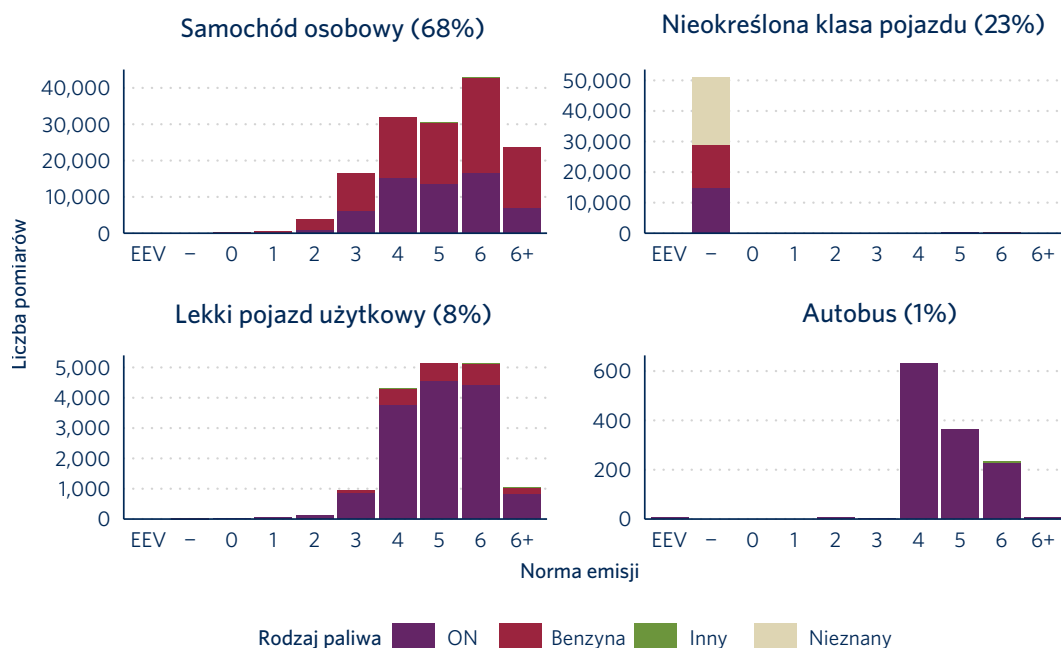
W próbie najczęściej występowały samochody osobowe, stanowiące 68% badanych pojazdów, następnie pojazdy nieposiadające określonej klasy (23%), lekkie pojazdy użytkowe (8%) i autobusy (1%). Pojazdom, dla których nie były dostępne informacje o klasie pojazdu nie przypisano żadnych norm emisji. Pojazdy innych klas, takie jak motocykle, ciężkie samochody ciężarowe oraz ciągniki leśne i rolnicze, stanowiły mniej niż 0,5% całej badanej floty.

Na Rysunku 3 przedstawiono rodzaje paliwa i normy emisji dla czterech najczęściej spotykanych klas pojazdów w warszawskim zbiorze danych. W przypadku samochodów osobowych najczęściej stosowanym rodzajem paliwa była benzyna (60%), a większość pozostałych badanych pojazdów była napędzana silnikami wysokoprężnymi (39%). Olej napędowy był najczęściej stosowanym rodzajem paliwa zarówno w przypadku lekkich samochodów dostawczych, jak i autobusów, stanowiąc odpowiednio 87% i 99% wszystkich pomiarów. W przypadku 43% pomiarów, dla których nie określono klasy pojazdu, nie jest znany rodzaj paliwa, jednak udział oleju napędowego i benzyny w pomiarach wynosił odpowiednio 30% i 27%.

Pojazdy spełniające normy od Euro 4 do Euro 6c stanowiły 70% samochodów osobowych, 87% lekkich pojazdów użytkowych i 99% autobusów w próbie. Udział starszych samochodów osobowych certyfikowanych zgodnie z normą Euro 3 i starszymi normami oraz nowszych pojazdów zgodnych z Euro 6d-TEMP i Euro 6d był podobny i wynosił odpowiednio 14% i 16%.

22 Instytut Badań Rynku Motoryzacyjnego SAMAR, "Auta z LPG – stan parku na koniec 2019 roku".

23 Yoann Bernard i in., "Determination of Real-World Emissions from Passenger Vehicles Using Remote Sensing Data" (Waszyngton, D.C.: Inicjatywa TRUE, 5 czerwca 2018), <https://theicct.org/publication/determination-of-real-world-emissions-from-passenger-vehicles-using-remote-sensing-data/>.



Rysunek 3. Rozkład rodzaju paliwa i norm emisji spalin w przypadku głównych klas pojazdów w warszawskiej próbie teledetekcyjnej. Nie uwzględniono klas pojazdów, których udział był mniejszy niż 0,5%. Norma Euro 6 odnosi się do norm Euro 6 do 6c, a Euro 6+ do kolejnych norm, tj. Euro6-d-TEMP i 6d łącznie.

CHARAKTERYSTYKA SAMOCHODÓW OSOBOWYCH W WARSZAWIE I WARUNKI BADAŃ

Szczegółowa ocena samochodów osobowych pokazuje, że w Warszawie częściej występują pojazdy benzynowe niż pojazdy z silnikiem wysokoprężnym. W badanej próbie udział pojazdów benzynowych był konsekwentnie wyższy niż pojazdów z silnikiem wysokoprężnym spełniającym różne normy emisji spalin, jak pokazano w Tabeli 1. W szczególności pojazdy certyfikowane zgodnie z Euro 6, 6d-TEMP i 6d były w przeważającej mierze napędzane benzyną.

W Tabeli 1 podano również warunki badań podczas warszawskiej kampanii pomiarowej. Średnia temperatura otoczenia w czasie pomiarów wynosiła około 24 °C, co było wartością o ponad 5 °C wyższą od średniej maksymalnej temperatury dobowej we wrześniu w Warszawie. Średnia prędkość badanych pojazdów wyniosła 43 km/h, co jest wartością znacznie wyższą niż średnia prędkość oznaczona w poprzednich badaniach

TRUE. Wynikało to prawdopodobnie z wyboru miejsc o dość płynnym ruchu drogowym i ograniczeniu prędkości do 50 km/h–70 km/h.²⁴

Emisje CO₂ pojazdów benzynowych objętych homologacją typu wykazują tendencję spadkową wraz z wprowadzaniem nowszych norm emisji. Szczególnie niskie są emisje CO₂ z pojazdów benzynowych zgodnych z normą Euro 6d, tj. o około 20% niższe niż w przypadku poprzedniej normy Euro 6d-TEMP i znacznie niższe niż w przypadku ich odpowiedników zasilanych olejem napędowym. Lepsze wyniki emisji z pojazdów benzynowych zgodnych z Euro 6d można częściowo wytłumaczyć faktem, że pojazdy te zostały zarejestrowane w 2020 r., kiedy to UE ustanowiła nowe, bardziej ambitne cele w zakresie emisji CO₂ dla nowych samochodów osobowych w ramach obowiązkowej homologacji typu.²⁵ Cele te przyczyniły się do szybszego wprowadzania technologii hybrydowych, głównie w pojazdach benzynowych.

24 OPUS Remote Sensing Europe, "TRUE Warsaw 2020 Fieldwork and Methodology Report" (Gaztambide 45, 28015, Madrid, Spain: Opus RS Europe SL, June 15, 2021), https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/03/OpusRSE-ICCT_Fieldwork_Warsaw_25-08-2021.pdf

25 Sandra Wappelhorst i in., "Europe's CO₂ Emission Performance Standards for New Passenger Cars: Lessons from 2020 and Future Prospects" (Waszyngton, D.C.: Międzynarodowa Rada ds. Czystego Transportu (ICCT), 15 września 2021), <https://theicct.org/publication/europes-co2-emission-performance-standards-for-new-passenger-cars-lessons-from-2020-and-future-prospects/>.

Tabela 1. Charakterystyka samochodów osobowych i warunki badań w Warszawie według norm emisji spalin.

	Liczba pomiarów	Średni wiek pojazdu w chwili pomiaru (lata)	Średnia kategoria dróg	Certyfikowana emisja CO ₂ (g/km, NEDC)	Średnia temperatura otoczenia (°C)	Średnia moc właściwa pojazdu (kW/t)	Średnia prędkość (km/h)	Średnie przyspieszenie (km/h/s)
Euro 3, ON	5 547	16	0,5	146	24,8	11,3	43	1,4
Euro 3, Benzyna	9 643	17	0,4	162	24,8	10,9	43	1,5
Euro 4, ON	13 986	12	0,5	154	24,7	11,3	43	1,4
Euro 4, Benzyna	15 858	12	0,5	159	24,7	10,9	43	1,5
Euro 5, ON	12 471	7	0,5	137	24,5	11,6	43	1,6
Euro 5, Benzyna	15 741	7	0,5	142	24,5	11,1	43	1,6
Euro 6, ON	15 410	3	0,5	126	24,2	11,8	43	1,7
Euro 6, Benzyna	24 922	3	0,5	133	24,4	11,4	43	1,7
Euro 6d-TEMP, ON	6 063	1	0,5	137	24,1	11,8	43	1,8
Euro 6d-TEMP, Benzyna	14 029	1	0,5	138	24,3	11,3	43	1,7
Euro 6d, ON	539	0	0,5	137	23,8	11,6	43	1,8
Euro 6d, Benzyna	1 948	0	0,5	110	24,0	11,6	44	1,7

EMISJE Z SAMOCHODÓW OSOBOWYCH

RZECZYWISTE EMISJE Z SAMOCHODÓW OSOBOWYCH

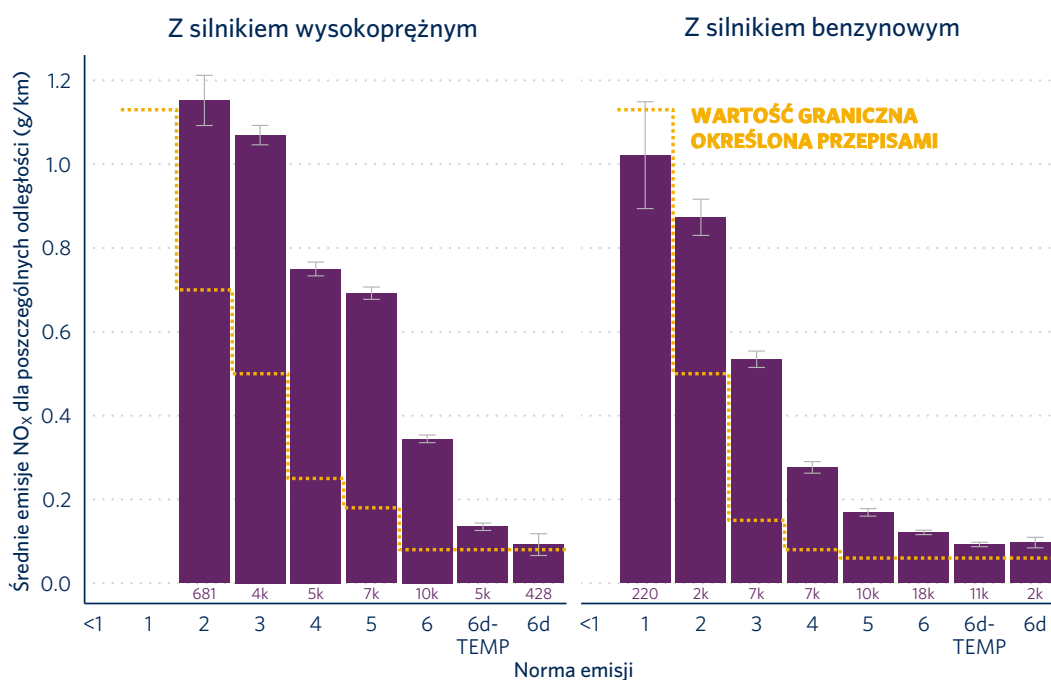
Samochody osobowe stanowiły 68% badanych pojazdów podczas kampanii pomiarowej w Warszawie.²⁶ W niniejszym rozdziale przedstawiono informacje na temat emisji tlenków azotu (NO_x), cząstek stałych zawieszonych w gazie (PM), tlenku węgla (CO) i węglowodorów (HC) z samochodów osobowych w warszawskim zbiorze danych, charakterystyczne dla pokonywanej odległości.

²⁶ Próba samochodów osobowych wykorzystana w tym rozdziale obejmuje tylko te zapisy, w przypadku których dostępne były informacje o klasie pojazdu.

EMISJE NO_x

Jak pokazano na Rysunku 4, dla poszczególnych odległości, średnie poziomy emisji NO_x z pojazdów osobowych w Warszawie wykazywały tendencję zgodną z wynikami poprzednich badań TRUE w innych miastach europejskich.²⁷ Średnie, specyficzne dla pokonywanej odległości emisje NO_x z pojazdów benzynowych malały wraz z zaostrzeniem norm, natomiast w przypadku pojazdów z silnikami wysokoprężnymi przed wprowadzeniem normy Euro 6 odnotowano jedynie niewielką poprawę. Zauważamy jednak, że

²⁷ Yoann Bernard i in., "Evaluation of Real-World Vehicle Emissions in Brussels" (Waszyngton, D.C.: Inicjatywa TRUE, 22 listopada 2021), <https://theicct.org/publications/true-brussels-emissions-nov21>; Tim Dallmann i in., "Remote Sensing of Motor Vehicle Emissions in Paris" (Waszyngton, D.C.: Międzynarodowa Rada ds. Czystego Transportu (ICCT), 10 września 2019), <https://theicct.org/publication/remote-sensing-of-motor-vehicle-emissions-in-paris/>.



Rysunek 4. Średnie emisje NO_x z samochodów osobowych z silnikami wysokoprężnymi i benzynowymi dla poszczególnych odległości w podziale na normy emisji otrzymane podczas warszawskiej kampanii teledetekcyjnej w 2020 r. Wąsy oznaczają 95% przedział ufności średniej. Przedstawiono tylko wyniki grup, dla których uzyskano powyżej 100 pomiarów.

pojazdy z silnikiem wysokoprężnym spełniające normę Euro 6 do 6c emitowały trzy razy więcej NO_x niż ich odpowiedniki zasilane benzyną. Jedynie pojazdy z silnikami wysokoprężnymi spełniające normę Euro 6d-TEMP i Euro 6d wykazywały poziomy emisji NO_x porównywalne z ich odpowiednikami na benzynę.

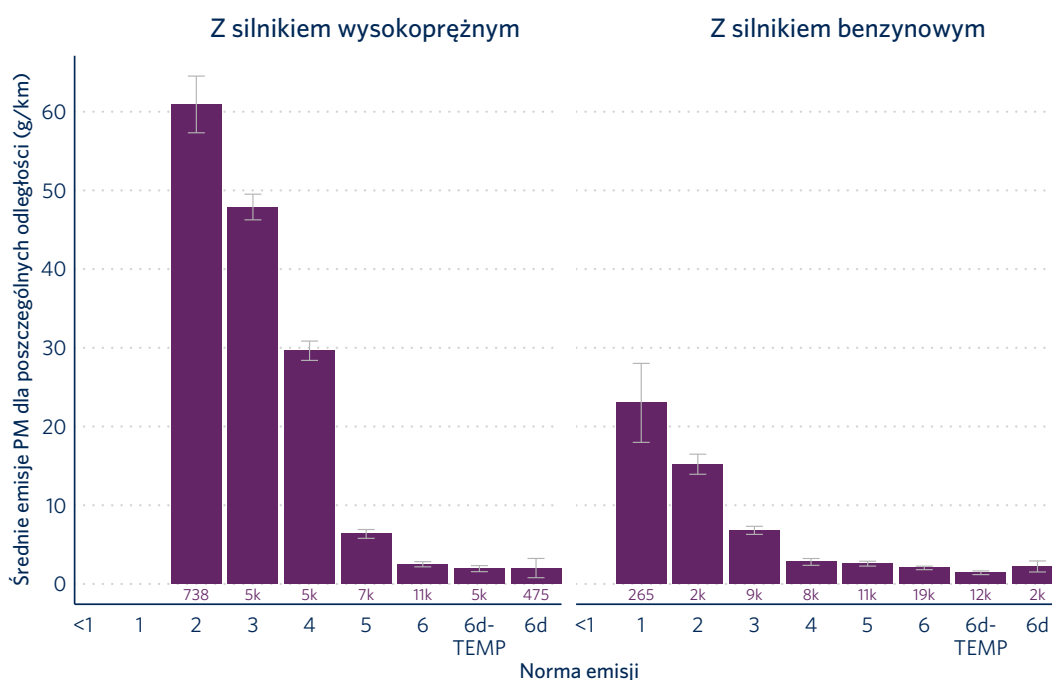
Podczas badań w warunkach rzeczywistego ruchu drogowego pojazdy spełniające wszystkie normy emisji spalin powyżej Euro 1 wykazywały średnią wartość emisji NO_x dla danej odległości przekraczającą dopuszczalne wartości laboratoryjne. W szczególności samochody osobowe z silnikiem wysokoprężnym spełniające normy od Euro 2 do Euro 6 wykazywały rzeczywiste wartości emisji NO_x od 1,6 do 4,3 razy większe od wartości określonych w obowiązujących przepisach. Stwierdziliśmy, że najbardziej powszechne w Warszawie grupy samochodów osobowych (dla których utworzono > 10 000 zapisów), tj. zasilane olejem napędowym i spełniające normę Euro 6 oraz zasilane benzyną i spełniające normy Euro 5, 6 i 6d-TEMP, wykazywały poziomy emisji przekraczające dopuszczalne wartości laboratoryjne. W szczególności średnie rzeczywiste wartości emisji NO_x w grupie Euro 6 dla oleju napędowego i Euro 5 dla benzyny, które łącznie stanowiły ponad 20% wszystkich przedstawionych pomiarów, były odpowiednio 4,3 razy i 2,8 razy większe od wartości określonych w przepisach. Dane wykazały jednak, że

pojazdy spełniające normy Euro 6d-TEMP i Euro 6d, które podlegały dodatkowym przepisom dotyczącym emisji na drogach, w warunkach ruchu drogowego emitowały wartości graniczne, które są odpowiednio 2,1 razy i 1,43 razy wyższe od wartości dopuszczalnych w laboratorium.

EMISJE PM

Jak pokazano na Rysunku 5, dane dotyczące emisji PM zebrane w Warszawie odzwierciedlają również wyniki badań przeprowadzonych w innych miastach europejskich; pojazdy z silnikami wysokoprężnymi sprzed normy Euro 5, które nie są wyposażone w filtry cząstek stałych (DPF), emitowały PM na poziomie od 4 do 11 razy wyższym niż ich odpowiedniki z silnikiem benzynowym. Ponadto obecność filtrów DPF wpłynęła na znaczącą poprawę wyników emisji PM z pojazdów z silnikiem wysokoprężnym według normy Euro 5, które emitowały o 80% mniej PM w porównaniu z pojazdami z silnikiem wysokoprężnym według normy Euro 4. Na uwagę zasługuje również stosunkowo wysoki poziom emisji PM zaobserwowany dla pojazdów benzynowych spełniających normy od Euro 1 do Euro 3, ponieważ te starsze pojazdy benzynowe były bardziej powszechne wśród pojazdów badanych w Warszawie niż starsze pojazdy z silnikami wysokoprężnymi.

Wartości emisji właściwe dla danego rodzaju paliwa (g/kg) uzyskane z bezpośrednich odczytów emisji za



Rysunek 5. Średnie emisje PM z samochodów osobowych z silnikami wysokoprężnymi i benzynowymi dla poszczególnych odległości w podziale na normy emisji otrzymane podczas warszawskiej kampanii teledetekcyjnej w 2020 r. Wąsy oznaczają 95% przedział ufności średniej. Przedstawiono tylko wyniki grup, dla których uzyskano powyżej 100 pomiarów.

pomocą teledetekcji można wykorzystać do wykrywania pojazdów o wysokiej emisyjności. Mimo że średnie emisje PM z pojazdów z silnikami wysokoprężnymi po wprowadzeniu normy Euro 4 uległy drastycznemu zmniejszeniu dzięki zastosowaniu filtrów DPF, niewłaściwa konserwacja, starzenie się, celowa ingerencja lub usunięcie filtrów DPF mogą prowadzić do wysokich poziomów emisji PM z poszczególnych pojazdów. W celu oceny nieprawidłowego działania i modyfikacji filtrów DPF w warszawskiej flocie pojazdów, zastosowaliśmy ten sam próg emisji, co w badaniu TRUE w Brukseli, który został opracowany na podstawie wcześniejszych badań wykazujących, że emisje PM z pojazdów wyposażonych w filtry DPF rzadko przekraczają 1,5 g PM na 1 kg spalonego paliwa.²⁸

Rysunek 6 pokazuje, że stosunkowo niewielka część pojazdów z silnikami wysokoprężnymi wyposażonych w filtry DPF w Warszawie wykazywała emisje PM przekraczające wartość progową 1,5 g/kg. Jak pokazano po prawej stronie na rysunku, poziom ten przekraczało tylko 1,5% pojazdów zasilanych olejem napędowym z certyfikatem Euro 5, 0,4% pojazdów z certyfikatem Euro

6, 0,3% pojazdów z certyfikatem Euro 6d-TEMP i 0,2% pojazdów z certyfikatem Euro 6d. Nie powinno to jednak umniejszać znaczenia rygorystycznego monitorowania i kontroli tego parametru, ponieważ pojazdy te odpowiadały za 32%, 23%, 16% i 9% całkowitej emisji PM w odpowiednich grupach norm emisji.

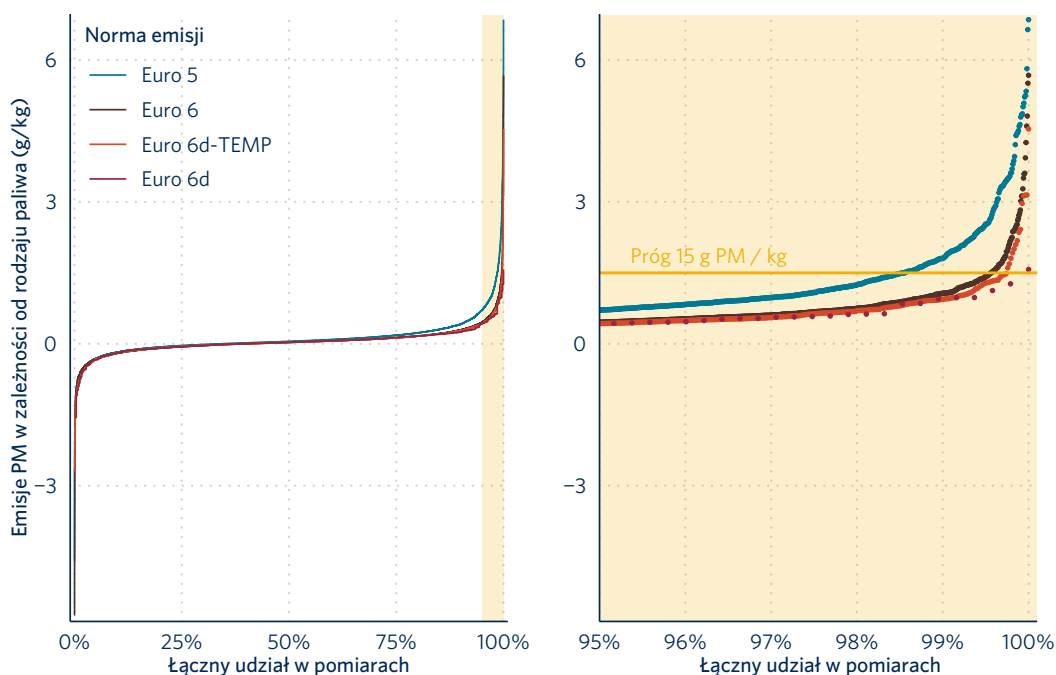
W Warszawie udział pomiarów uzyskanych dla lekkich pojazdów użytkowych (LCV), które przekraczały próg 1,5 g/kg PM był prawie dwukrotnie wyższy dla pojazdów zgodnych z normami Euro 5 (2,9%) i Euro 6 (0,9%), co sugeruje, że modyfikacja lub nieprawidłowe działanie filtra DPF może być bardziej powszechnym problemem w przypadku pojazdów LCV niż samochodów osobowych. Dalsze badania liczby cząstek stałych (PN) mogłyby zostać uzupełnione o programy okresowych przeglądów technicznych, aby dokładniej sprawdzać poszczególne pojazdy o wysokiej emisyjności i identyfikować usterki filtrów DPF zarówno w przypadku samochodów osobowych, jak i lekkich pojazdów użytkowych.²⁹

EMISJE CO

Jak pokazano na Rysunku 7, dane dotyczące warszawskiej floty pojazdów osobowych wskazują, że pojazdy benzynowe spełniające normy starsze niż Euro 6d-TEMP

28 Mridul Gautam i Donald Stedman, "Correlation of the Real-Time Particulate Matter Emissions Measurements of a ESP Remote Sensing Device (RSD) and a Dekati Electronic Tailpipe Sensor (ETaPS) with Gravimetrically Measured PM from a Total Exhaust Dilution Tunnel System", brak daty, 61.

29 Patrz Bernard i in., "Evaluation of Real-World Vehicle Emissions in Brussels".

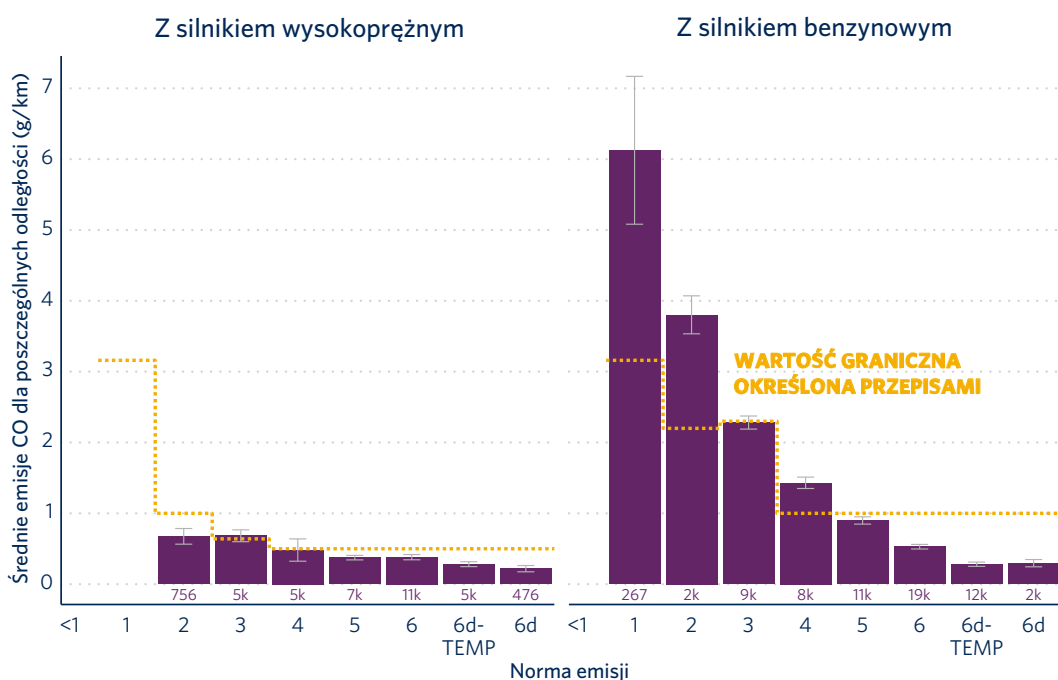


Rysunek 6. Sumaryczny rozkład liczby samochodów osobowych z silnikiem wysokoprężnym oraz emisji PM w zależności od rodzaju paliwa dla pojazdów spełniających normę Euro 5 lub wyższą w Warszawie. Po lewej stronie pokazano pełny zakres, a po prawej zbliżenie zakresu 95-100 procentyla.

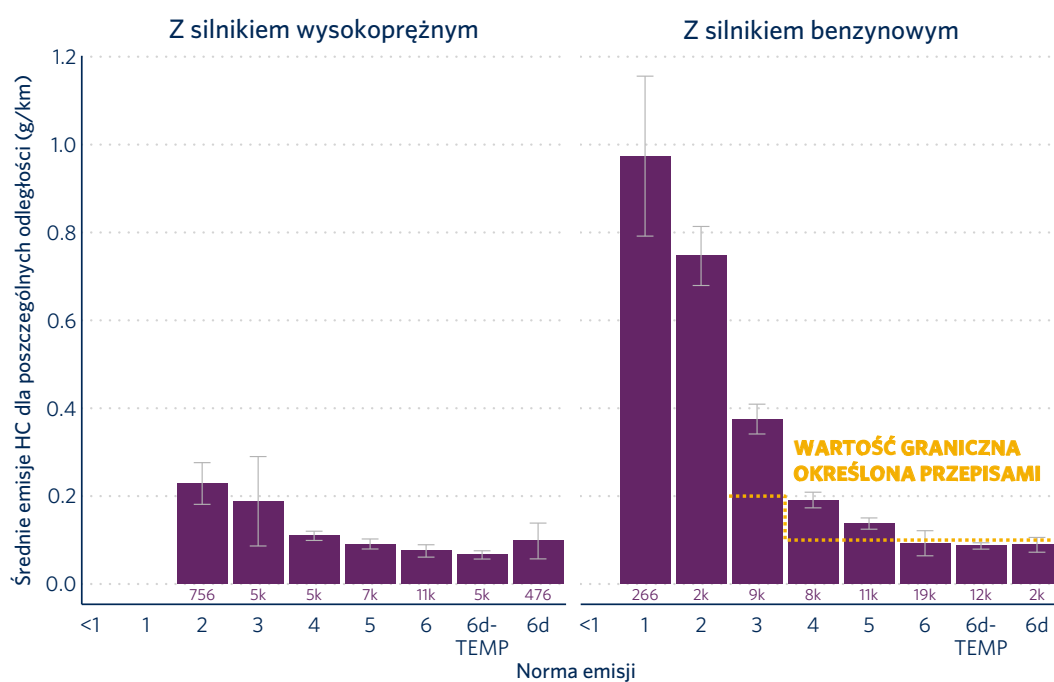
emitowały na określonym dystansie większe ilości tlenku węgla (CO) niż ich odpowiedniki z silnikami wysokoprężnymi. Grupy warszawskich pojazdów benzynowych sprzed normy Euro 5 emitowały od dwóch do dziewięciu razy więcej CO niż najstarsza grupa pojazdów z silnikiem wysokoprężnym, przy czym w trzech na cztery z tych grup emisje w warunkach rzeczywistych przekraczały dopuszczalne wartości graniczne. Z drugiej strony, pojazdy benzynowe spełniające normy Euro 5 lub wyższe wykazywały średnie poziomy emisji CO na poszczególnych odległościach poniżej dopuszczalnych wartości, a pojazdy spełniające nowsze normy, takie jak Euro 6d-TEMP i 6d, wykazywały poziomy emisji zbliżone do wartości otrzymanych dla analogicznych pojazdów z silnikiem wysokoprężnym.

EMISJE HC

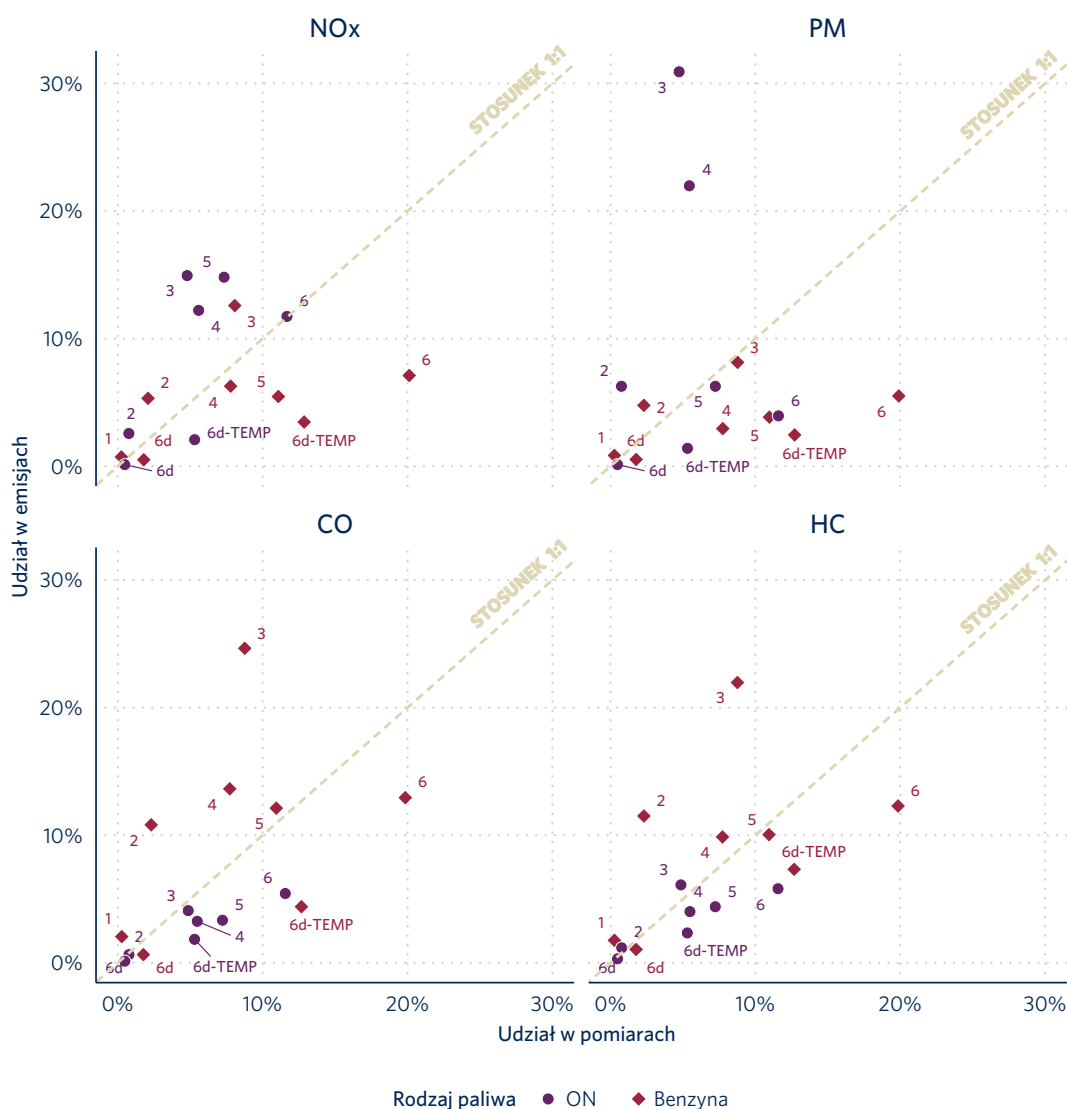
Podobnie jak w przypadku emisji CO, stwierdziliśmy, że średnie emisje HC dla danych odległości z pojazdów benzynowych spełniających normy starsze niż Euro 6 były wyższe niż w przypadku pojazdów z silnikiem wysokoprężnym. Obecnie ograniczenia prawne dotyczące emisji HC mają zastosowanie wyłącznie do pojazdów benzynowych. Rysunek 8 wskazuje Ponadto że w rzeczywistych warunkach ruchu drogowego pojazdy benzynowe sprzed normy Euro 6 wykazywały średnie specyficzne dla pokonywanej odległości emisje HC przekraczające odpowiednie prawnie obowiązujące wartości graniczne. Co więcej, grupy pojazdów, które nie podlegają badaniom emisyjności, takie jak Euro 1 i 2, emitują poziomy HC trzy do czterech razy wyższe niż grupa pojazdów z silnikiem wysokoprężnym o najgorszych parametrach, czyli Euro 2.



Rysunek 7. Średnie emisje CO z samochodów osobowych z silnikami wysokoprężnymi i benzynowymi dla poszczególnych odległości w podziale na normy emisji otrzymane podczas warszawskiej kampanii teledetekcyjnej w 2020 r. Wąsy oznaczają 95% przedział ufności średniej. Przedstawiono tylko wyniki grup, dla których uzyskano powyżej 100 pomiarów.



Rysunek 8. Średnie emisje HC z samochodów osobowych z silnikami wysokoprężnymi i benzynowymi dla poszczególnych odległości w podziale na normy emisji otrzymane podczas warszawskiej kampanii teledetekcyjnej w 2020 r. Wąsy oznaczają 95% przedział ufności średniej. Przedstawiono tylko wyniki grup, dla których uzyskano powyżej 100 pomiarów.



Rysunek 9. Udział w pomiarach i szacunkowe udziały w emisji NO_x, PM, CO i HC samochodów osobowych w Warszawie według rodzaju paliwa i normy emisji spalin. Przedstawiono tylko te grupy, dla których uzyskano powyżej 100 pomiarów.

OCENA UDZIAŁU POSZCZEGÓLNYCH GRUP WARSZAWSKICH POJAZDÓW OSOBOWYCH W EMISJI ZANIECZYSZCZEŃ

Oszacowanie aktywności pojazdów i ich udziału w emisji może pomóc w identyfikacji grup pojazdów, które w nieproporcjonalnie dużym stopniu przyczyniają się do emisji. Informacje te mogą posłużyć do opracowania polityki w tym zakresie, np. do utworzenia strefy czystego transportu, która jest obecnie przedmiotem dyskusji w Warszawie. W niniejszym rozdziale wykorzystujemy udział w pomiarach jako wskaźnik zastępczy dla udziału w aktywności pojazdów i szacujemy udział w emisji przy

użyciu szacunkowych wartości emisji dla każdej grupy pojazdów w zależności od przebytej odległości.

Rysunek 9 pokazuje, że udział w emisji NO_x pojazdów z silnikami wysokoprężnymi spełniających normy od Euro 2 do Euro 5 oraz z silnikami benzynowymi spełniających normy Euro 2 i Euro 3 był nieproporcjonalnie duży w stosunku do ich udziału w aktywności. W szczególności, samochody z silnikiem wysokoprężnym spełniające wymagania normy Euro 5 i niższe odpowiadały za 45% całkowitej emisji NO_x, chociaż stanowiły mniej niż 20% floty samochodów osobowych w Warszawie. Samochody z silnikami wysokoprężnymi według norm Euro 3 i Euro 4 odpowiadały również za ponad 50% całkowitej emisji PM, podczas gdy stanowiły jedynie 10% wszystkich pomiarów.

Samochody benzynowe spełniające normę Euro 4 lub niższą odpowiadały za ponad 50% emisji CO i 45% emisji HC, stanowiąc jednocześnie mniej niż 20% floty.

Wyniki pokazują korzyści, jakie może przynieść usunięcie z warszawskich dróg grup pojazdów o największej emisyjności. Na przykład, nasze wyniki sugerują, że miasto może osiągnąć znaczną redukcję emisji NO_x i PM z samochodów osobowych poprzez ograniczenie ruchu dla pojazdów z silnikiem wysokoprężnym spełniających normę Euro 5 lub niższą, które stanowiły niewielką część badanych pojazdów, ale miały nieproporcjonalnie duży udział w całkowitej emisji. Ponadto wyniki dotyczące emisji CO i HC w przypadku starszych pojazdów mają istotne implikacje dla ograniczenia stosowania pojazdów benzynowych spełniających normy od Euro 1 do Euro 4.

Należy jednak zauważyć, że wyniki te odnoszą się jedynie do samochodów osobowych w Warszawie, a inne kategorie pojazdów o wysokim zużyciu paliwa, takie jak autobusy i samochody ciężarowe, mogą wykazywać inne tendencje w zakresie emisji i aktywności. Aby władze Warszawy mogły opracować kompleksową politykę transportową, należy rozważyć przeprowadzenie bardziej szczegółowej analizy obejmującej wszystkie typy pojazdów.

WPŁYW ŁĄCZNEGO PRZEBIEGU POJAZDU

Dowiedziano, że postępująca w czasie degradacja układu kontroli emisji spalin wraz ze zwiększonym przebiegiem mają znaczący wpływ na emisję spalin z użytkowanych pojazdów. Badania wykazały, że emisje NO_x, CO i HC z pojazdów benzynowych wzrastają wraz z przebiegiem i wiekiem pojazdu.³⁰ Wyniki te znajdują również odzwierciedlenie w Europejskim Programie Monitoringu i Oceny oraz przewodniku Europejskiej Agencji Środowiska dotyczącym emisji zanieczyszczeń powietrza, na podstawie którego można zgłaszać dane o emisjach.³¹

30 Jens Borken-Kleefeld i Yuche Chen, "New Emission Deterioration Rates for Gasoline Cars - Results from Long-Term Measurements", *Atmospheric Environment* 101 (styczeń 2015): 58-64, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.11.013>; Yoann Bernard i in., "TRUE U.S. Database Case Study: Emissions Deterioration of U.S. Gasoline Light-Duty Vehicles and Trucks" (Waszyngton, D.C.: Inicjatywa TRUE, 30 października 2020), <https://theicct.org/publications/true-us-database-emissions-deterioration-oct2020>; Tao Zhan i in., "An Analysis of Real-World Exhaust Emission Control Deterioration in the California Light-Duty Gasoline Vehicle Fleet", *Atmospheric Environment* 220 (styczeń 2020): 117107, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.117107>.

31 Europejska Agencja Środowiska, "1.A.3.b.i-IV Road Transport 2019" w *EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019* (Europejska Agencja Środowiska, 2019), <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-b-i>.

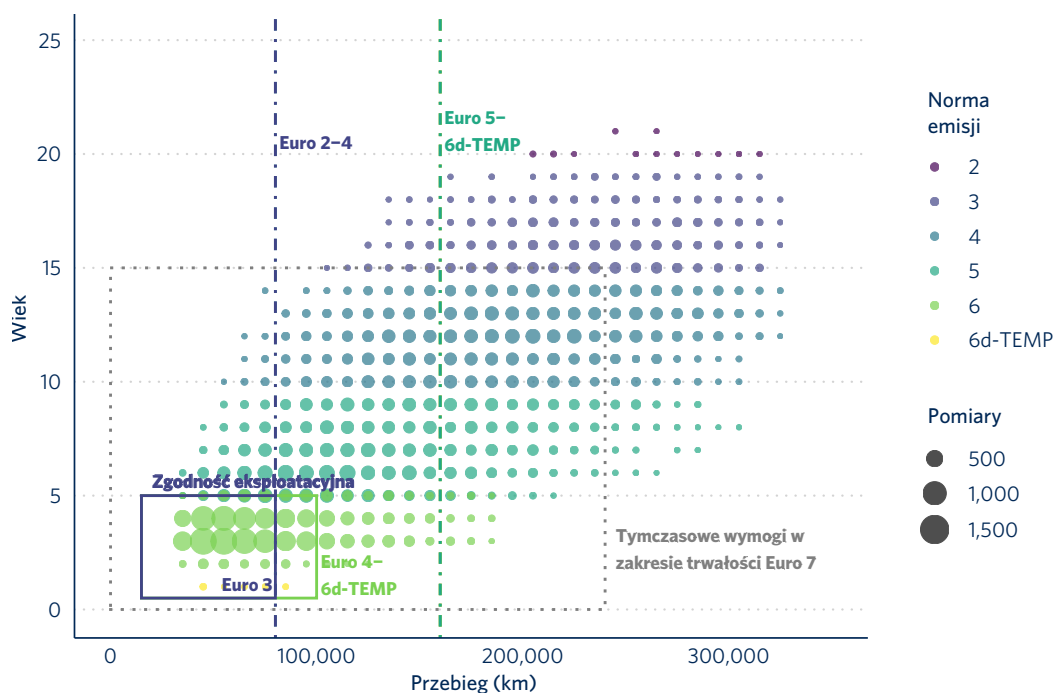
Aby zapewnić lepsze parametry emisji pojazdów przez cały okres ich użytkowania, w rozporządzeniach UE wprowadzono dwa wymagania dotyczące trwałości emisji. Zgodność eksploatacyjna definiuje okres, w którym pojazdy będące w użyciu podlegają badaniu zgodności. Wprowadzona w ramach normy Euro 3 zgodność eksploatacyjna jest sprawdzana po upływie 6 miesięcy lub po 15 000 km i do 5 lat lub do 80 000 km dla pojazdów według normy Euro 3, po 5 latach lub po 100 000 km dla pojazdów według normy Euro 4 i po 5 latach lub 160 000 km dla pojazdów według Euro 5 i Euro 6. Postanowienie dotyczące wykazania trwałości ma na celu zweryfikowanie podczas homologacji typu trwałości układów kontroli emisji w okresie użytkowania pojazdu, którą definiuje się wyłącznie na podstawie przebiegu. Podobnie jak w przypadku wymogów dotyczących zgodności eksploatacyjnej, wraz z wprowadzaniem nowych norm wymóg wykazania trwałości dotyczył większych przebiegów: 80 000 km dla norm od Euro 2 do Euro 4 oraz 160 000 km dla norm Euro 5 i Euro 6.

Baza danych rejestracyjnych pojazdów udostępniona na potrzeby tego badania zawierała dane dotyczące przebiegu samochodów osobowych i umożliwiła zbadanie wpływu przebiegu na rzeczywiste emisje, co nie było przedmiotem wcześniejszych badań TRUE. Wykorzystaliśmy próbę 96 458 samochodów osobowych z silnikami wysokoprężnymi i benzynowymi, spełniających wszystkie normy emisji spalin, dla których dostępne były informacje o przebiegu. Przebieg jest rejestrowany w momencie przeprowadzania okresowych badań technicznych. Obecnie w Warszawie przeglądy pojazdów, podczas których rejestrowany jest przebieg, są wymagane po trzech i pięciu latach od zakupu pojazdu, a następnie co roku. W związku z tym, wykorzystane dane mogą zaniżyć przebieg, ponieważ są nieaktualne średnio o jeden rok.³²

Ponieważ dane wykorzystane w niniejszym badaniu stanowią przegląd wyników z jednej kampanii teledetekcyjnej, która miała miejsce w ograniczonym czasie, nie nadają się do oceny stopnia zużycia pojazdów.³³ Zamiast tego pragniemy skupić się na rzeczywistych emisjach jako funkcji łącznego przebiegu. Aby pokazać rozkład przebiegu samochodów osobowych w Warszawie,

32 Średni dystans pokonany samochodem w Polsce w 2020 roku wyniósł 7500 km. Źródło: "Change in distance travelled by car". <https://www.odysseemure.eu/publications/efficiency-by-sector/transport/distance-travelled-by-car.html>

33 Przykład wykorzystania danych przekrojowych z teledetekcji do określenia wskaźników pogorszenia emisji można znaleźć w badaniu TRUE dotyczącym pogorszenia emisji spalin z amerykańskich benzynowych pojazdów lekkich i ciężarowych. <https://theicct.org/publication/true-u-s-database-case-study-emissions-deterioration-of-u-s-gasoline-light-duty-vehicles-and-trucks/>



Rysunek 10. Rozkład przebiegów i wieku samochodów osobowych w Warszawie. Prostokąty oznaczają wymagania zgodności eksploatacyjnej dla różnych norm emisji spalin. Pionowe linie przerywane oznaczają okresy wykazania trwałości emisji określone na podstawie przebiegu. Przedmiotem dyskusji są obecnie wymagania dotyczące trwałości emisji na podstawie normy Euro 7. Przedstawiono tylko punkty danych z ponad 50 pomiarów.

z analizy wyłączono pomiary uzyskane dla pojazdów o przebiegach poniżej 5. percentyla i powyżej 95. percentyla, a pozostałe pomiary pogrupowano na równe przedziały co 10 000 km.

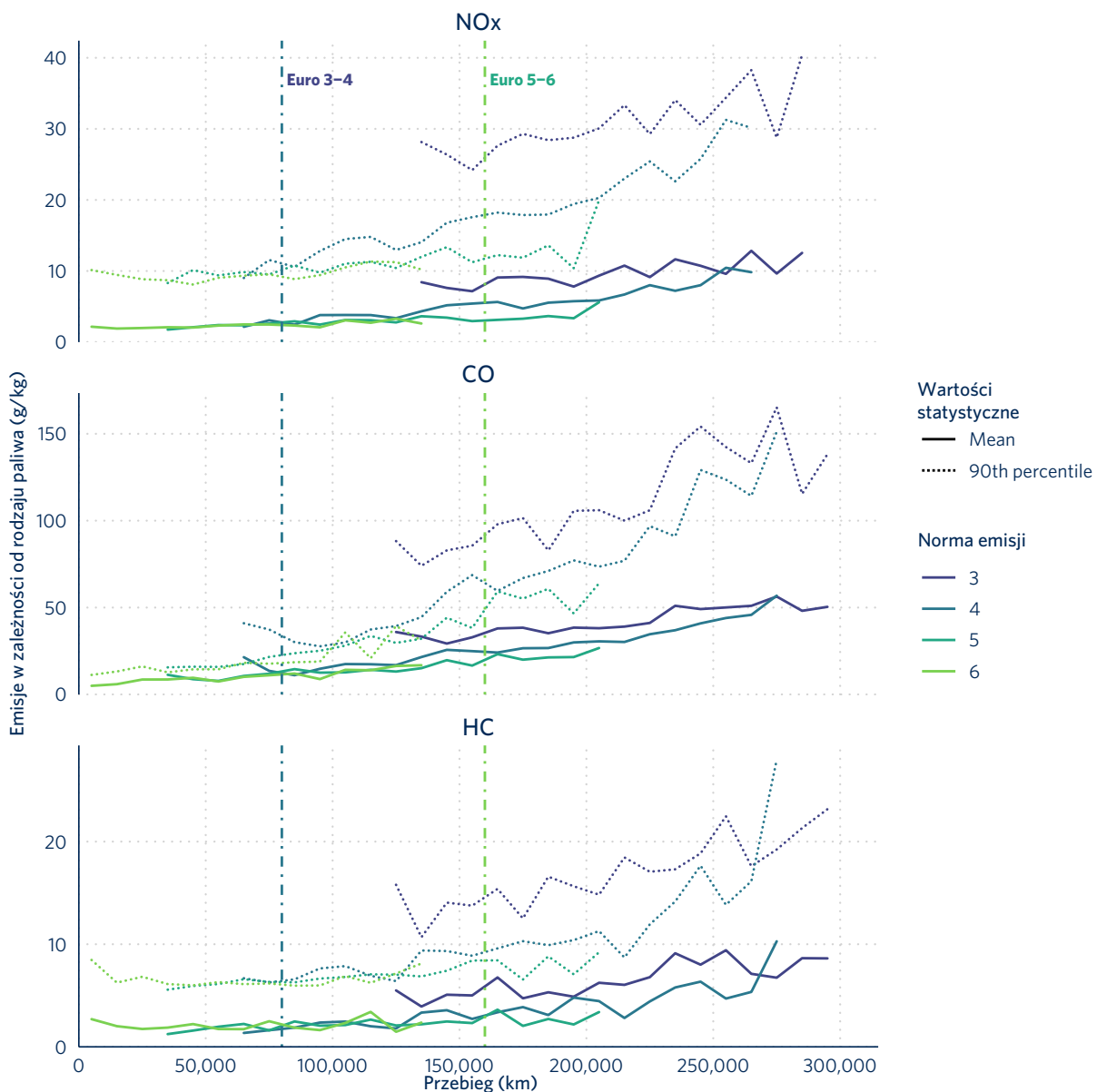
Na Rysunku 10 przedstawiono rozkład wieku pojazdów i zarejestrowanych przebiegów dla warszawskiej próby samochodów osobowych. Z naszych danych wynika, że tylko 17% wszystkich pojazdów z zatwierdzonymi normami emisji spalin w Warszawie spełniało dwa wymogi dotyczące trwałości, w zależności od tego, który z nich nastąpi wcześniej. Biorąc pod uwagę obecność starych pojazdów o niezidentyfikowanej klasie można zauważyć, że rzeczywisty udział pojazdów eksploatowanych zgodnie z wymogami trwałości jest prawdopodobnie niższy. Oznacza to, że przebieg i wiek większości pojazdów użytkowanych w Warszawie przekraczają okres użytkowania określony w przepisach UE dotyczących zgodności eksploatacyjnej i wykazania trwałości.

Aby ocenić wpływ łącznego przebiegu na emisje według norm emisji, zbadaliśmy emisje właściwe dla danego rodzaju paliwa jako funkcję zarejestrowanego przebiegu w czasie kampanii. Wartości przebiegu zostały porównane z wymaganiami w zakresie wykazania trwałości, aby sprawdzić, czy samochody osobowe w Warszawie są eksploatowane w ramach przewidzianego przepisami

okresu użytkowania. W analizie nie uwzględniono samochodów osobowych certyfikowanych według norm starszych niż Euro 3, a także norm Euro 6d-TEMP i Euro 6d ze względu na brak wystarczających danych.

Z naszej analizy wynika, że emisja wzrasta wraz z łącznym przebiegiem zarówno w okresie wykazania trwałości, jak i poza nim. Rysunek 11 pokazuje tendencję wzrostową średnich emisji NO_x , CO i HC w zależności od rodzaju paliwa wraz z rosnącym przebiegiem pojazdów benzynowych w Warszawie.

Średnie emisje z pojazdów spełniających normę Euro 6 zmierzone w Warszawie przedstawiono dla przedziałów przebiegu od 5 000 km do 135 000 km, czyli dla zakresu mieszczącego się w okresie wykazania trwałości emisji (160 000 km). Średnie emisje z pojazdów z grupy o najmniejszym przebiegu były większe niż pojazdów z grupy o największym przebiegu o 21% w przypadku NO_x , o 14% w przypadku HC i ponad dwukrotnie w przypadku CO. Większość pojazdów certyfikowanych zgodnie z normami Euro 3 i Euro 4 w Warszawie miała przebiegi przekraczające wymaganą trwałość 80 000 km, a zatem zaobserwowane tu trendy emisji mogą wskazywać na możliwy długoterminowy wpływ przebiegu na emisje. W grupach Euro 4 i Euro 5 średnie emisje wszystkich trzech zanieczyszczeń z grupy o największym przebiegu

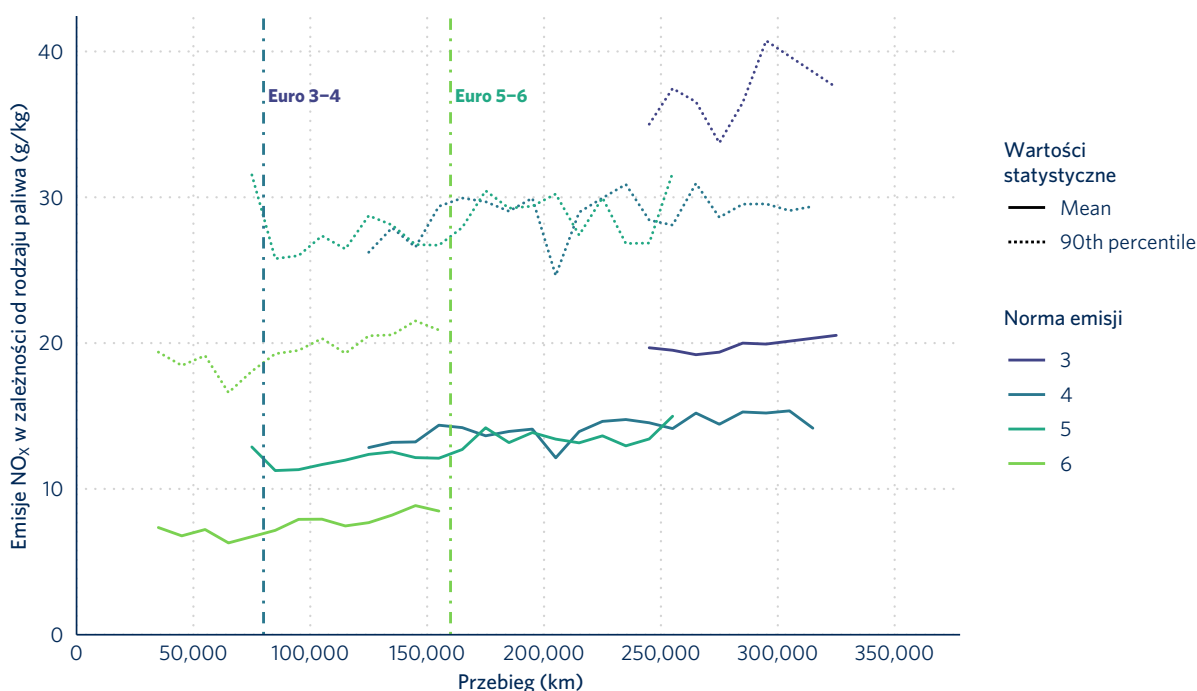


Rysunek 11. Wpływ łącznego przebiegu na emisję NO_x, CO i HC z pojazdów benzynowych w Warszawie. Pionowe linie przerywane oznaczają okresy wykazania trwałości emisji określone na podstawie przebiegu. Pokazano tylko wyniki odnoszące się do punktów danych, dla których uzyskano ponad 200 pomiarów.

były większe niż z grupy o najmniejszym przebiegu o współczynnik od 2,7 do 7,6. W przypadku samochodów osobowych spełniających normę Euro 3, dla wszystkich pomiarów przedstawionych na Rysunku 11 odnotowano przebiegi przekraczające przebieg wynikający z okresu wykazania trwałości o co najmniej 45 000 km. Średnie emisje w grupie o największym przebiegu były od 1,5 do 3,2 razy większe niż w grupie o najmniejszym przebiegu, co wskazuje, że emisje mogą nadal wzrastać przy przebiegach wykraczających poza okres wykazania trwałości. Wyniki emisji PM dla wszystkich pojazdów benzynowych nie wykazały żadnej zauważalnej tendencji.

Wiedza na temat pogarszania się rzeczywistych emisji z pojazdów zasilanych olejem napędowym jest obecnie ograniczona. W jednym z badań, na podstawie danych przekrojowych uzyskanych na przestrzeni 15 lat stwierdzono, że poziomy emisji z pojazdów z silnikami wysokoprężnymi nie są stabilne przez cały okres ich eksploatacji, wykazując rosnącą emisję NO_x z samochodów osobowych spełniających normy Euro 2 i Euro 3.³⁴

³⁴ Yuche Chen i Jens Borken-Kleefeld, "NO_x Emissions from Diesel Passenger Cars Worsen with Age", *Environmental Science & Technology* 50, nr 7 (5 kwietnia 2016): 3327-32, <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b04704>.



Rysunek 12. Wpływ łącznego przebiegu na emisję NO_x z pojazdów z silnikami wysokoprężnymi w Warszawie. Pionowe linie przerywane oznaczają okresy wykazania trwałości emisji określone na podstawie przebiegu. Pokazano tylko wyniki odnoszące się do punktów danych, dla których uzyskano ponad 200 pomiarów.

Chociaż dane wykorzystane w niniejszym opracowaniu stanowią jedynie przegląd wyników, nasze ustalenia dostarczają pewnych informacji na temat wpływu przebiegu na emisję NO_x z pojazdów z silnikami wysokoprężnymi. Jak pokazano na Rysunku 12, średnie emisje NO_x dla wszystkich badanych norm wykazywały wzrost pomiędzy grupami o najniższym i najwyższym przebiegu. Grupa Euro 6 wykazywała największy wzrost, o ponad 15%, następne były grupy Euro 4 i Euro 5 (10%) oraz Euro 3 (4%). Niewielka tendencja wzrostowa emisji NO_x z pojazdów spełniających normę Euro 3 sugeruje, że przebieg, choć niewielki, nadal ma wpływ na emisję NO_x z silników wysokoprężnych długo po tym, jak pojazdy przekroczą wymagania dotyczące trwałości. Wartości emisji PM, CO i HC nie wykazywały żadnych zauważalnych tendencji.

Wyniki wskazują, że określone w normach okresy wykazania zgodności eksploatacyjnej i trwałości emisji nie pokrywają się z rzeczywistymi okresami użytkowania większości pojazdów w warszawskim taborze samochodów osobowych. Z naszych pomiarów wynika, że wiek i przebieg co najmniej 83% pojazdów użytkowanych w Warszawie były wyższe od określonych wymogami. Oczekuje się, że nadchodząca norma Euro 7 wydłuży okres badania zgodności eksploatacyjnej do 15 lat lub 240 000 km, a okres wykazania trwałości

do 240 000 km.³⁵ Wymagania te powinny lepiej odzwierciedlać rzeczywiste okresy eksploatacji europejskich samochodów osobowych. Niemniej, jak wynika z naszych ustaleń, przebieg i wiek około 30% samochodów osobowych będących przedmiotem badania w Warszawie przekraczały te poziomy, co sugeruje, że w celu dokładnego odzwierciedlenia sposobu użytkowania samochodów osobowych w miastach europejskich potrzebne mogą być informacje na temat dłuższych okresów eksploatacji. Zalecamy dostosowanie wymogów dotyczących wieku i przebiegu pojazdów w ramach badań zgodności eksploatacyjnej z okresem użytkowania w celu wykazania trwałości, a także ustalenie ich na poziomach reprezentatywnych dla pełnego okresu użytkowania pojazdów w UE. Punktem odniesienia jest tutaj fakt, że 90% samochodów osobowych badanych w Warszawie miało mniej niż 20 lat i przebieg poniżej 320 000 km. Zebranie podobnych danych dla pojazdów w innych miastach europejskich pomogłoby w określeniu bardziej reprezentatywnych okresów eksploatacji w przepisach dotyczących emisji.

³⁵ Konsorcjum CLOVE, "Additional Technical Issues for Euro 7 LDV" (Grupa Doradcza ds. Standardów Emisji (AGVES), Bruksela, 27 kwietnia 2021), 7, <https://circabc.europa.eu/w/browse/f57c2059-ef63-4baf-b793-015e46f70421>.

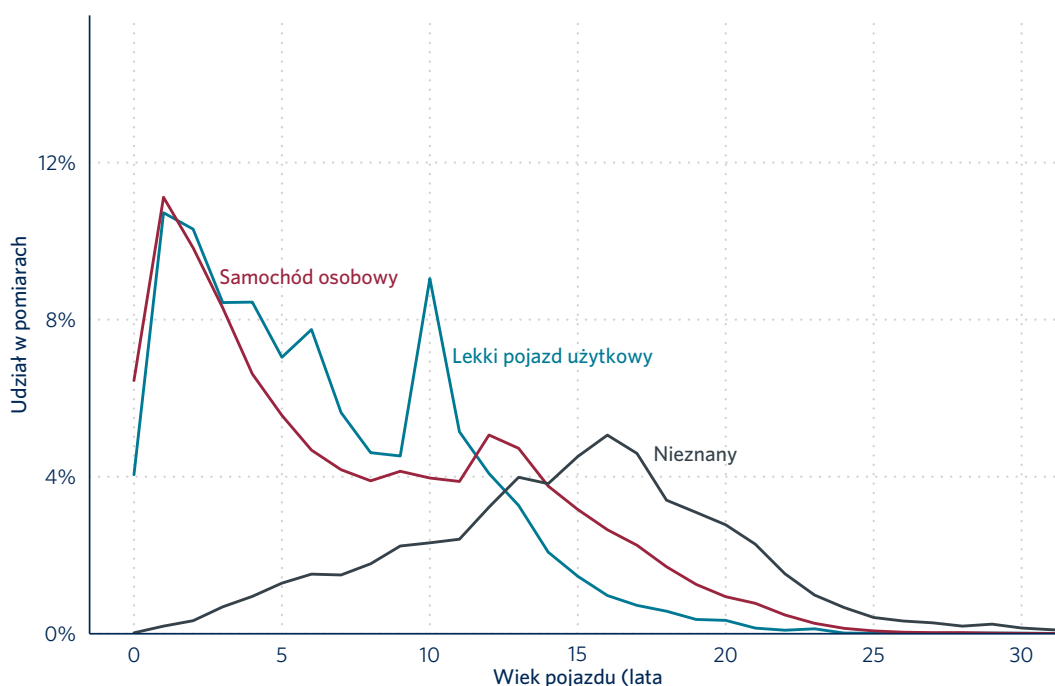
EMISJE Z IMPORTOWANYCH POJAZDÓW UŻYWANYCH

Polska flota pojazdów charakteryzuje się dużą liczbą importowanych pojazdów używanych, które mogliśmy zbadać na podstawie danych rejestracyjnych dostępnych w warszawskim zestawie danych. W poniższej analizie wyodrębniono importowane pojazdy używane; dla tych pojazdów w danych rejestrowych dostępne były daty rejestracji za granicą oraz daty rejestracji w kraju. Wszystkie daty rejestracji za granicą poprzedzały daty rejestracji w kraju, co wskazuje, że pojazdy te były pierwotnie zarejestrowane gdzie indziej, a następnie sprowadzone do Polski. Przebieg 99,95% tych pojazdów był większy niż 50 km. Mimo że prawie 40% importowanych pojazdów używanych w badanej próbie nie miało możliwości do określenia klas pojazdów, udało nam się przyporządkować większość z nich do pojazdów lekkich (LDV), stosując progi masy własnej i pojemności skokowej silnika (patrz metodyka). W związku z tym w kolejnych rozdziałach analiza została rozszerzona na wszystkie pojazdy LDV.

CHARAKTERYSTYKA POJAZDÓW LEKKICH W WARSZAWIE

W pierwszej kolejności badamy charakterystykę wszystkich analizowanych pojazdów LDV, która może się nieco różnić od charakterystyki samochodów osobowych ze względu na włączenie do niej lekkich pojazdów użytkowych oraz pojazdów o nieznannej klasie. Zgodnie ze szczegółowym opisem w metodyce, z analizy nie wyłączono pojazdów o nieznannej klasie, ponieważ dostępne są dla nich informacje przydatne do gruntownej analizy, takie jak data rejestracji, rodzaj paliwa, pojemność skokowa silnika i dane dotyczące emisji spalin. Analizowana próba LDV obejmowała 193 187 pomiarów z 125 896 pojazdów.

Średni wiek badanych w Warszawie pojazdów lekkich wynosił 8 lat. Jednak, jak pokazano na Rysunku 13, pojazdy należące do trzech klas pojazdów stanowiących próbę pojazdów lekkich wykazywały różne rozkłady wieku: lekkie samochody użytkowe charakteryzowały się najniższym średnim wiekiem wynoszącym 6 lat z dwoma szczytami w okolicach 1-2 lat i 10 lat, natomiast średni wiek samochodów osobowych wynosił 7 lat ze szczytem w okolicach 1 roku. Wreszcie, pojazdy lekkie o nieznannej klasie wykazywały średni wiek wynoszący 15 lat, z wartością szczytową około 16 lat, i znacznie zaważyły na średnim wieku warszawskiej floty pojazdów lekkich. Prawie 80% tych pojazdów zidentyfikowano jako importowane pojazdy używane.



Rysunek 13. Rozkład wieku poszczególnych klas pojazdów wchodzących w skład warszawskiej próby pojazdów lekkich.



Rysunek 14. Rozkład wieku i przebiegu lekkich pojazdów importowanych i krajowych w Warszawie. Należy zauważyć, że skale osi y dla dwóch wykresów gęstości są różne.

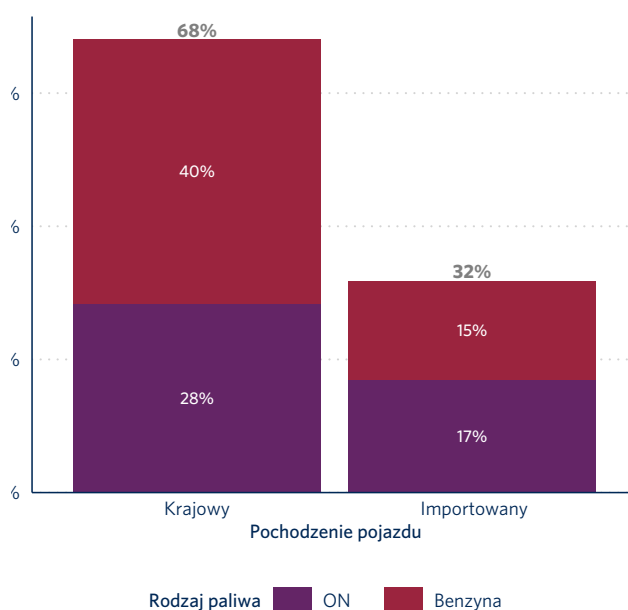
CHARAKTERYSTYKA IMPORTOWANYCH POJAZDÓW

Warszawska próba pojazdów LDV obejmowała 61 571 pomiarów z 40 747 importowanych pojazdów używanych, co stanowiło prawie jedną trzecią wszystkich pojazdów LDV. Większość importowanych pojazdów stanowiły samochody osobowe (61%), następnie pojazdy o nieznannej klasie (35%) i lekkie pojazdy użytkowe (4%).

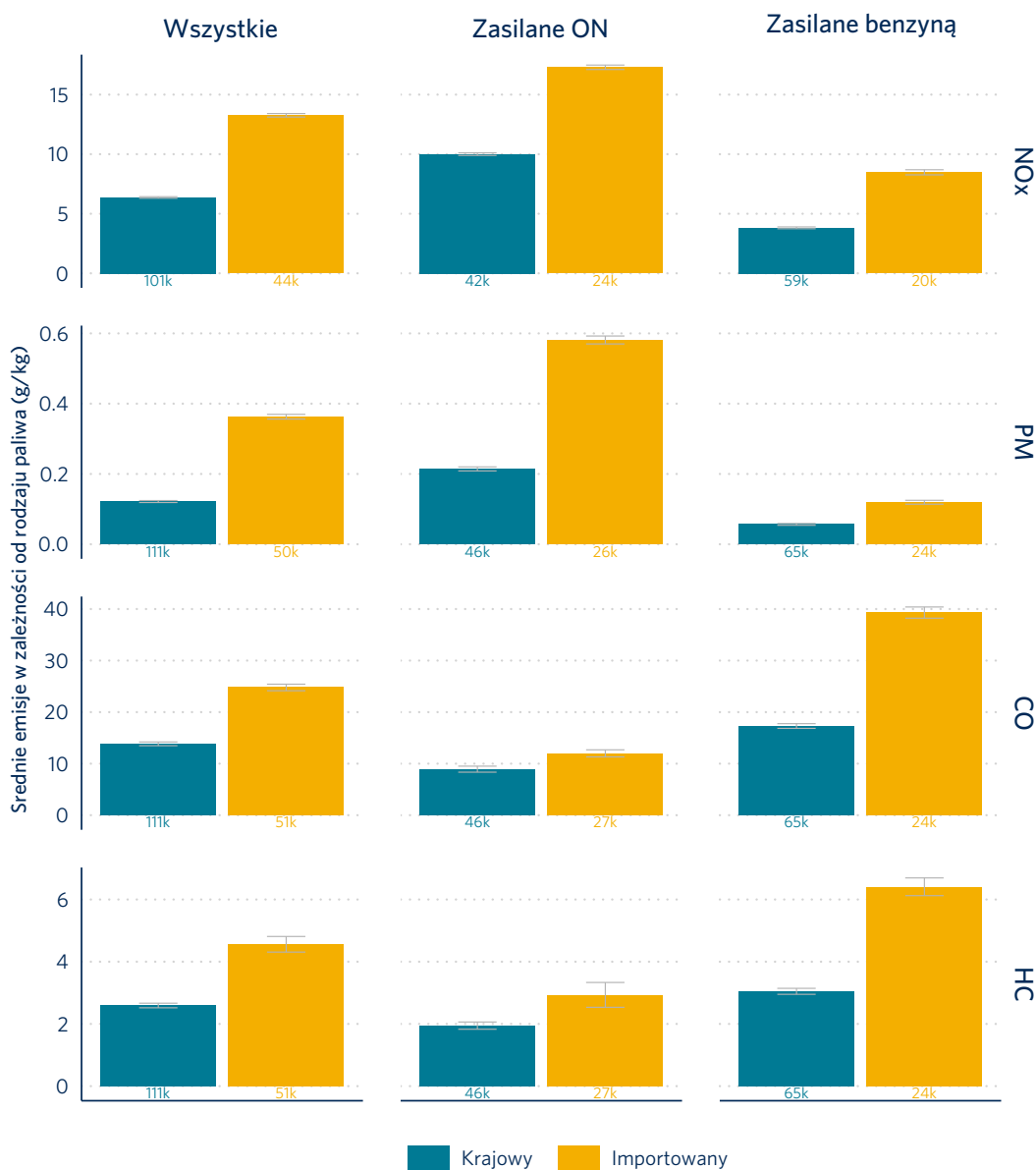
Pozostałą część próby stanowiły pojazdy krajowe, które definiujemy jako wszystkie inne pojazdy zarejestrowane wyłącznie w Polsce, ale niekoniecznie wyprodukowane w Polsce. Dla pojazdów krajowych otrzymano 68% wszystkich pomiarów LDV (131 616 pomiarów z 85 149 pojazdów). Dominującą klasą pojazdów były samochody osobowe, na które przypadło 85% pomiarów, a następnie lekkie samochody dostawcze (11%). Dla pozostałych 4% pomiarów nie udało się ustalić klasy pojazdu.

Ze względu na brak informacji o klasie pojazdu i różne terminy wprowadzania norm emisji dla lekkich pojazdów użytkowych i samochodów osobowych, niniejsza analiza skupia się raczej na wieku niż na normach emisji. Importowane pojazdy używane są starsze i mają większe przebiegi niż pojazdy krajowe w Warszawie. Średni wiek importowanych pojazdów używanych (13 lat) był ponad dwukrotnie wyższy niż pojazdów krajowych (6

lat). Rysunek 14 przedstawia rozkład wieku i przebiegów pojazdów importowanych i krajowych w Warszawie. Rozkład wieku importowanych pojazdów używanych jest bardziej przesunięty w kierunku pojazdów starszych niż w przypadku pojazdów krajowych, z najwyższą wartością około 15 lat. Starsze pojazdy mają też zwykle większe przebiegi; średni przebieg pojazdów krajowych wynosił 144 365 km, a importowanych pojazdów używanych – 222 767



Rysunek 15. Rozkład rodzajów paliwa według pochodzenia pojazdu.



Rysunek 16. Średnie emisje NO_x, PM, CO i HC z pojazdów krajowych i importowanych w Warszawie według rodzaju paliwa. Wąsy oznaczają 95% przedział ufności średniej.

km. Zarówno średnia, jak i mediana przebiegu w przypadku importowanych pojazdów używanych były ponad 1,5 razy większe niż w przypadku pojazdów krajowych.

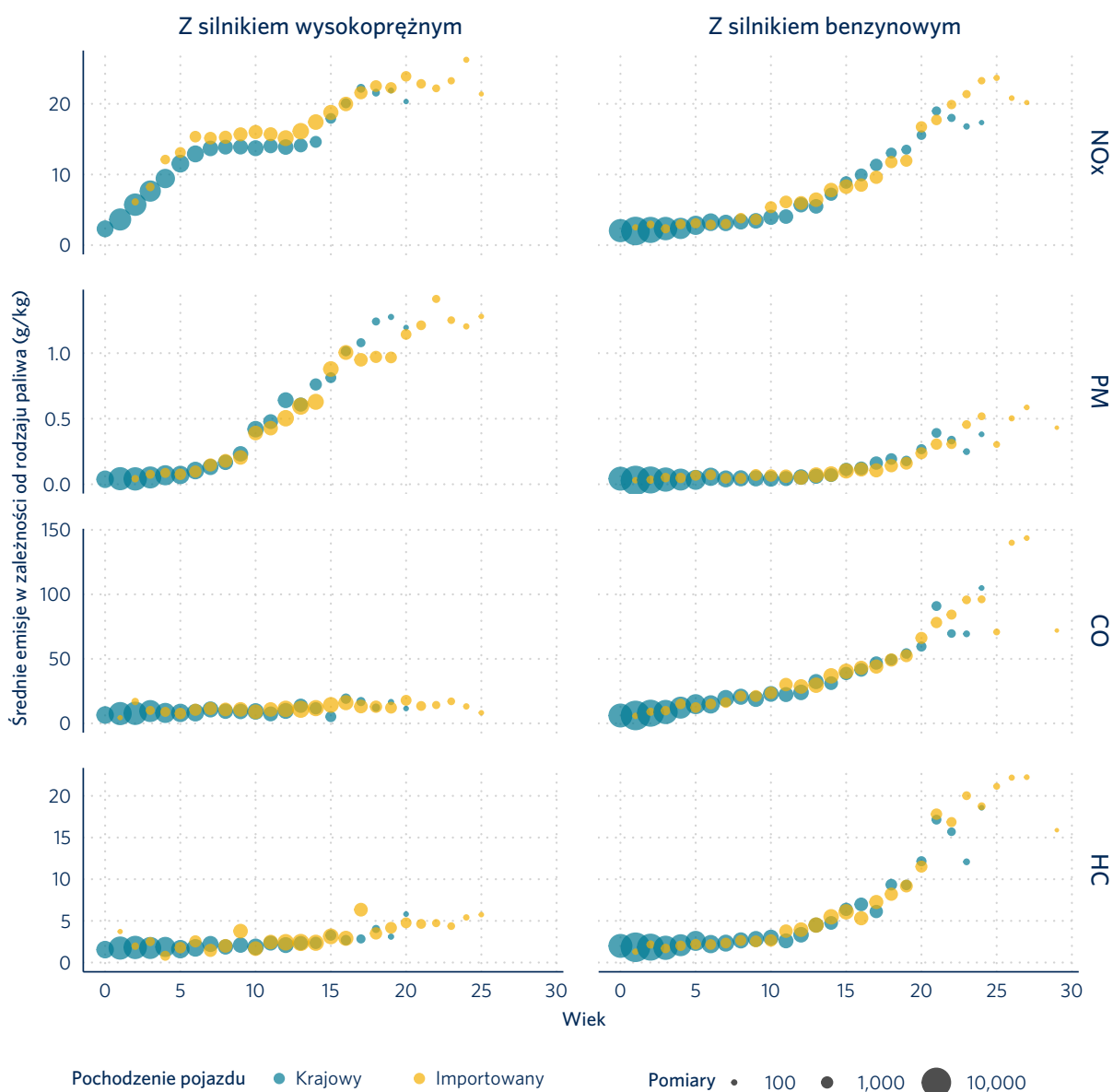
Również rodzaje paliwa różniły się dla pojazdów krajowych i używanych pojazdów importowanych w Warszawie, co pokazano na Rysunku 15. Więcej pojazdów krajowych zasilanych jest benzyną (58%) niż olejem napędowym (42%). Z kolei ponad połowa (53%) importowanych pojazdów używanych zasilana jest olejem napędowym. Dominujący udział importowanych pojazdów używanych z silnikiem wysokoprężnym nie jest zaskoczeniem, biorąc pod uwagę fakt, że większość importowanych pojazdów używanych w Polsce pochodzi z krajów Europy Zachodniej,

gdzie pojazdy z silnikiem wysokoprężnym są bardziej powszechne niż pojazdy z silnikiem benzynowym.

EMISJE Z IMPORTOWANYCH POJAZDÓW UŻYWANYCH

W niniejszym rozdziale zbadano emisję NO_x, PM, CO i HC z importowanych pojazdów używanych w Warszawie. Wyniki przedstawiono dla wszystkich krajowych i importowanych pojazdów LDV oraz według rodzaju paliwa.

Wyniki pokazują, że importowane pojazdy używane emitują więcej zanieczyszczeń niż pojazdy krajowe w Warszawie. Rysunek 16 pokazuje w szczególności, że



Rysunek 17. Średnie emisje NO_x, PM, CO i HC właściwe dla rodzaju paliwa z pojazdów krajowych i importowanych w podziale na rodzaj paliwa. Wielkość punktów danych oznacza liczbę pomiarów. Każdy punkt obejmuje co najmniej 50 pomiarów.

wyniki emisji importowanych pojazdów używanych są konsekwentnie gorsze od wyników pojazdów krajowych w odniesieniu do wszystkich zanieczyszczeń. Średnie dla floty emisje NO_x i PM z importowanych pojazdów używanych w zależności od rodzaju paliwa były – odpowiednio – ponad dwukrotnie i trzykrotnie wyższe niż w przypadku pojazdów krajowych. Tendencja ta była podobna w przypadku różnych rodzajów paliwa, przy czym zarówno importowane pojazdy zasilane olejem napędowym, jak i benzyną wykazywały wysokie średnie emisje właściwe dla danego rodzaju paliwa. Średnie dla floty emisje CO i HC z importowanych pojazdów

używanych były również prawie dwukrotnie wyższe niż z pojazdów krajowych.

Zbadano, czy inne zmienne miały wpływ na znacząco wyższe wskaźniki emisji obserwowane w przypadku importowanych pojazdów używanych w porównaniu z pojazdami krajowymi. Nie stwierdzono istotnej różnicy we wpływie mocy właściwej pojazdu i temperatury otoczenia na poziom emisji z pojazdów w obu grupach. Podobnie nie zaobserwowano znaczącego wpływu masy, marki ani modelu pojazdu, który mógłby wyjaśnić tak dużą różnicę w poziomie emisji.

W celu dokonania bardziej szczegółowego porównania zbadano średnie emisje wszystkich zanieczyszczeń właściwe dla danego rodzaju paliwa w podziale na wiek pojazdu. Na Rysunku 17 porównano średnie emisje właściwe dla rodzaju paliwa z pojazdów krajowych i importowanych pojazdów używanych w zależności od wieku pojazdu i rodzaju paliwa. Choć wyniki emisji NO_x z pojazdów z silnikiem wysokoprężnym wykazują niewielkie różnicowanie w obrębie grup wiekowych, pojazdy krajowe i importowane pojazdy używane w tym samym wieku wykazywały na ogół porównywalne poziomy emisji wszystkich innych zanieczyszczeń.

Widać znaczącą różnicę w liczbie starych pojazdów występujących w obu próbkach. Starsze pojazdy były częściej spotykane w grupie importowanych pojazdów używanych, podczas gdy w grupie pojazdów krajowych występowało więcej pojazdów młodszych. W szczególności w grupie importowanych pojazdów używanych występowało więcej starych pojazdów w wieku co najmniej 20 lat, które jednocześnie charakteryzowały się jedną z najwyższych średnich emisji właściwych dla rodzaju paliwa. Wprawdzie pojazdy te odpowiadały za mniej niż 2% pomiarów uzyskanych dla pojazdów krajowych, ale ponad 10% wszystkich pomiarów dotyczyło importowanych pojazdów używanych w wieku ponad 20 lat.

WPŁYW NA POLITYKĘ

Rynek importowanych pojazdów używanych w Polsce jest duży, na co wpływ ma kilka kwestii: 1) pojazdy te zapewniają niedrogą formę przemieszczania się na obszarach, gdzie infrastruktura transportu publicznego jest uboga; 2) pojazdy benzynowe w wieku co najmniej 12 lat lub te spełniające normy starsze niż Euro 5, można łatwo przystosować do zasilania LPG i dlatego jest na nie duży popyt; oraz 3) stare pojazdy z silnikiem wysokoprężnym są powszechnie eksportowane z rynków, które ograniczają ich eksploatację ze względu na politykę wielu miast Europy Zachodniej. Obecnie w Polsce nie obowiązuje żadne przepisy, które ograniczałyby import starych pojazdów o wyższej emisyjności.

Ograniczenie emisji z importowanych pojazdów używanych jest możliwe na poziomie krajowym poprzez wprowadzenie różnych programów. Jednym z bezpośrednich sposobów jest nałożenie ograniczeń w zakresie importu, zwykle z uwzględnieniem limitu wiekowego pojazdu, podobnie jak w niektórych krajach Afryki Północnej, gdzie obowiązuje zakaz importu pojazdów starszych niż 3 lata.³⁶ Biorąc pod uwagę wyzwania związane z wprowadzeniem takich ograniczeń w ramach jurysdykcji UE, inne działania, takie jak programy dotyczące opodatkowania i złomowania, byłyby bardziej skuteczne w promowaniu wcześniejszego wycofywania z eksploatacji starszych pojazdów i zachęcaniu właścicieli do zakupu bardziej ekologicznych i nowszych pojazdów. W skali całego kraju można by także wzmocnić i egzekwować programy kontroli i konserwacji, których zadaniem byłoby zapewnienie, że importowane pojazdy używane są poddawane rygorystycznym testom i naprawom w celu zapewnienia ich jakości.³⁷

Na szczeblu lokalnym, władze Warszawy mogłyby ograniczyć liczbę starych, importowanych pojazdów używanych na terenie miasta poprzez wprowadzenie wymogu, aby poruszające się po drogach pojazdy spełniały określone normy emisji spalin. Ograniczenie użytkowania pojazdów spełniających normy starsze niż Euro 4, które obecnie mają 17 lat lub więcej, pozwoliłoby wyeliminować pojazdy uznane za emitujące najwięcej zanieczyszczeń w grupie importowanych pojazdów używanych. Stopniowe wdrażanie tak restrykcyjnej polityki w dłuższej perspektywie zniechęciłoby właścicieli do zakupu importowanych pojazdów używanych, ponieważ spodziewaliby się oni dalszych ograniczeń w przyszłości.

Pojazdy, w odniesieniu do których identyfikacja klasy i normy emisji spalin nie była możliwa w Warszawie, były zazwyczaj starsze i charakteryzowały się wysoką średnią emisyjnością. Dlatego też, aby przedstawić dokładniejszy obraz emisji ze wszystkich pojazdów i zająć się nimi w sposób bardziej kompleksowy, ważne jest, aby pojazdy te były uwzględnione w bazie danych rejestrowych.

³⁶ Jorge Macias i in., "Policy Handbook for the Regulation of Imported Second-Hand Vehicles", dokument roboczy (Meksyk: Globalna Inicjatywa Na Rzecz Oszczędzania Paliwa (GFEL), czerwiec 2013).

³⁷ Macias i in.

STUDIUM PRZYPADKU: PORÓWNANIE RZECZYWISTYCH EMISJI Z POJAZDÓW W WARSZAWIE I BRUKSELI

W niniejszym rozdziale wyniki poprzedniego badania TRUE, w którym oceniono rzeczywiste emisje z floty brukselskiej, porównano z emisjami z floty warszawskiej. Badanie przeprowadzone w Brukseli stanowi ważny punkt porównawczy, szczególnie z uwagi na fakt, że choć struktura floty brukselskiej jest w dużej mierze reprezentatywna dla Europy Zachodniej, to w ramach przepisów unijnych obowiązują ją te same przepisy dotyczące emisji z nowych pojazdów, co flotę warszawską, co umożliwia bezpośrednie porównanie. Ponadto władze Brukseli wdrożyły różne strategie w zakresie zanieczyszczeń związanych z ruchem drogowym, takie jak strefa niskiej emisji (LEZ) i maksymalna granica wieku dla taksówek, które mogą służyć jako punkt odniesienia dla polityki transportowej Warszawy.

WARUNKI BADAŃ I CHARAKTERYSTYKA POJAZDÓW

W Tabeli 2 porównano warunki badań i ogólną charakterystykę floty pojazdów lekkich podczas dwóch kampanii teledetekcyjnych. W obu kampaniach – warszawskiej i brukselskiej – dokonano pomiarów porównywalnej liczby pojazdów w tym samym czasie przy użyciu podobnych instrumentów teledetekcyjnych. Jednak średnia temperatura otoczenia podczas warszawskiej kampanii badawczej była o 5 °C wyższa niż podczas kampanii brukselskiej. Ponadto pojazdy LDV badane w Warszawie wykazywały moc właściwą o 1 kW/t wyższą niż pojazdy LDV badane w Brukseli, ponieważ średnia

prędkość pojazdów LDV w Warszawie była o prawie 10 km/h wyższa niż prędkość pojazdów LDV w Brukseli.

Niższą średnią wieku brukselskich pojazdów lekkich można w dużej mierze przypisać obecności strefy niskiej emisji (LEZ), która obowiązuje w Brukseli od 2018 r. W czasie kampanii ograniczenia w ramach LEZ obejmowały pojazdy z silnikiem wysokoprężnym spełniające normy starsze niż Euro 4 oraz pojazdy z silnikiem benzynowym spełniające normy starsze niż Euro 2 i w próbie pojazdów lekkich w Brukseli zidentyfikowano niewiele takich pojazdów. Ograniczenia te są obecnie rozszerzane, tak aby obejmowały pojazdy zasilane olejem napędowym spełniające normę Euro 4, i oczekuje się, że do 2035 r. wprowadzone zostaną dalsze przepisy nakładające ograniczenia na wszystkie typy pojazdów.

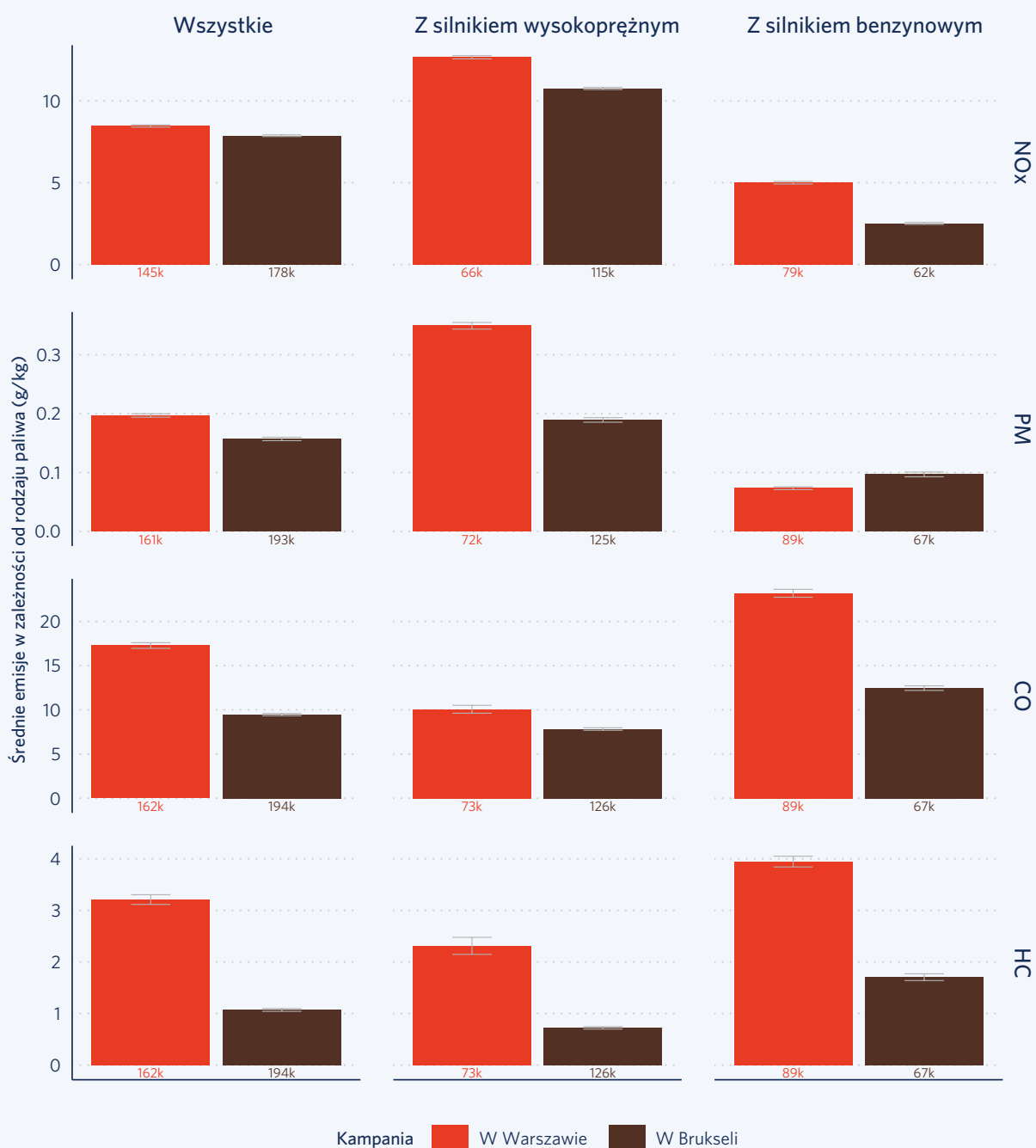
EMISJE Z POJAZDÓW LEKKICH

Zbadano rzeczywiste emisje NO_x, PM, CO i HC z pojazdów lekkich w Warszawie i Brukseli. Aby uzyskać pełniejszy obraz floty, badaniom poddano wszystkie pojazdy lekkie, a nie tylko samochody osobowe. Pojazdy lekkie napędzane paliwami innymi niż olej napędowy i benzyna stanowiły mniej niż 0,1% floty i dlatego zostały wyłączone z analizy. Rysunek 18 przedstawia średnie emisje z pojazdów LDV w obu miastach w podziale na rodzaj paliwa.

Analiza średnich emisji z floty pojazdów oraz emisji z podziałem na rodzaj paliwa pozwala zrozumieć, w jaki sposób skład floty wpływa na emisje w Warszawie i

Tabela 2. Porównanie warunków badań i ogólnej charakterystyki floty pojazdów lekkich w Warszawie i Brukseli.

	Warszawa	Bruksela
Data kampanii	wrzesień 2020 – październik 2020	październik 2020 – listopad 2020
Liczba lokalizacji pomiarowych	6	8
Instrument teledetekcyjny	Opus AccuScan™ RSD5500	Opus AccuScan™ RSD 5000 i RSD 5500
Liczba pomiarów i pojazdów	193 187 z 125 896 pojazdów	254 017 z 125 510 pojazdów
Wskaźnik dieselizacji	45%	65%
Średni wiek pojazdu (w chwili pomiaru)	8 lat	6 lat
Średnia temperatura otoczenia	24,4 °C	19,2 °C
Średnia moc właściwa pojazdu	11,1 kW/t	9,6 kW/t



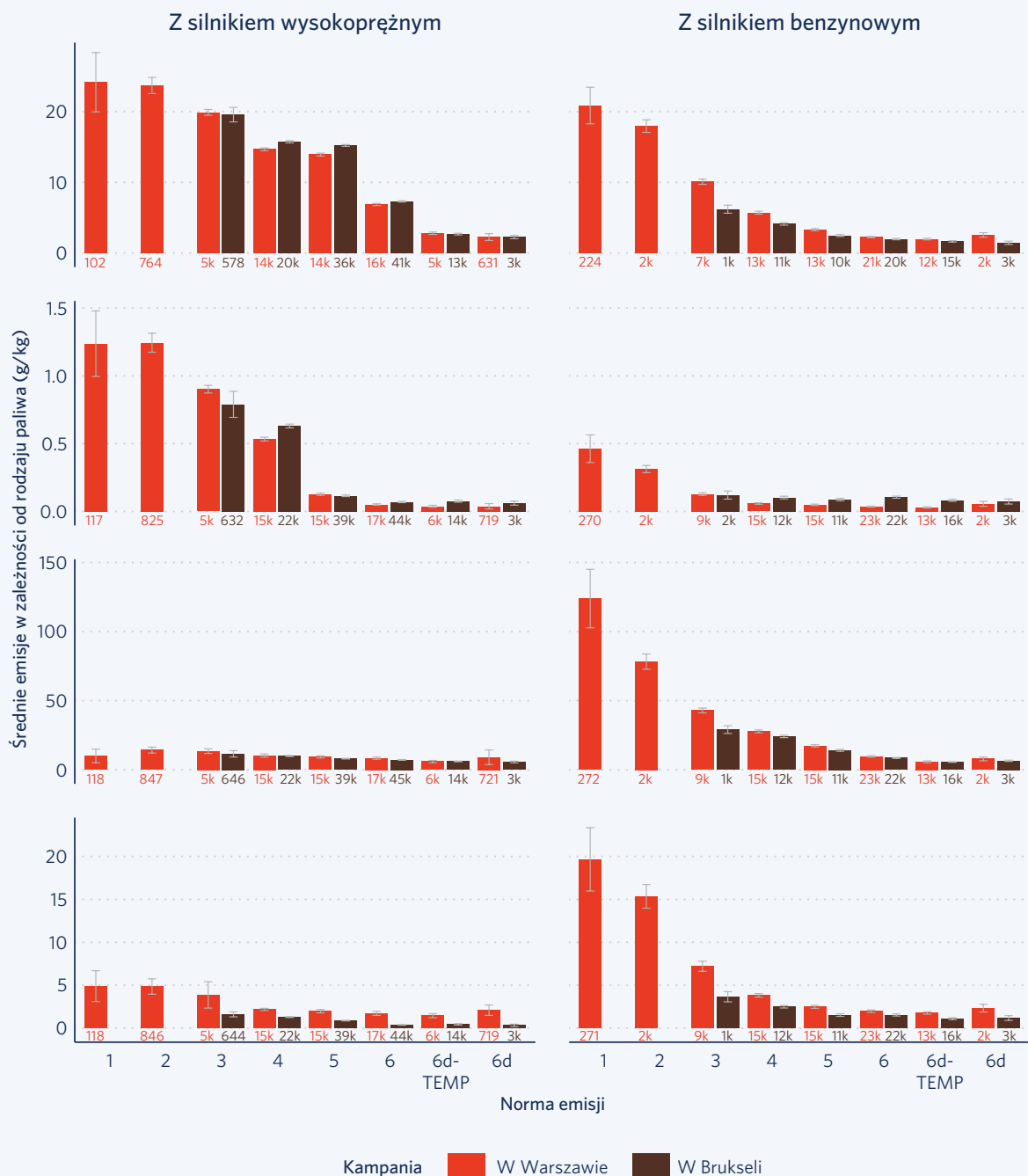
Rysunek 18. Średnie emisje NO_x, PM, CO i HC z pojazdów lekkich w Warszawie i Brukseli w zależności od rodzaju paliwa. Wąsy oznaczają 95% przedział ufności średniej.

Brukseli. Stwierdzono, że średnie emisje z warszawskich pojazdów LDV były wyższe w odniesieniu do wszystkich rodzajów zanieczyszczeń, przy czym największe różnice występowały w przypadku emisji CO i HC.

Średnie emisje NO_x warszawskiej floty były jednak tylko o 7% wyższe niż w Brukseli, mimo że warszawskie pojazdy z silnikami benzynowymi i wysokoprężnymi emitowały odpowiednio 1,2 i 2 razy więcej NO_x niż ich brukselskie

odpowiedniki. Wynika to głównie z faktu, że udział pojazdów z silnikiem wysokoprężnym w brukselskiej próbie pojazdów LDV był o 20% wyższy niż w próbie warszawskiej. Pojazdy z silnikami wysokoprężnymi w Brukseli emitują dwukrotnie więcej spalin niż pojazdy z silnikami benzynowymi, które są bardziej powszechne w Warszawie.

Podobnie, w przypadku warszawskich pojazdów z silnikiem wysokoprężnym średnie emisje PM dla danego rodzaju



Rysunek 19. Średnie emisje NO_x, PM, CO i HC dla floty w Warszawie i Brukseli w zależności od rodzaju paliwa i normy emisji spalin. Wąsy oznaczają 95% przedział ufności średniej. Pokazano tylko wyniki z co najmniej 100 pomiarów.

paliwa (0,35 g/kg) były prawie dwukrotnie wyższe niż w przypadku pojazdów z silnikiem wysokoprężnym w Brukseli (0,19 g/kg); różnica ta była mniejsza w przypadku średnich emisji PM dla całej floty, co również w dużej mierze wynika z większego udziału pojazdów z silnikiem wysokoprężnym we flocie brukselskiej. Wyniki te wskazują, że udział pojazdów z silnikiem wysokoprężnym we flocie jest ważnym czynnikiem wpływającym na jej średni poziom emisji NO_x i PM.

Jednak pojazdy lekkie badane w Warszawie charakteryzowały się średnim poziomem emisji CO i HC dla danego rodzaju paliwa, odpowiednio, prawie dwa i trzy razy wyższy niż pojazdy lekkie badane w Brukseli. Wyniki te można wytłumaczyć większym udziałem pojazdów benzynowych w warszawskim taborze, które zwykle emitują więcej CO i HC.

Rysunek 19 przedstawia średnie emisje wszystkich czterech zanieczyszczeń z pojazdów LDV w zależności od rodzaju paliwa, z podziałem na normy emisji spalin, co dodatkowo wyjaśnia, dlaczego pojazdy warszawskie miały wyższe emisje NO_x i PM niż pojazdy brukselskie. Pojazdy emitujące duże ilości NO_x i PM, takie jak pojazdy z silnikiem wysokoprężnym spełniające normę Euro 4 i pojazdy z silnikiem benzynowym spełniające normę Euro 2, są rzadko spotykane w brukselskiej flocie ze względu na ograniczenia obowiązujące w strefie niskiej emisji. Ponadto w Brukseli pojazdy benzynowe nie są tak powszechne jak pojazdy z silnikiem Diesla, a większość dostępnych pojazdów benzynowych spełnia normy Euro 4 lub wyższe i charakteryzuje się znacznie niższymi średnimi emisjami NO_x i PM w porównaniu do ich odpowiedników z silnikiem Diesla.

Stwierdzenie, że warszawskie pojazdy benzynowe spełniające normy starsze niż Euro 5 wykazują ogólnie wyższą średnią emisję NO_x, ale niższą średnią emisję PM niż porównywalne pojazdy w Brukseli, może wskazywać na to, że w warszawskiej flocie benzynowej istnieje pewna liczba pojazdów przystosowanych do zasilania LPG. Badania wykazały, że pojazdy zasilane LPG emitują więcej NO_x, CO i HC niż pojazdy zasilane benzyną.³⁸ Ponadto doposażenie pojazdów w instalacje LPG bazujące na istniejącej konstrukcji sterowania silnikiem mogą prowadzić do nieoptymalnego stosunku powietrza do paliwa w katalizatorze trójdrożnym odpowiedzialnym za kontrolę emisji NO_x, CO i HC. Spalanie gazu prowadzi jednak zazwyczaj do niższych masowych emisji pyłu zawieszonego.

Założenie to potwierdzają wyższe niż w Brukseli średnie poziomy emisji CO i HC oznaczone w Warszawie z pojazdów benzynowych spełniających normy Euro 3 i Euro 4.³⁹ Różnice w średnich emisjach CO i HC pomiędzy obiema flotami wynikają jednak w dużej mierze z obecności w warszawskiej flocie pojazdów benzynowych spełniających normy starsze niż Euro 3, które emitują – odpowiednio – trzy i osiem razy więcej CO i HC niż pojazdy benzynowe z grupy Euro 3 o najgorszych parametrach we flocie brukselskiej. Pokazuje to znaczenie brukselskiej strefy LEZ, która prawdopodobnie odegrała dużą rolę w usunięciu z brukselskiej floty pojazdów benzynowych

spełniających normę Euro 1, które wykazują najwyższe średnie emisje HC i CO.

WPŁYW NA POLITYKĘ

Porównanie dowodzi, że strefa niskiej emisji wprowadzona w Brukseli może być skutecznym narzędziem polityki ograniczania emisji spalin z pojazdów również w Warszawie. Nasze wyniki pokazują, że strefa LEZ w Brukseli okazała się skuteczna w usuwaniu z floty najbardziej emisyjnych grup pojazdów, takich jak pojazdy z silnikiem wysokoprężnym sprzed normy Euro 4 i pojazdy z silnikiem benzynowym sprzed normy Euro 2.⁴⁰ Chociaż dane wskazują na pewną obecność pojazdów z silnikiem wysokoprężnym według normy Euro 3, których średnie emisje NO_x i PM były najwyższe w brukselskiej flocie, wyjątkowo niska frakcja tych pojazdów sprawia, że ich udział w całkowitej emisji jest raczej niewielki.

Jeśli chodzi o emisje NO_x i PM, Warszawa mogłaby w dużym stopniu skorzystać z wprowadzenia podobnych ograniczeń, ponieważ stare pojazdy z silnikami wysokoprężnymi w znacznym stopniu przyczyniają się do emisji NO_x i PM z pojazdów LDV w Warszawie. Pozostaje jednak duża liczba pojazdów benzynowych spełniających starsze normy, które emitują nieproporcjonalnie duże ilości zanieczyszczeń. Te grupy pojazdów emitują także CO i HC na poziomie niespotykanym w żadnej grupie pojazdów w Brukseli. Dlatego też potraktowanie w sposób priorytetowy wycofywania z ruchu pojazdów benzynowych i wysokoprężnych spełniających normy starsze niż Euro 4 byłoby ważne dla warszawskiej polityki dotyczącej strefy czystego transportu.

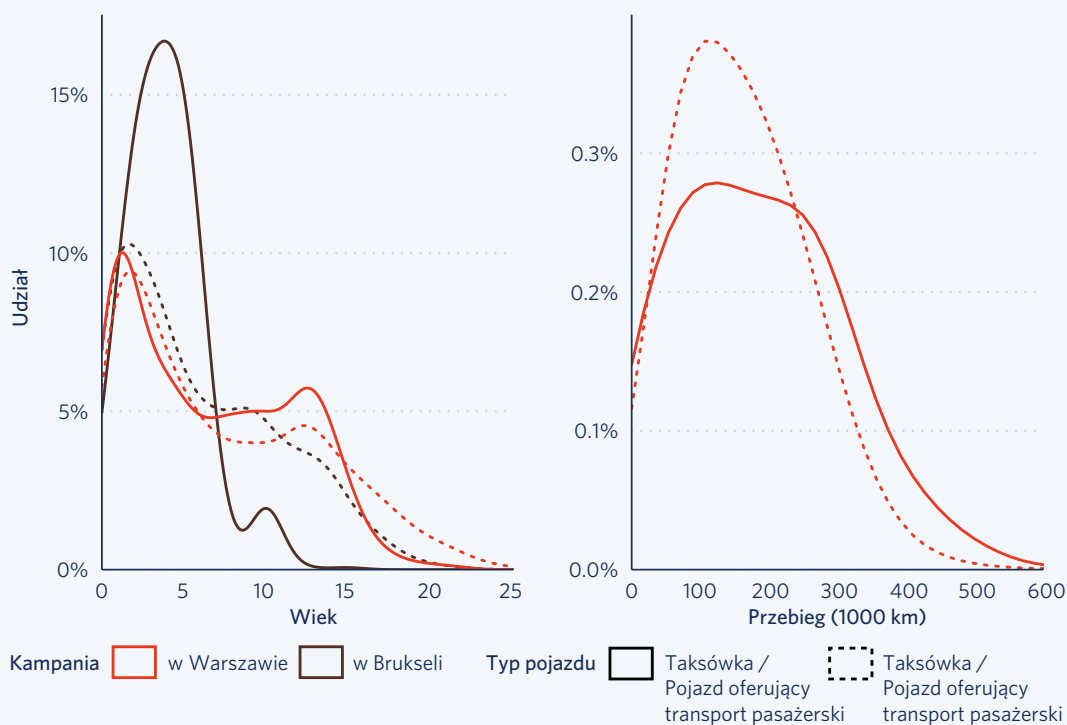
Inną ważną kwestią dla strefy czystego transportu w Warszawie jest objęcie związanymi z nią ograniczeniami również pojazdów przystosowanych do zasilania LPG. Wcześniejsza propozycja nowelizacji dotycząca stref czystego transportu wskazywała na możliwość objęcia przepisami również pojazdy zasilane LPG.⁴¹ Mimo że ustawa o elektromobilności nie zwalnia pojazdów zasilanych LPG z ograniczeń, to ich wyłączenie z obowiązujących przepisów jest nadal możliwe dla szczeblu lokalnym. Ponieważ w Polsce stare pojazdy benzynowe można łatwo i tanio doposażyć w instalacje LPG, takie wyłączenie mogłoby zachęcać kierowców do korzystania

38 Merkisz i Pielecha, "Gasoline and LPG Vehicle Emission Factors in a Road Test".

39 Udział pojazdów przystosowanych do zasilania LPG w warszawskiej próbie pojazdów benzynowych jest nieznaną, co prowadzi do braku pewności co do dokładnej wielkości emisji HC mierzonej technikami teledetekcyjnymi. Rodzaje węglowodorów emitowane przez pojazdy przystosowane do zasilania LPG są zwykle lepiej wychwytywane przez instrumenty teledetekcyjne niż te emitowane przez pojazdy benzynowe (Dokument wewnętrzny OPUS, "Review of infrared response for various fuels and exhaust emissions").

40 Bernard i in., "Evaluation of Real-World Vehicle Emissions in Brussels".

41 "Projekt ustawy o zmianie ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych," Dziennik Ustaw z 2020 r. poz. 908 i Artykuł 39 (2018), <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20180000317/U/D20180317Lj.pdf>.



Rysunek 20. Rozkład wiekowy warszawskich taksówek, innych pojazdów w Warszawie oraz brukselskich taksówek i pojazdów oferujących transport pasażerski (po lewej stronie) oraz udział przebiegu zarejestrowanego dla taksówek i innych pojazdów w Warszawie (po prawej stronie).

ze starych pojazdów benzynowych zamiast z ich nowszych, bardziej ekologicznych odpowiedników.

EMISJE Z TAKSÓWEK

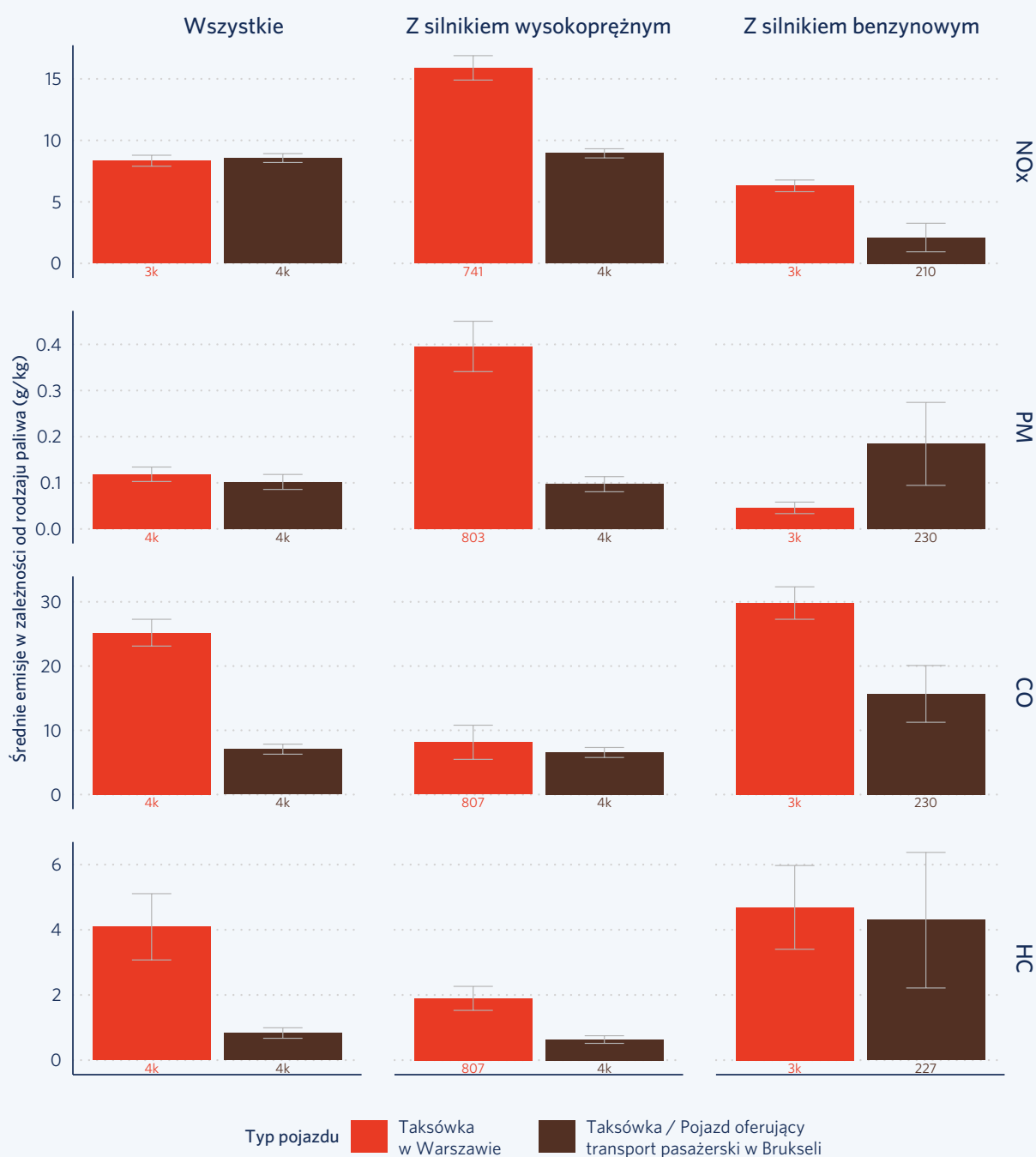
W niniejszym rozdziale przedstawiono porównanie emisji z taksówek w Warszawie oraz z pojazdów taksówkarskich i oferujących transport pasażerski w Brukseli. Próba warszawskich pojazdów lekkich obejmuje 5 208 pomiarów z 3 080 zarejestrowanych taksówek, jednak nie udało się zidentyfikować pojazdów oferujących transport pasażerski, w związku z czym nie zostały one uwzględnione w analizie. Liczba pomiarów uzyskanych dla taksówek stanowi 2,7% całej floty pojazdów LDV, czyli tyle samo, ile wynosi udział taksówek i pojazdów oferujących transport pasażerski w brukselskiej flocie.

Taksówki są ważnym źródłem emisji w miastach ze względu na częstotliwość ich używania i pokonywane odległości. W obu miastach zmierzony średni wiek taksówek i pojazdów oferujących transport pasażerski był niższy niż innych pojazdów. Średni wiek taksówek w Warszawie wynosił 7 lat, czyli o ponad rok mniej niż innych pojazdów w Warszawie. Jednak ich średni przebieg był o ponad 20 000 km większy niż innych warszawskich pojazdów LDV, co wskazuje, że taksówki są powszechnym źródłem transportu w mieście. Po prawej stronie na

Rysunku 20 pokazano, że w porównaniu z innymi pojazdami w Warszawie, większy odsetek taksówek ma przebieg przekraczający 300 000 km.

Taksówki w Warszawie są również starsze w porównaniu z taksówkami i innymi pojazdami oferującymi transport pasażerski w Brukseli. Taksówki w Warszawie są średnio o trzy lata starsze od taksówek w Brukseli, w przypadku których średni wiek to cztery lata. Niższa średnia wieku taksówek i pojazdów oferujących transport pasażerski w Brukseli jest prawdopodobnie spowodowana 7-letnim limitem wiekowym, który miasto wprowadziło w celu ograniczenia emisji z tych intensywnie eksploatowanych pojazdów. Ponadto zdecydowana większość taksówek w Warszawie (77%) jest napędzana benzyną, podczas gdy 94% taksówek w Brukseli to pojazdy z silnikiem wysokoprężnym.

Na Rysunku 21 przedstawiono wyniki odnoszące się do emisji z taksówek w Warszawie oraz taksówek i pojazdów oferujących transport pasażerski w Brukseli. Pomimo znacznie niższej średniej wieku taksówek i pojazdów oferujących transport pasażerski w Brukseli, dla obu miast wykazano porównywalne poziomy średnich emisji NO_x i PM w przeliczeniu na flotę. Chociaż 96% brukselskich taksówek spełnia normę Euro 5 lub wyższą i pomimo limitu wiekowego, przewaga taksówek z silnikiem Diesla we flocie, które emitują ponad 42% więcej NO_x i ponad



Rysunek 21. Średnie emisje NO_x, PM, CO i HC z taksówek w Warszawie oraz taksówek i pojazdów oferujących transport pasażerski w Brukseli w zależności od rodzaju paliwa. Wąsy oznaczają 95% przedział ufności średniej.

dwukrotnie więcej PM niż taksówki benzynowe w Warszawie, ma duży wpływ na średnie emisje we flocie.

Jednak warszawskie taksówki wypadają znacznie gorzej pod względem rodzaju paliwa, co w dużej mierze wynika z ich starszego wieku. Warszawske taksówki z silnikiem wysokoprężnym emitują znacznie więcej NO_x i PM, ponieważ większość z nich spełnia normy niższe

niż Euro 6. Starsze pojazdy benzynowe certyfikowane poniżej normy Euro 5 odpowiadają również za jedne z najwyższych emisji CO i HC z warszawskich taksówek. Natomiast znacząco niski poziom średniej emisji PM z taksówek benzynowych w Warszawie może wskazywać na pewien udział warszawskich taksówek benzynowych przystosowanych do zasilania LPG.



Rysunek 22. Maksymalny potencjał redukcji emisji NO_x, PM, CO i HC wynikający z 7-letniego limitu wiekowego dla taksówek według rodzaju paliwa.

Ponieważ większość warszawskich wysokoemisyjnych taksówek to pojazdy spełniające starsze normy emisji spalin, które to pojazdy rzadko spotyka się we flocie brukselskich taksówek, władze Warszawy mogłyby osiągnąć znaczne korzyści w zakresie emisji zanieczyszczeń poprzez wprowadzenie takiego samego limitu wiekowego dla swoich taksówek. Rysunek 22 ilustruje szacowany wpływ na emisje, gdyby w Warszawie zastosowano taki sam 7-letni limit wiekowy, jaki obowiązuje w Brukseli. Z uwagi na fakt, że w analizie emisji właściwych dla rodzaju paliwa nie uwzględniono różnic w efektywności paliwowej, wyniki przedstawiono w podziale na poszczególne rodzaje paliwa. Pokazujemy, że gdyby takie same przepisy zostały zastosowane w odniesieniu do taksówek w Warszawie, 43% taksówek, które obecnie odpowiadają za znaczną część emisji, nie byłoby dopuszczonych do ruchu. Gdyby pojazdy te zastąpić pojazdami alternatywnymi o zerowej emisji, obecna emisja wszystkich zanieczyszczeń z taksówek w Warszawie zmniejszyłaby się minimalnie o blisko 60%. Zastąpienie tych pojazdów najlepszymi dostępnymi pojazdami z silnikami benzynowymi lub wysokoprężnymi spełniającymi normę Euro 6d również przyniosłoby znaczne korzyści.

Jak wspomniano powyżej, ustanowienie limitu wiekowego dotyczyłoby ponad 40% taksówek jeżdżących obecnie po Warszawie i dlatego polityka ta powinna być wprowadzana stopniowo, z uwzględnieniem odpowiednich terminów. Uzupełnienie tej polityki o inne rozwiązania, zapewniające

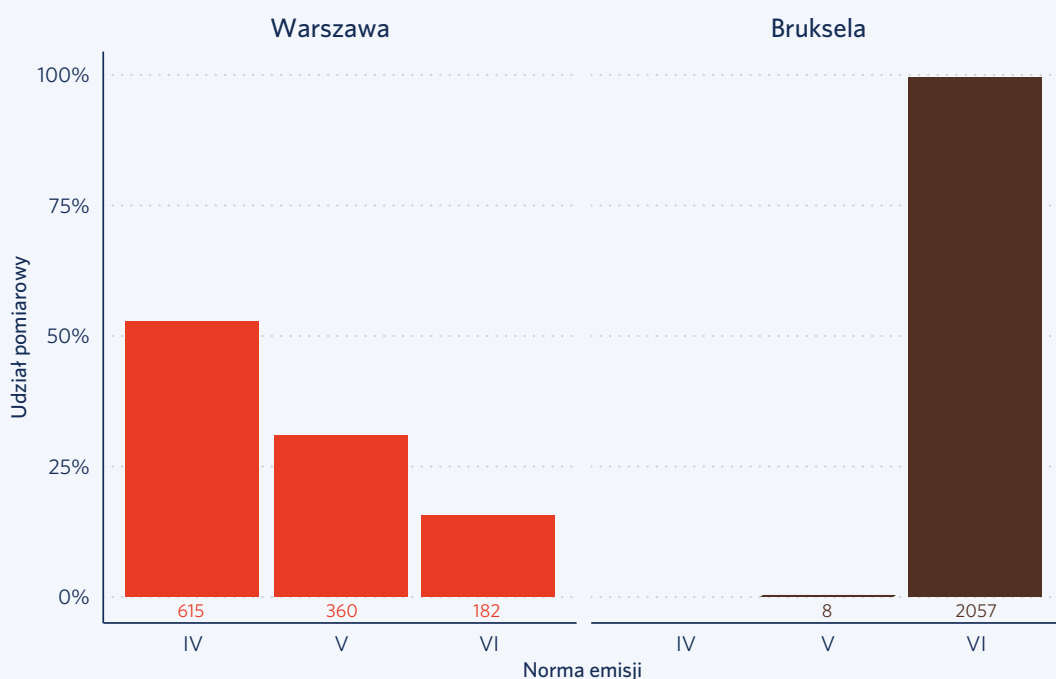
taksówkarzom wsparcie finansowe i odpowiedni czas na dostosowanie się, gwarantowałoby jej sprawiedliwe wdrażanie. Na przykład, w Londynie przez trzy lata stopniowo ograniczono liczbę taksówek z ponad 15-letnich do 12-letnich, dając taksówkarzom wystarczająco dużo czasu na dostosowanie się do nowych przepisów.

EMISJE Z AUTOBUSÓW

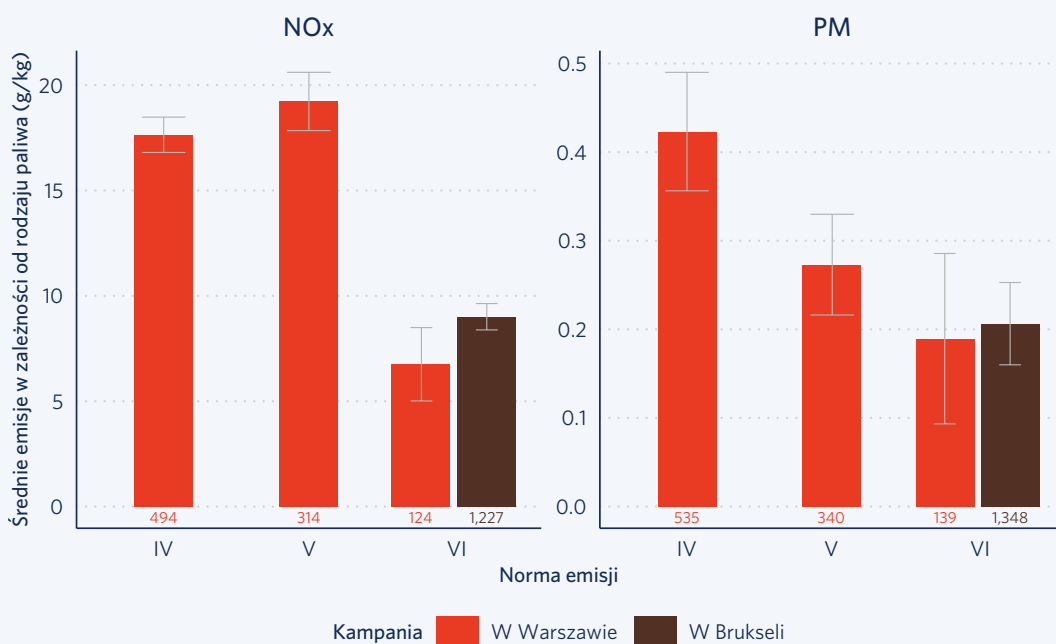
W tej części skupiono się wyłącznie na autobusach miejskich badanych w Warszawie i Brukseli, ponieważ około 95% pomiarów w Warszawie dotyczyło właśnie autobusów miejskich. Autobusy miejskie są ważnym celem, jeśli chodzi o redukcję emisji nie tylko dlatego, że są to pojazdy o wysokim zużyciu paliwa, ale także dlatego, że ich zamówienia są często realizowane w dużych ilościach, na co władze mają niewielki wpływ.

W ramach kampanii w Warszawie zebrano 1178 pomiarów z 253 pojazdów, co jest liczbą porównywalną z wynikami pomiarów w Brukseli (2067 z 230 pojazdów). Badaniem objęto wyłącznie autobusy z silnikiem wysokoprężnym, ponieważ stanowiły one całą flotę autobusową w Brukseli i wszystkie autobusy w Warszawie z wyjątkiem ośmiu pojazdów.

Rysunek 23 przedstawia udział autobusów miejskich według norm emisji w Warszawie i Brukseli. Niemal wszystkie autobusy miejskie w próbie brukselskiej spełniały normę Euro VI, podczas gdy autobusy będące



Rysunek 23. Udziały pomiarowe autobusów w Warszawie i Brukseli w poszczególnych próbach według norm emisji.




Rysunek 24. Średnie emisje NO_x i PM dla danego rodzaju paliwa z autobusów miejskich w Warszawie i Brukseli według norm emisji. Wąsy oznaczają 95% przedział ufności średniej. Pokazano tylko wyniki odnoszące się do autobusów, dla których uzyskano ponad 10 pomiarów.

przedmiotem badania w Warszawie spełniały normy Euro IV, Euro V i Euro VI. Autobusy miejskie w Warszawie spełniające normy Euro IV i V stanowiły 83% badanej floty. Należy jednak zauważyć, że próbka brukselska nie była w pełni reprezentatywna dla floty autobusów miejskich w Brukseli ze względu na tendencyjność próby; główna

spółka obsługująca transport publiczny w Brukseli, Société des Transports Intercommunaux de Bruxelles (STIB), potwierdziła, że we flocie autobusów miejskich występują również autobusy spełniające normy Euro IV i V.

Ze względu na możliwą tendencyjność prób autobusów miejskich, w niniejszym opracowaniu nie porównano emisji



z całej floty autobusów miejskich w tych dwóch miastach. Rysunek 24 przedstawia wyniki dotyczące emisyjności autobusów miejskich spełniających różne normy emisji. W szczególności pokazuje on, że autobusy spełniające normę Euro 6 osiągnęły znaczną redukcję emisji NO_x i PM w stosunku do swoich poprzedników. Warszawskie autobusy z grupy Euro VI są odpowiedzialne za około 35% emisji NO_x i 70% emisji PM w porównaniu do emisji z autobusów z grupy Euro V.

Szczególnie wysoki udział autobusów spełniających normy wcześniejsze niż Euro VI w warszawskim taborze autobusowym oraz ich ponadprzeciętne średnie emisje NO_x i PM wymagają podjęcia działań ograniczających ich eksploatację. Nowsze autobusy, takie jak te, które spełniają normę Euro VI, osiągają znacznie lepsze wyniki pod względem emisji, ale nie są porównywalne z alternatywami o zerowej emisji, takimi jak autobusy elektryczne. Niedawno uchwalona nowelizacja ustawy o elektromobilności wymaga, by wszystkie nowe autobusy zamawiane w polskich miastach powyżej 100 tys. mieszkańców były autobusami elektrycznymi.⁴² Ponadto jako że polski krajowy plan odbudowy zakłada bardziej powszechne stosowanie autobusów elektrycznych, zastąpienie wysokoemisyjnych autobusów spełniających normy Euro IV i Euro V autobusami elektrycznymi jest wysoce zalecane jako rozwiązanie długoterminowe.⁴³

42 Projekt ustawy o zmianie ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych.

43 Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej, "Krajowy Plan Odbudowy", 30 kwietnia 2021, <https://www.gov.pl/web/planodbudowy/kpo-wyslany-do-komisji-europejskiej>.

WPŁYW NA POLITYKĘ I ZALECENIA

Poznanie rzeczywistych emisji z pojazdów w mieście może pomóc w zidentyfikowaniu ważnych tendencji lokalnych, które z kolei mogą posłużyć do opracowania odpowiedniej i skutecznej polityki w zakresie emisji wynikających z ruchu drogowego. W oparciu o naszą ocenę rzeczywistych emisji, przedstawiamy propozycję konkretnych zaleceń w zakresie polityki odnoszących się do trzech następujących obszarów: ustanowienie strefy czystego transportu, która mogłaby przyspieszyć usuwanie najstarszych i najbardziej emisyjnych pojazdów z warszawskiej floty samochodów; zajęcie się nieproporcjonalnie dużym wpływem importowanych pojazdów używanych na emisję zanieczyszczeń; oraz ograniczenie ryzyka związanego z rosnącym udziałem pojazdów przystosowanych do zasilania LPG w emisji zanieczyszczeń.

STREFA CZYSTEGO TRANSPORTU

W Warszawie toczą się obecnie dyskusje na temat utworzenia strefy czystego transportu. Idea strefy czystego transportu jest jednak w kraju dość nowa, a jej szczegóły nie są jeszcze powszechnie znane. W naszym opracowaniu przeanalizowaliśmy rzeczywiste emisje NO_x , PM, CO i HC w Warszawie, aby zidentyfikować grupy pojazdów o wysokiej emisyjności, którym można by nadać priorytet w zakresie ograniczeń.

Ogólnie rzecz biorąc, zdecydowanie zaleca się natychmiastowe wycofanie z ruchu pojazdów certyfikowanych poniżej normy Euro 4, niezależnie od rodzaju paliwa. Pojazdy te mają ponad 15 lat i emitują nieproporcjonalnie dużo zanieczyszczeń w stosunku do ich udziału w ruchu drogowym. Ograniczenie emisji CO i HC wynikające z wyłączenia tych pojazdów z ruchu byłoby szczególnie znaczące. Nasza analiza wykazała, że pojazdy benzynowe spełniające normę Euro 3 lub niższą odpowiadały za 38% całkowitej emisji CO i 35% całkowitej emisji HC, stanowiąc jednocześnie 11% wszystkich pomiarów. W ramach zaproponowanej polityki zakazano by również stosowania pojazdów o największej emisji NO_x i PM, czyli pojazdów z silnikiem wysokoprężnym z grup od Euro 1 do Euro 3, które obecnie odpowiadają za 18% emisji NO_x i 37% emisji PM.

Korzyści wynikające z ograniczenia użytkowania starych pojazdów mogłyby być jeszcze większe, ponieważ ich wiek oznacza, że są eksploatowane po upływie wymaganego okresu trwałości emisji. Nasze wyniki pokazują, że pojazdy eksploatowane poza okresem trwałości charakteryzują się podwyższonym poziomem emisji, a ich parametry emisyjne pogarszają się wraz z rosnącym przebiegiem. Co więcej, takie ograniczenia spowodowałyby prawdopodobnie większą redukcję emisji niż przewidywano w badaniu, ponieważ pojazdy LDV, których typu nie zidentyfikowano i o podwyższonej emisji to najprawdopodobniej stare samochody osobowe nieuwzględnione w tym badaniu.

Rozszerzając ograniczenia na pojazdy z grupy Euro 4 i Euro 5 z silnikami wysokoprężnymi, warszawskie władze mogłaby w jeszcze większym stopniu wyeliminować z floty pojazdy emitujące duże ilości NO_x i PM. Pojazdy z silnikami wysokoprężnymi spełniające normy Euro 4 i Euro 5, które stanowią 13% wszystkich samochodów osobowych, są dwoma z najważniejszych czynników odpowiedzialnych za emisję NO_x , a ich łączny udział w emisji NO_x wynosi 27%. Samochody z silnikiem wysokoprężnym według normy Euro 4 również nieproporcjonalnie przyczyniają się do emisji PM, odpowiadając za ponad 20% całkowitej ich emisji. Dla porównania, w ramach stref niskiej emisji w innych miastach europejskich już zakazano (Londyn) lub planuje się zakazać do 2025 r. (Bruksela i Paryż) stosowanie pojazdów z silnikiem Diesla spełniających normy Euro 4 i Euro 5.

Pojazdy przystosowane do zasilania LPG, które często są pojazdami benzynowymi sprzed normy Euro 5, oraz inne pojazdy zasilane LPG nie powinny być zwolnione z ograniczeń. Wbrew temu, co się powszechnie uważa, pojazdy napędzane LPG nie są ekologiczne; emitują one mniej cząstek stałych zawieszonych w gazie (PM), ale mogą nadal odpowiadać za emisję dużej liczby cząstek stałych (PN), które są szkodliwe dla ludzkiego zdrowia. W szczególności zaobserwowano, że pojazdy wyposażone w instalację LPG emitują w warunkach rzeczywistych 3,7 razy więcej cząstek stałych niż wynosi dopuszczalny poziom emisji określony w homologacji typu.⁴⁴ Ponadto ograniczenie przystosowywania pojazdów do zasilania LPG mogłoby pomóc zmniejszyć liczbę pojazdów benzynowych sprzed normy Euro 5, które często się importuje i doposaża w instalację LPG.

44 A. Kontses i in., "Particle Number (PN) Emissions from Gasoline, Diesel, LPG, CNG and Hybrid-Electric Light-Duty Vehicles under Real-World Driving Conditions", *Atmospheric Environment*, listopad 2019, 117126, <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2019.117126>.

OGRANICZENIE IMPORTU POJAZDÓW UŻYWANYCH

Z naszych danych wynika, że pojazdy importowane poruszające się po Warszawie to w ponad 99% pojazdy używane, które emitują znacznie więcej NO_x, PM, CO i HC niż pojazdy krajowe. Władze Warszawy mogłyby rozwiązać problem emisji z importowanych pojazdów używanych poprzez zastosowanie jednolitych ograniczeń opartych na normach emisji dla pojazdów zasilanych wszystkimi rodzajami paliwa, w tym LPG, co byłoby prostszym i szybszym podejściem niż działania ogólnokrajowe. Taka polityka mogłaby również częściowo rozwiązać problem emisji PN, CO i HC z pojazdów przystosowanych do zasilania LPG, ponieważ pojazdy benzynowe są często importowane z myślą o ich doposażeniu w instalację LPG.

Bardziej kompleksowa polityka ogólnokrajowa, np. ograniczenia wiekowe dla importowanych pojazdów, programy złomowania, programy dotyczące opodatkowania lub zachęty finansowe mające na celu wybór pojazdów o mniejszej emisyjności, pomogłaby bardziej bezpośrednio ograniczyć liczbę importowanych

pojazdów używanych. Taka polityka może również pomóc w promowaniu sprawiedliwego przejścia na transport niskoemisyjny lub bezemisyjny, zniechęcając osoby o niskich dochodach do zakupu starych pojazdów używanych i ułatwiając wymianę starych pojazdów na pojazdy nowsze i bardziej ekologiczne.

PRZYSTOSOWANIE POJAZDÓW DO ZASILANIA LPG

Chociaż dokładna liczba pojazdów wyposażonych w instalację LPG w warszawskiej flocie nie jest znana, podwyższone emisje NO_x, CO i HC zaobserwowane w porównaniu z emisjami z taboru brukselskiego oraz z innych źródeł potwierdzają, że w warszawskiej flocie występują pojazdy przystosowane do zasilania LPG. Ponieważ w praktyce fakt doposażenia pojazdu w instalację LPG nie jest w Polsce odnotowywany w danych rejestracyjnych, dokładna liczba pojazdów przystosowanych do zasilania LPG nie była dostępna. Aby zbadać wpływ doposażania pojazdów w instalacje LPG na emisje, należy wprowadzić i egzekwować odpowiednią metodę monitorowania, na przykład w ramach programu okresowych przeglądów technicznych.



TRUE—The Real Urban Emissions Initiative
FIA Foundation, 60 Trafalgar Square, London WC2N 5DS, United Kingdom
For more information contact: true@fiafoundation.org
[@TRUE_Emissions](https://twitter.com/TRUE_Emissions)
www.trueinitiative.org