

# Raport

## Pomiary Zdalne Emisji Spalin

### KRAKÓW

### Lipiec 2019

<b>Wykonawca:</b>	Turbospec sp. z o.o. 37-111 Rakszawa 439 Telefon: +48 509 879 642
<b>Zamawiający:</b>	Gmina Miejska Kraków Plac Wszystkich Świętych 3-4 31-004 Kraków
<b>Data</b>	28/11/2019
<b>Numer referencyjny dokumentu:</b>	Ver. 5 PomiaryRSD_Kraków2019

#### Rewizja:

Wersja	Data	Sekcja	Komentarz
1	16/08/2019	Wszystkie	Wydanie 1 (raport dla pojazdów EUR5 oraz EUR6)
2	15/09/2019	Wszystkie	Wydanie 2 (aktualizacja raportu o pojazdy spełniające normy EUR1, EUR2, EUR3, EUR4. Parametry techniczne przyporządkowane dla 48352 pojazdów )
3	23/09/2019	Wszystkie	Wydanie 3 (Parametry techniczne przyporządkowane dla 91602 pojazdów )
4	08/11/2019	Wszystkie	Wydanie 4 (Aktualizacja o analizy emisji CO2)
5	28/11/2019	5, 6, 7, 8, 9, 10, 11	Zaktualizowany o nowe kryteria wskazane przez klienta w celu oszacowania Euro Standard



# 1 Index

<b>1. Cel opracowania .....</b>	<b>3</b>
<b>2 Opis technologii RSD (Remote Sensing Device) .....</b>	<b>3</b>
2.1 Elementy składowe systemu RSD .....	4
2.2 Typowe rozmieszczenie elementów systemu RSD na drodze .....	5
2.3 Opis metodologii pomiarów .....	6
2.4 Walidacja pomiarów .....	9
2.5 Zapisy kalibracji .....	10
<b>3 Lokalizacje pomiarowe .....</b>	<b>11</b>
<b>4 Ilość zebranych pomiarów .....</b>	<b>12</b>
<b>5 Statystyka zmierzonej floty pojazdów .....</b>	<b>13</b>
5.1 Statystyka Liczbowa .....	14
5.2 Przyporządkowanie brakujących danych technicznych .....	14
5.3 Charakterystyka struktury pojazdów .....	16
5.4 Jednostki pomiarowe i ich konwersja .....	24
<b>6 Podsumowanie emisji z pojazdów .....</b>	<b>24</b>
<b>7 Analiza emisji NOx .....</b>	<b>27</b>
7.1 Analiza NOx pochodzących z samochodów osobowych .....	28
7.2 Analiza NOx dla lekkich pojazdów dostawczych .....	30
7.3 Emisja NOx z ciężarówek .....	33
7.4 Emisja NOx z autobusów .....	35
<b>8 Analiza emisji cząsteczek stałych PM .....</b>	<b>37</b>
8.1 Emisja cząsteczek PM przez pojazdy osobowe .....	38
8.2 Emisja cząsteczek PM przez lekkie pojazdy dostawcze LDV .....	39
8.3 Emisja cząsteczek stałych z ciężarówek .....	40
8.4 Emisja PM z autobusów .....	41
<b>9 Analiza emisji CO .....</b>	<b>42</b>
9.1 Emisja CO z pojazdów osobowych .....	43
9.2 Emisja CO z lekkich pojazdów dostawczych LDV .....	44
9.3 Emisja CO z ciężarówek .....	45
9.4 Emisja CO z autobusów .....	46
<b>10 Analiza emisji HC .....</b>	<b>47</b>
10.1 Emisja HC z pojazdów osobowych .....	49
10.2 Emisja HC z lekkich pojazdów dostawczych LDV .....	50
10.3 Emisja HC z ciężarówek .....	51
10.4 Emisja HC z autobusów .....	52
<b>11 Analiza emisji CO<sub>2</sub> .....</b>	<b>53</b>
<b>12 Emisje w poszczególnych lokalizacjach pomiarowych .....</b>	<b>55</b>
<b>13 Wnioski .....</b>	<b>56</b>

## AKRONIMY

GAS-CNG	Sprężony Gaz Ziemny
PETROL	Benzyna
DIESEL	Olej napędowy
LPG	Gaz Płynny Propan-Butan
PC	Samochód Osobowy
LDV	Lekki pojazd dostawczy
HDV	Ciężki pojazd dostawczy
L	Motocykle (Klasyfikacja Unece)
M1	Pojazdy do przewozu osób (Klasyfikacja Unece)
M2, M3	Pojazdy do przewozu osób mające więcej niż 8 miejsc oprócz kierowcy
N1-I	Małe pojazdy zaprojektowane i wykonane do przewozu ładunków i mające maksymalną masę całkowitą nieprzekraczającą 1305Kg (Klasyfikacja Unece)
N1-II	Średnie pojazdy zaprojektowane i wykonane do przewozu ładunków i mające maksymalną masę całkowitą w przedziale 1305-1760kg (Klasyfikacja Unece)
N1-III	Duże pojazdy zaprojektowane i wykonane do przewozu ładunków i mające maksymalną masę całkowitą w przedziale 1760- 3500 (Klasyfikacja Unece)
N2, N3	Pojazdy zaprojektowane i wykonane do przewozu ładunków i mające maksymalną masę całkowitą przekraczającą 3,5 t (Klasyfikacja Unece)
RSD	Urządzenie do zdalnego pomiaru emisji spalin
VSP	Chwilowa Moc Pojazdu
HE	Pojazdy z wysokim poziomem emisji substancji szkodliwych
SDM	Source/Detector Module – moduł emitujący wiązkę laserową z detektorami
CCM	Corner Cube Mirror- zwierciadło odbijające wiązkę laserową
HE	High Emitter – Pojazd o bardzo wysokiej emisji szkodliwych
CLEAN	Pojazd o normatywnej emisji spalin
Private Buses	Autobusy Prywatne
Public Buses	Autobusy Publiczne
Other Buses	Inne Autobusy

## 1. CEL OPRACOWANIA

Celem tego dokumentu jest opis prac wykonanych przez Turbospec sp. z o.o. wykorzystujących technologię Opus RSE, zastosowanej metodologii i głównych wniosków dotyczących rzeczywistych emisji pojazdów użytkowanych na drogach w Krakowie w czerwcu 2019r. Wnioski przedstawione w poniższym studium zawierają szczegółową charakterystykę struktury pojazdów pod względem rzeczywistej emisji spalin.

Urządzenia do teledetekcji Opus (RSD) zostały wykorzystane do wykonania pomiarów drogowych emisji spalin. Pomiary zostały wykonane w dniach 10-15.06.2019r., 17-21.06.2019 r., 24-28.06.2019 r., 01.07.2019 r.

W trakcie trwania etapu II zbierania danych, wykonano 103840 poprawnych pomiarów, nad którymi prowadzone są dalsze prace analityczne przedstawione w niniejszym opracowaniu (etap III). Z przyczyn obiektywnych liczba dni pomiarowych, w czasie których uzyskano min. 100000 próbek uznanych przez Zamawiającego jako ważne wyniosła 16 dni.

## 2 OPIS TECHNOLOGII RSD (REMOTE SENSING DEVICE)

Urządzenia Opus AccuScan™ RSD wykonują zdalnie pomiary emisji spalin z pojazdów napędzanych silnikami spalinowymi, w trakcie gdy urządzenie jest omijane przez poruszające się pojazdy na ulicach i autostradach. Emisje spalin mierzy się spektroskopowo wykorzystując emisję wiązki światła podczerwonego (IR) i ultrafioletowego (UV). Wiązki emitowane są w poprzek drogi na wysokości rur wydechowych. Wiązka przechodząc przez spaliny trafia następnie do zwierciadła odbijającego światło IR / UV z powrotem do szeregu detektorów, które mierzą ilość transmitowanego światła dla charakterystycznych długości fal pochłoniętych przez zanieczyszczenia będące przedmiotem zainteresowania. Zanieczyszczeniami tymi są tlenek węgla (CO), węglowodory (HC), tlenki azotu (NO i NO<sub>2</sub> oddzielnie, w połączeniu jako NO<sub>x</sub>) i zadymienie dające informację o ilości emitowanych cząsteczek stałych PM<sup>1</sup>.

Stężenia zanieczyszczeń wyrażone są w stosunku do CO<sub>2</sub>, a stosując reguły stechiometryczne i inne współczynniki przeliczeniowe (równanie spalania), można obliczyć wartości emisji w g/kg spalonego paliwa, które następnie można przeliczyć na g/km i g/kWh przy odpowiednich założeniach<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Pomiar PM wykonuje się jako specyficzną dla danego paliwa nieprzezroczystość wykorzystując do tego światło ultrafioletowe, które jest bardziej czułe na wykrywanie drobnych cząsteczek PM i mniej na NO<sub>2</sub> niż tradycyjne dymomierze zielonego światła. Do określenia rodzaju cząsteczek stałych wykonuje się także pomiary nieprzezroczystości z wykorzystaniem długości fal w podczerwieni. Badania wykazały, że zbiorcze pomiary nieprzezroczystości można wykorzystać do ustalenia poziomu emisji PM<sub>2.5</sub>.

<sup>2</sup> Bishop G.A., Stedman D.H.; Acc. Chem. Res., 1996, 29, 489-495

Różnica koncentracji gazów przed pojazdem i koncentracji gazów z rury wydechowej pozwala na określenie stężeń zanieczyszczeń emitowanych z rury wydechowej. Podczas pomiaru emisji kamera rejestruje cyfrowy obraz tablicy rejestracyjnej, a czujniki prędkości/przyspieszenia rejestrują prędkość i przyspieszenie pojazdu. Dane dotyczące emisji, warunków pogodowych, nachylenia, prędkości i przyspieszenia, a także obraz tablicy rejestracyjnej są wykonywane w czasie krótszym niż sekunda a następnie zapisywane w komputerowej bazie danych do przyszłej analizy i raportowania.

RSD może mierzyć emisje pojazdów poruszających się w rzeczywistych warunkach jazdy. Ponieważ rejestracja pomiaru zajmuje tylko sekundę, urządzenia te mogą rejestrować duże ilości danych dotyczących emisji spalin w krótkim czasie. Ponieważ jest to technika nieinwazyjna, RSD kontroluje pojazdy bez zakłócania ruchu, dlatego może przeprowadzić audyt wszystkich pojazdów w krótkim czasie i bez wpływu na codzienne użytkowanie pojazdów.

AccuScan™ RSD zmierzył setki milionów pojazdów na całym świecie, znacznie więcej niż jakakolwiek inna technologia.

## **2.1 Elementy składowe systemu RSD**

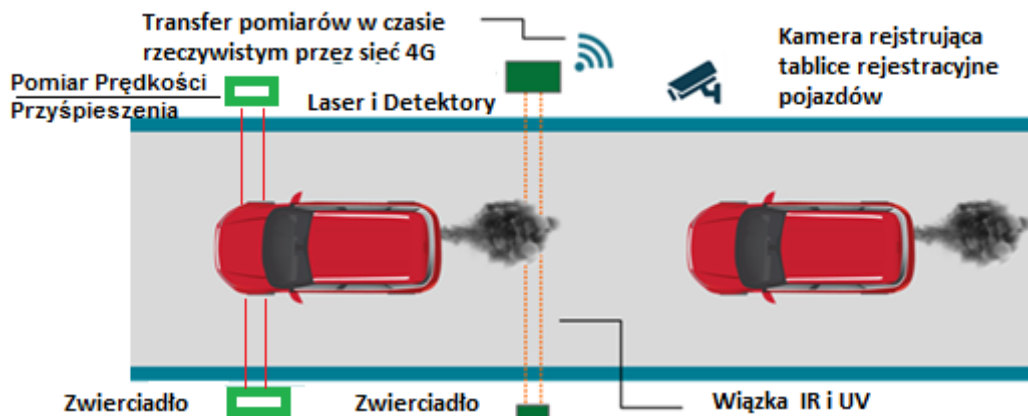
System RSD składa się z 3 elementów składowych które mogą być bezpiecznie umieszczone poza jezdnią:

1. Analizator emitowanych gazów
2. Kamera rejestrująca tablice rejestracyjne pojazdów
3. Urządzenie do pomiaru prędkości i przyspieszenia pojazdów

Wszystkie urządzenia razem umożliwiają pozyskać minimum wymaganych informacji niezbędnych do wykonania pomiaru emisji pojazdu. Typowa instalacja elementów składowych systemu RSD jest pokazana poniżej w rozdziale 2.2.

## 2.2 Typowe rozmieszczenie elementów systemu RSD na drodze

Typowe rozmieszczenie elementów systemu RSD obrazuje Rysunek 2-1.

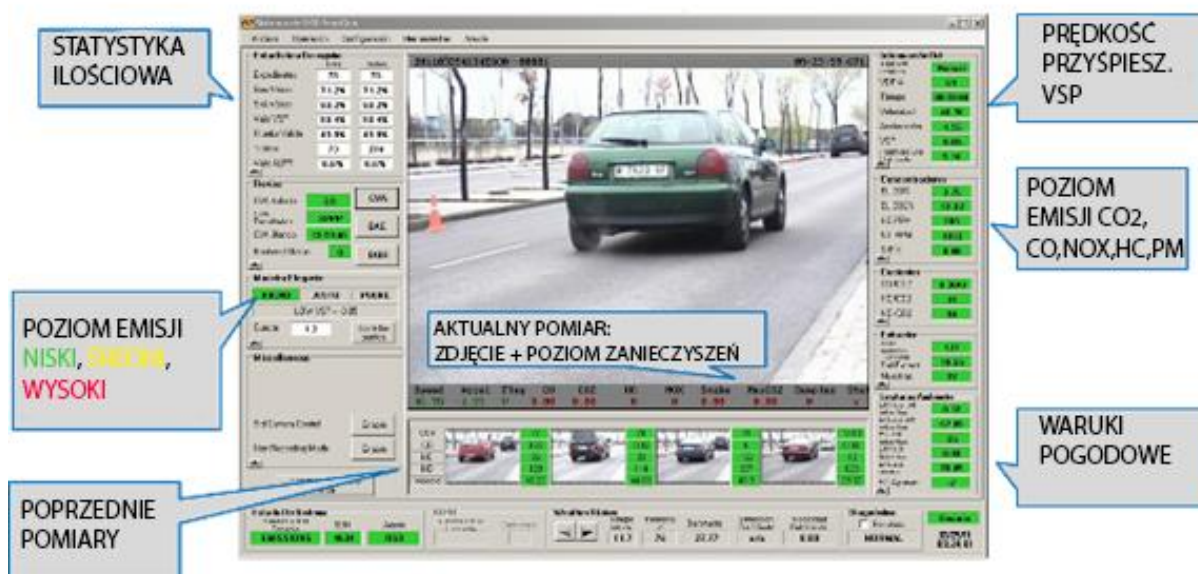


Rysunek 2-1

Poniżej zamieszczamy opis wykonania pomiaru:

1. Urządzenie do pomiaru prędkości i przyśpieszenia rejestruje aktualną prędkość i przyśpieszenie pojazdu niezbędne do wyznaczenia mocy chwilowej pojazdu VSP
2. Moduł SDM/CCM wykonuje pomiar emitowanych z pojazdu gazów spalinowych
3. Kamera rejestruje tablicę rejestracyjną mierzonego pojazdu
4. Dane są przetwarzane przez procesor i zapamiętywane w komputerze. Dane mogą być też przesyłane siecią 4G do chmury i monitorowane zdalnie przez operatora z pojazdu zaparkowanego na poboczu drogi.
5. Możliwe jest również ustawienie panelu informacyjnego LED, aby informować kierowcę o emisji jego samochodu (dobra, przeciętna, zła).

Po wykonaniu powyższych kroków system jest gotowy do wykonania kolejnego pomiaru. Minimalny interwał pomiędzy kolejnymi pomiarami wynosi 1s.



Rysunek 2-2 Widok panelu operatora urządzeń wyświetlającego wyniki w czasie rzeczywistym

### 2.3 Opis metodologii pomiarów

RSD5000 zapisuje zestaw danych każdej sesji, który składa się z pliku Microsoft Access (.mdb) ze wszystkimi danymi zarejestrowanymi przez RSD (emisje i warunki pracy), a także wszystkimi zdjęciami wykonanymi podczas sesji przez kamerę.

Mierzone ilości gazu to w szczególności liczba cząsteczek wzdłuż wiązki pomiarowej (CO, HC, NO, NO<sub>2</sub> i PM<sup>3</sup>). Wiązka światła przechodzi przez smugę spalin pojazdu i jest odbijana z powrotem do detektora, który rejestruje zmiany natężenia światła absorbowanego przez różne gazy. Na podstawie absorpcji można obliczyć stężenia stosując prawo Lamberta-Beera. Ze względu na sposób wykonywania pomiaru (m.in. zmienna długość ścieżki optycznej) nie określa się stężeń bezwzględnych, a RSD podaje stężenia emisji jako stosunek stężeń każdego z zanieczyszczeń w odniesieniu do CO<sub>2</sub>.

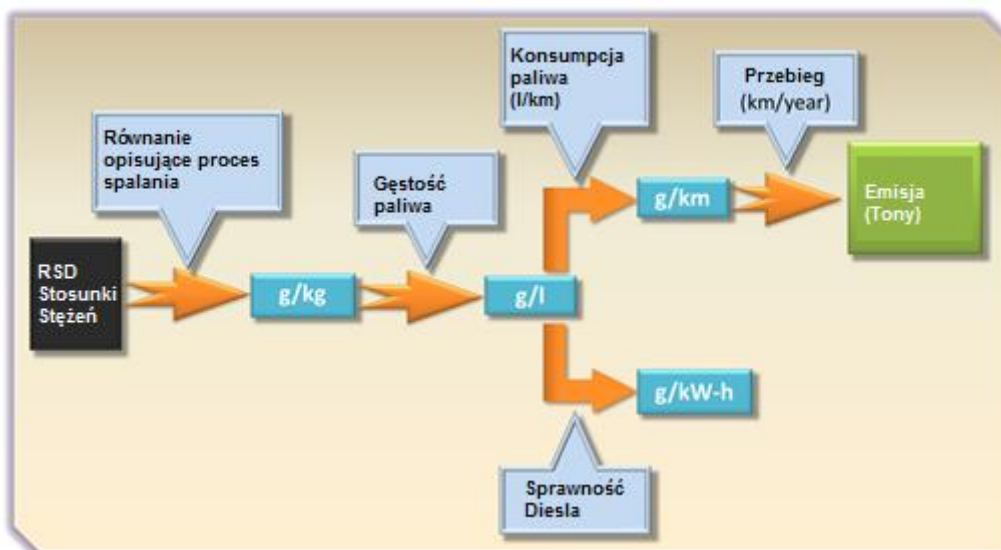
Na podstawie stężeń podanych przez RSD5000, przy założeniu że są one stałe wzdłuż smugi gazów spalinowych, emisje można obliczyć w g/km. Jest to konieczne z dwóch powodów. Po pierwsze, ponieważ europejskie przepisy dotyczące emisji wyrażają granice emisji w g / km dla poszczególnych rodzajów pojazdów<sup>4</sup>, więc współczynniki zmierzone RSD muszą zostać

<sup>3</sup> Pomiar PM wykonuje się jako specyficzną dla danego paliwa nieprzeźroczystość wykorzystując do tego światło ultrafioletowe, które jest bardziej czułe na wykrywanie drobnych cząsteczek PM i mniej na NO<sub>2</sub> niż tradycyjne dymomierze zielonego światła. Do określenia rodzaju cząsteczek stałych wykonuje się także pomiary nieprzeźroczystości z wykorzystaniem długości fal w podczerwieni. Badania wykazały, że zbiorcze pomiary nieprzeźroczystości można wykorzystać do ustalenia poziomu emisji PM<sub>2.5</sub>.

<sup>4</sup> Dla wszystkich typów pojazdów, z wyjątkiem ciężarówek o dużej ładowności, gdzie standardowe limity są wyrażone w g / kWh.



przekształcone na te jednostki w celu porównania obu wartości. Po drugie, ponieważ opisane poniżej przekształcenia pozwalają nam obliczyć tonę emitowanych zanieczyszczeń rocznie, a tym samym obliczyć wpływ, jaki emisje mają na jakość powietrza

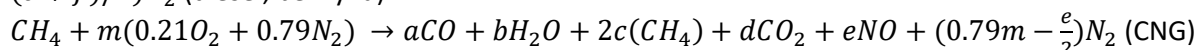
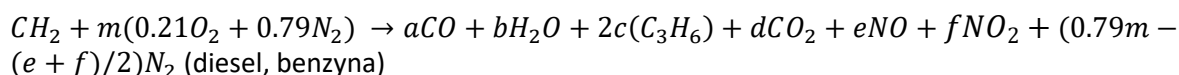


Rysunek 2-3 Ogólny schemat konwersji jednostek

Podstawowy schemat konwersji jednostek pokazano na powyższym rysunku. Najważniejszym krokiem jest przejście ze stosunków na emisje w gramach zanieczyszczeń na kg paliwa, ponieważ kolejne etapy polegają po prostu na pomnożeniu lub podzieleniu przez odpowiedni współczynnik.

Aby przekształcić stosunki do emisji w gramach zanieczyszczeń na kilogram paliwa, należy zastosować równanie spalania paliwa, stosując bilansy masy<sup>5</sup>.

Stosuje się równanie spalania paliwa, przyjmując CH<sub>2</sub> dla diesla i benzyny oraz CH<sub>4</sub> dla CNG:



Po zastosowaniu bilansów masy dla każdego pierwiastka (węgiel, wodór i tlen) uzyskuje się następujące równania:

$$CO \left(\frac{g}{kg}\right) = \frac{Q}{1 + Q + 0.0006xQ'} \times \frac{1}{KgMC} \times M_w$$

$$CO_2 \left(\frac{g}{kg}\right) = \frac{1}{1 + Q + 0.0006xQ'} \times \frac{1}{KgMC} \times M_w$$

$$HC \left(\frac{g}{kg}\right) = \frac{0.0001xQ'}{1 + Q + 0.0006xQ'} \times \frac{HCRF}{KgMC} \times M_w$$

<sup>5</sup> Wszystkie te kroki zostały szczegółowo wyjaśnione w: <http://www.feat.biochem.du.edu/whatsafeat.html>

$$NO\left(\frac{g}{kg}\right) = \frac{0.0001xQ''}{1 + Q + 0.0006xQ'} \times \frac{1}{KgMC} \times M_w$$

$$NO_2\left(\frac{g}{kg}\right) = \frac{0.0001xQ'''}{1 + Q + 0.0006xQ'} \times \frac{1}{KgMC} \times M_w$$

$$PM\left(\frac{g}{kg}\right) = [UV_{smoke}] \times 10$$

Gdzie Q, Q', Q'' i Q''' są stosunkami uzyskanymi bezpośrednio z odczytów RSD:

$$Q' = \frac{CO(\%)}{CO_2(\%)}$$

$$Q' = \frac{HC(ppm)}{CO_2(\%)}$$

$$Q'' = \frac{NO(ppm)}{CO_2(\%)}$$

$$Q''' = \frac{NO_2(ppm)}{CO_2(\%)}$$

M<sub>w</sub> jest masą cząsteczkową każdego gazu:

Gaz	M <sub>w</sub> (g/mol)
CO	28
HC (propane)	44
NO	30
NO <sub>2</sub>	46
CO <sub>2</sub>	44

**KgMC** jest parametrem reprezentującym udział węgla w paliwie. Zatem w zależności od paliwa wartość ta będzie inna:

Paliwo	Diesel	Benzyna	CNG	LPG
KgMC	0,014	0,014	0,016	1

**HCRF** jest czynnikiem korygującym pomiary węglowodorów:

Paliwo	Diesel	Benzyna	CNG	LPG
HCRF	1,63	2,2	3,33	1

Aby uzyskać emisje w g/l, wystarczy pomnożyć emisje w g/kg przez gęstość odpowiedniego paliwa:

Paliwo	Diesel	Benzyna	CNG	LPG
Gęstość (Kg/l)	0,81	0,73	0,46	0,46

Konwersja emisji z g / l na emisje w g / kWh (konieczna tylko w przypadku pojazdów ciężarowych) i można ją uzyskać mnożąc przez parametr zwany „wydajnością diesla”. Używana przez nas wartość to 0,26 l / kW-h, którą podaje producent Volvo.

Na podstawie emisji w g / l emisje w g/ km można również obliczyć, mnożąc przez zużycie paliwa (l / km).

Wszystkie poprzednie równania i założenia są stosowane przez społeczność naukową od dziesięcioleci. Wśród podmiotów i naukowców korzystających z tej metodologii są członkowie społeczności projektu CONOx, która bada rzeczywiste emisje pojazdów drogowych od 2017 r. na podstawie umowy z Federalnym Urzędem Środowiska Szwajcarii, BAFU ([www.bafu.admin.ch](http://www.bafu.admin.ch)) : Åke Sjödin, IVL (Suecja); Jens Borken-Kleefeld, IIASA (Austria); David Carslaw, University of York (Reino Unido); James Tate, University of Leeds (Reino Unido); Gian-Marco Alt, Kanton Zürich (Suiza); Yoann Bernard i Uwe Tietge, ICCT (Alemania); Peter McClintock, Robert Gentala i Niranjana Vescio, Opus Inspection Technical Development Center (EEUU); Stefan Hausberger, Politechnika Graz (Austria).

## 2.4 Walidacja pomiarów

OPUS ustala dokładność i precyzję każdego urządzenia pomiarowego AccuScan™ RSD przed jej wdrożeniem. Pełną weryfikację uzyskuje się dzięki kompleksowemu zestawowi protokołów przedwdrożeniowych, które zostały krótko opisane poniżej.

- **Certyfikacja Fabryczna:** Każda jednostka RSD jest najpierw certyfikowana fabrycznie na dokładność i precyzję, wykorzystując kilka znanych mieszanek gazów zgodnie z wymaganiami COVERS.
- **Kalibracja w lokalizacji pomiarowej:** Każde urządzenie pomiarowe jest kalibrowane w lokalizacji pomiarowej przed rozpoczęciem pomiaru.
- **Audyty czasowe:** Każda jednostka jest regularnie kontrolowana w trakcie każdej sesji, aby sprawdzić, czy system działa zgodnie ze specyfikacjami i nie wymaga ponownej regulacji i / lub ponownej kalibracji.
- **Walidacja pomiarów w czasie rzeczywistym:** W trakcie gromadzenia danych zaawansowane oprogramowanie AccuScan™ (rozwijane od ponad 2 dekad) weryfikuje pomiary w czasie rzeczywistym aby zapewnić wysoką dokładność pomiaru gazów spalinowych w trybie obciążenia cieplnego oraz poziom stężeń i stabilność gazów w otoczeniu. Prawidłowe pomiary są odpowiednio oznaczane.
- **Stosowanie filtrów:** Zestaw danych każdej sesji jest sprawdzany aby znormalizować wariacje kalibracji, wyeliminować zimne starty i zastosować filtry VSP. Te i inne testy po wykonanych pomiarach zostały opracowane w ciągu dziesięcioleci prowadzenia badań, programów pilotażowych i innych programów pomiarowych.

Certyfikaty i kalibracje zapewniają, że urządzenie mierzy w granicach tolerancji. Kalibracja i audyty w terenie koncentrują się na zapewnieniu optymalnej kalibracji urządzenia i właściwej substrakcji poziomów tła. Oprogramowanie do sprawdzania poprawności w czasie rzeczywistym odfiltrowuje wszelkie pomiary, które nie mają odpowiedniej dokładności. Filtry zastosowane po zebraniu pomiarów dodatkowo usuwają pomiary, które mogły zostać zarejestrowane w warunkach eksploatacji, gdy pojazd (z założenia) nie jest w stanie skutecznie kontrolować swoich emisji. Po etapach oceny jakości, analizy i kontroli pomiarów wykorzystywane są tylko najbardziej dokładne i reprezentatywne pomiary emisji spalin

z pojazdu. Dokładność i precyzja RSD były historycznie oceniane przy użyciu mieszanin zanieczyszczeń spalinowych w kontrolowanym otoczeniu (tj. na odległym parkingu lub nieutwardzonym odcinku jezdni). Te znane mieszaniny CO, propanu dla HC, NO i CO<sub>2</sub> w bilansie N<sub>2</sub>) są uwalniane wielokrotnie za pojazdem elektrycznym lub wprowadzane bezpośrednio na optyczną ścieżkę pomiaru. AccuScan<sup>TM</sup> RSD były oceniane w ten sposób od połowy lat 90. XX wieku, kiedy to wprowadzono pierwsze specyfikacje dotyczące dokładności.

Urządzenia RSD były również kontrolowane przez następujące podmioty:

- CIEMAT (Center for Energy, Environmental and Technological Research of Spain), rok 2015.
- IVL (Swedish Environmental Research Institute), rok 2016.
- JRC (European Commission's Joint Research Centre), rok 2017.
- ICCT (International Council on Clean Transportation), rok 2018.
- APPLUS+ IDIADA, rok 2018.

## 2.5 Zapisy kalibracji

OPUS kalibruje systemy w Tucson, USA. Świadectwa wzorcowania systemów używanych w tym projekcie znajdują się w Załączniku 1.

Świadectwo wzorcowania przyrządów zawarte w Załączniku 1 zawiera opis, jak przeprowadzono proces wzorcowania w celu certyfikacji systemów. Proces ten polega na symulacji „przejazdu” pojazdu wytwarzającego smugę gazów spalinowych za pomocą szeregu znanych certyfikowanych mieszanek gazowych, certyfikacja ta potwierdza wykonanie pomiarów w rzeczywistych warunkach ruchu zgodnie z parametrami dla których uzyskano certyfikację. Dodatkowo, kalibracje wykonywano na miejscu w Krakowie. Każdego dnia, przed rozpoczęciem gromadzenia danych, systemy były kalibrowane w następujący sposób:

- Ustawienie i wyrównanie wiązek laserowych urządzeń pomiarowych odbywało się poprzez regulację posadowienia modułu SDM po jednej stronie drogi, a modułu CCM po przeciwnej stronie drogi. Gdy wiązka światła ze źródła w SDM odbije się prawidłowo w lusterkach CCM i dotrze do detektora wewnątrz modułu SDM, moduł ten sygnalizuje operatorowi prawidłowe ustawienie. Zarówno promienie IR, jak i UV są wyrównywane w tym procesie.
- Ustawienie i wyrównanie systemu pomiaru prędkości / przyspieszenia odbywa się poprzez regulację posadowienia urządzenia emitującego wiązki laserowe po jednej stronie drogi i urządzenia z reflektorami po przeciwnej stronie drogi. Gdy wiązka światła emitera odbije się prawidłowo na urządzeniu z reflektorami i dotrze z powrotem do emitera, moduł zostaje wyrównany co jest sygnalizowane operatorowi na urządzeniu.
- Dodatkowa kalibracja systemu na miejscu odbywa się także przez wprowadzenie gazów ze znanymi koncentracjami gazów do modułu SDM. Ponieważ stężenia te są znane, kalibracja sprzętu jest weryfikowana po ustawieniu sprzętu pomiarowego. Urządzenie sygnalizuje operatorowi że odczyty koncentracji są właściwe, dzięki czemu można przystąpić do właściwych pomiarów.

Po zakończeniu wyżej opisanego procesu rozpoczyna się gromadzenie danych.

### 3 LOKALIZACJE POMIAROWE

Przed rozpoczęciem kampanii pomiarowej przeprowadzono audyt na terenie całego miasta Krakowa, zgodnie ze specyfikacją przetargową i doradztwem ZTPK.

Wybrane lokalizacje pomiarowe mają różne nachylenia, różne charakterystyki ruchu i były akceptowalnymi lokalizacjami pod względem liczby prawidłowych pomiarów na godzinę.

Poniższa tabela pokazuje miejsca, w których przeprowadzono pomiary RSD podczas kampanii.

L.P.	Opis Lokalizacji Pomiarowej	Długość geograficzna	Szerokość geograficzna	Pochylenie jezdni
1	Jerzego Turowicza	19,945558	50,017028	0,08
2	Kraśińskiego	19,927434	50,055907	1,3
3	29 Listopada	19,962311	50,098132	2,1
4	Doktora Josefa Babińskiego	19,880594	50,00707	1,3
5	Doktora Twardego	19,938198	50,080392	0,8
6	Księcia Józefa	19,90209	50,04878	0,2
7	Księcia Józefa/Jodłowa	19,872416	50,046042	0,8
8	Pawia	19,943633	50,073876	5
9	Kocmyrzowska	20,042863	50,087456	0,1
10	Wita Stwosza (dworzec autobusowy)	19,949925	50,069512	3

Table 1 Lokalizacje Pomiarowe



Rysunek 3-1 Mapa obrazujące lokalizacje pomiarowe

## 4 ILOŚĆ ZEBRANYCH POMIARÓW

W trakcie 16 dniowej kampanii wykonano 103840 ważnych pomiarów. Ważnym pomiarem w tym badaniu jest zapis spełniający następujące wymagania:

- Stężenia wszystkich mierzonych gazów są ważne
- Pomiar prędkości jest prawidłowy.
- Pomiar przyspieszenia jest prawidłowy.
- Moc właściwa pojazdu (VSP) wynosi od 2 do 10 kW / tonę.
- Istnieje prawidłowy odczyt tablicy rejestracyjnej.

Algorytm badający parametry smugi spalin pojazdu podczas pomiaru ocenia:

- siłę sygnału podczas każdego procesu pomiarowego w celu oceny prawidłowej absorpcji światła w 100 pomiarach wykonanych w ciągu 0,5 sekundy dla każdego pojazdu,
- Czas trwania i kształt zaniku smugi gazów spalinowych w czasie 0,5 sekundy dla każdego pojazdu, w celu oceny spójności wykonanych pomiarów, normalnej dyfuzji spalin oraz braku zakłóceń tła.

Każdy ważny rekord składa się między innymi z:

- Zdjęcia tablicy rejestracyjnej, niezbędnego do uzyskania danych technicznych każdego pojazdu (rodzaju pojazdu, rodzaju paliwa, normy europejskiej itp.).
- Warunki kinetyczne: prędkość, przyspieszenie i obciążenie silnika (VSP).
- Zanieczyszczenia emitowane przez spaliny pojazdu (stężenia CO, HC, NOx i PM).
- Warunki środowiskowe (ciśnienie, temperatura i wilgotność względna).

Szczegółowe statystyki pomiarów przedstawiono w tabeli 4-1

Rok	Miesiąc	Dzień	Ilość Ważnych Pomiarów	Ruch	Pogoda
2019	Czerwiec	10	4881	Płynny	Pogodnie
2019	Czerwiec	11	5236	Płynny	Pogodnie
2019	Czerwiec	12	3416	Płynny	Pogodnie
2019	Czerwiec	13	8111	Płynny	Lekki Deszcz
2019	Czerwiec	14	2731	Płynny	Lekki Deszcz
2019	Czerwiec	15	4670	Płynny	Zmienna
2019	Czerwiec	17	10008	Płynny	Lekki Deszcz
2019	Czerwiec	18	10018	Płynny	Zmienna
2019	Czerwiec	19	8119	Płynny	Lekki Deszcz
2019	Czerwiec	20	3913	Mały	Zmienna
2019	Czerwiec	21	4189	Mały	Deszcz
2019	Czerwiec	24	5529	Płynny	Zmienna
2019	Czerwiec	25	9874	Płynny	Pogodnie
2019	Czerwiec	26	1074	Płynny	Pogodnie
2019	Czerwiec	27	9798	Płynny	Pogodnie
2019	Czerwiec	28	8787	Płynny	Pogodnie
2019	Lipiec	1	3486	Płynny	Pogodnie
<b>SUMA:</b>			<b>103840</b>		

Tabela 4-1 Statystyki przeprowadzonych pomiarów

## 5 STATYSTYKA ZMIERZONEJ FLOTY POJAZDÓW

Jak wyjaśniono poprzednio, w celu przeprowadzenia analizy emisji w czasie rzeczywistym i prawidłowej charakterystyki floty, szczegółowe dane techniczne pojazdów, takie jak rodzaj pojazdu, rodzaj paliwa, kategoria pojazdu, norma Euro, rozmiar silnika, masa itp. są wymagane.

W tym celu Turbospec sp. z o.o. dostarczył Zamawiającemu listę odczytów tablic rejestracyjnych po zakończeniu pomiarów, aby otrzymać z pełne dane techniczne mierzonych pojazdów. Łącząc dane teledetekcji (emisje, warunki kinetyczne i otoczenia itp.) z danymi pojazdu (rodzaj paliwa, rodzaj pojazdu, norma EURO itp.) można przeprowadzić analizy statystyczne wymagane w specyfikacji istotnych warunków zamówienia.

## 5.1 Statystyka Liczbowa

- Wykonawca dostarczył zamawiającemu bazę danych z 136 939 odczytów tablic rejestracyjnych w celu uzyskania wymaganych danych technicznych każdego pojazdu.
- Wykonawca otrzymał zwrotnie 124359 rejestrów z danymi technicznymi wyeksportowanymi z bazy CEPIK, ale część z nich nie zawierała minimalnych informacji technicznych wymaganych do analizy.
- 103840 rejestrów posiadała ważne pomiary (zarejestrowano prawidłowe stężenia gazów oraz właściwie rozpoznano tablice rejestracyjne). Rekordy te stanowią podstawę do przygotowania niniejszego raportu.
- 15 548 rejestrów pobranych z bazy CEPIK zawiera niezbędne minimum informacji do przeprowadzenia badania charakterystyki floty: typ pojazdu, rodzaj paliwa i klasyfikacja Euro Standard. Pozostałe rekordy wymagały manualnego przyporządkowania brakujących danych.

Liczby te sugerują, że tylko 11% pojazdów miało wystarczającą ilość danych technicznych pobranych z bazy CEPIK. W kolejnym rozdziale przedstawiono metodologię pozyskania brakujących danych umożliwiającą dalsze prowadzenie analiz.

## 5.2 Przyporządkowanie brakujących danych technicznych

Przeprowadzono głęboką analizę otrzymanych danych technicznych w celu maksymalnego zwiększenia przyporządkowania brakujących danych technicznych. Niestety nie można było przyporządkować norm emisji do części rekordów, gdy brakowało danych takich jak rodzaj paliwa lub rodzaj pojazdu.

Europejskie normy emisji określają dopuszczalne limity emisji spalin z pojazdów silnikowych w Unii Europejskiej. Normy emisji są określone w szeregu dyrektyw Unii Europejskiej w celu uregulowania limitów emisji NO<sub>x</sub>, HC, CO i PM. Dlatego są one zdefiniowane w kilku dyrektywach w odniesieniu do:

- rodzaju pojazdu, zgodnie z klasyfikacją UNECE (M1, N1, N1-I, N1-II, N2, N3 itp.).
- Rodzaju paliwa (olej napędowy lub benzyna).
- Daty produkcji (miesiąc i rok).
- Masa pojazdu (w przypadku lekkich samochodów dostawczych).

Otrzymane dane techniczne zawierały 122 910 rejestrów z informacjami o typie paliwa. Jest to zatem maksymalna liczba pojazdów dostępnych do analizy, ponieważ jest to pole obowiązkowe. Ponadto otrzymane dane techniczne zawierały 124 354 rejestrów z informacjami o roku produkcji i 59 476 rejestrów z informacjami o rodzaju pojazdu w formacie UNECE. Po skonsolidowaniu tych trzech parametrów i wykorzystaniu informacji



z różnych dyrektyw europejskich przyporządkowano normy EURO sumarycznie do 48 352 pojazdów.

Uzyskana ilość pomiarów z pełnymi danymi technicznymi była za mała do prowadzenia dalszych analiz wobec czego Turbospec sp. z o.o. wystąpił do zamawiającego o uzupełnienie rodzaju pojazdu (do części rekordów dostępnego w innym romacie niż UNECE) oraz numeru VIN dla każdego z pomiarów. Po otrzymaniu rodzaju pojazdu i numeru VIN przystąpiono do dalszych prac.

Ponieważ rodzaj pojazdu nie był w formacie UNECE, przeprowadzono następującą konwersję:

Rodzaj Pojazdu (j. polski)	Rodzaj Pojazdu (j. ang.)	Klasyfikacja UNECE
NACZEPA SPECJALNA	SPECIAL TRAILER	N
AUTOBUS	BUS	M3
NACZEPA CIĘŻAROWA	SEMI-TRAILER	N
PRZYCZEPA LEKKA	LIGHT TRAILER	N
SAMOCHÓD CIĘŻAROWO-OSOBOWY	TRUCK-PASSENGER CAR	N
SAM. CIĘŻAROWY SPECJALIZOWANY	SPECIAL TRUCK	N
SAM. CIĘŻAROWY UNIWERSALNY	UNIVERSAL TRUCK	N
SAMOCHÓD CIĘŻAROWY SPECJALIZOWANY	SPECIAL TRUCK	N
SAM. CIĘŻAROWO-OSOBOWY	TRUCK-PASSENGER CAR	N
PRZYCZEPA CIĘŻAROWA ROLNICZA	AGRICULTURAL TRAILER	N
CIĄGNIK SAMOCHODOWY	SEMI-TRACTOR	N
CIĄGNIK ROLNICZY	AGRICULTURAL TRACTOR	N
CIĄGNIK ROLNICZY	AGRICULTURAL TRACTOR	N
PRZYCZ. SPECJALIZOWANA	SPECIAL TRAILER	N
SAM. CIĘŻ. UNIWERSALNY	UNIVERSAL TRUCK	N
NACZEPA UNIWERSALNA	UNIVERSAL SEMI-TRAILER	N
SAMOCHÓD OSOBOWY	PASSENGER CAR	M1
SAMOCHÓD OSOBOWY	PASSENGER CAR	M1
SAMOCHÓD CIĘŻAROWY	TRUCK	N
OSOBOWY	PASSENGER CAR	M1
SAM. CIĘŻAROWY	TRUCK	N
MOTOROWER	MOPED	L
SAMOCHODY OSOBOWE	PASSENGER CAR	M1
SAMOCHÓD SPECJALNY	SPECIAL CAR	N
PRZYCZEPA CIĘŻAROWA SPECJALIZOWANA	SPECIAL TRUCK TRAILER	N
PRZYCZEPA SPECJALNA	SPECIAL TRAILER	N
MOTOCYKL	MOTORCYCLE	L
SAMOCHÓD CIĘŻAROWY UNIWERSALNY	UNIVERSAL TRUCK	N
SAMOCHODOWY INNY	OTHER-MINI CAR	L
PRZYCZ. SAM-LEKKA	LIGHT TRAILER	N
SAM. CIĘŻ. SPECJALIZOW.	SPECIAL TRUCK	N
PRZYCZEPA CIĘŻAROWA	TRUCK TRAILER	N
PRZYCZ. R. SPECJALIZOW.	SPECIAL TRAILER	N

Tabela 5-1 Konwersja rodzajów pojazdu

Klasyfikacja UNECE pojazdów lekkich i ciężkich (LDV i HDV) jest podzielona na kilka podkategorii, w zależności od ich masy: N1-I, N1-II, N1-III, N2 i N3. W związku z tym wykorzystując masę pojazdu pojazdy pogrupowano aby uzyskać znormalizowane kategorie (wymienione w rozdziale 5.3) w celu maksymalizacji jakości otrzymanych danych technicznych.

Kategoria UNECE	Parametry do klasyfikacji	Klasyfikacja UNECE	Rodzaj pojazdu
M1	Zaznaczone w bazie danych PassangerCar (Samochód Osobowy)	M1	Samochód osobowy
N	Klasa UNECE = N Waga <= 1305	N1-I	Lekki samochód dostawczy LDV
N	Klasa UNECE = N 1305 < Waga <= 1760	N1-II	Lekki samochód dostawczy LDV
N	Klasa UNECE = N 1760 < Waga <= 3500	N1-III	Lekki samochód dostawczy LDV
N	Klasa UNECE = N 3500 < Waga <= 12000	N2	Ciężarówka
N	Klasa UNECE = N Waga > 12000	N3	Ciężarówka
M3	Zaznaczone w bazie danych jako Bus (Autobus) or M3	M3	- Autobusy publiczne ( Mobilis oraz MPK) - Prywatne autobusy - Inne autobusy (autobusy które nie można było sklasyfikować jako prywatne lub publiczne)

Tabela 5-2 Agregacja rodzajów pojazdu

Korzystając z dodatkowo pozyskanych informacji po konsolidacji danych wykonanych przez Wykonawcę 91 278 pojazdów ma wystarczającą ilość informacji (rodzaj paliwa, rok, typ pojazdu), aby oszacować normę Euro. Jest to całkowita liczba pojazdów wykorzystanych do badań floty i emisji przeprowadzonych w niniejszym raporcie.

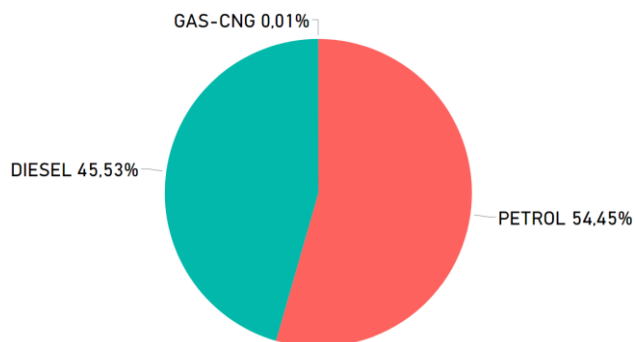
### 5.3 Charakterystyka struktury pojazdów

Całkowita liczba zapisów i całkowita liczba różnych miejsc jest wystarczająco duża aby scharakteryzować strukturę pojazdów poruszających się po drogach w Krakowie.

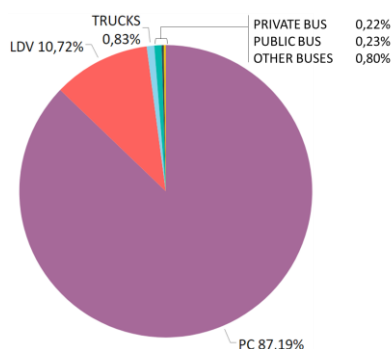
Pojazdy sklasyfikowano według następujących kategorii wymaganych przez zamawiającego:

- PC - samochody osobowe.
- LDV - pojazdy lekkie (tj. samochody dostawcze).
- Trucks - Samochody ciężarowe.
- Public Buses - Autobusy publiczne (firmy transportu publicznego Mobilis i MPK).
- Private Buses - Prywatne autobusy (wskazane przez Zamawiającego).
- Other Buses - Inne autobusy (dla których niedostępne są informacje pozwalające sklasyfikować autobus jako publiczny lub prywatny).

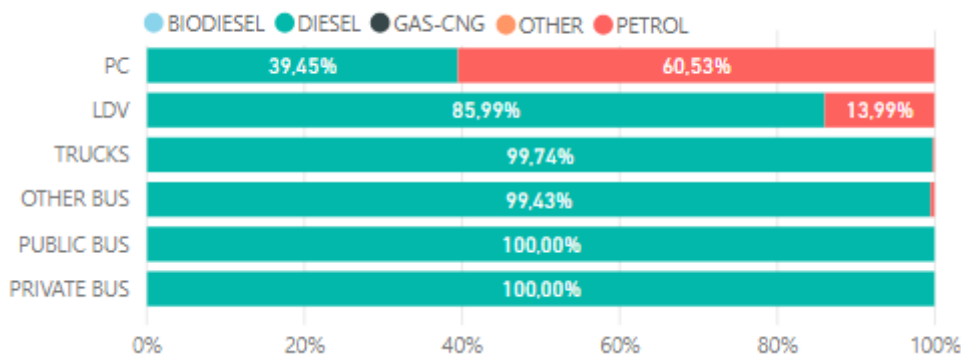
Rysunek 5-1, Rysunek 5-2, Rysunek 5-3 pokazuje rozkład wszystkich pojazdów zmierzonych w Krakowie przy użyciu powyższych kategorii. Jak widać 54,45% pojazdów jest napędzanych benzyną, a prawie cała reszta napędzana jest olejem napędowym. Pojazdy wykorzystujące paliwa alternatywne stanowią mały odsetek. Pod względem rodzaju pojazdu 87,19% pojazdów mierzonych w Krakowie to samochody osobowe (PC), następnie 10,72% lekkich pojazdów dostawczych (LDV) i bardzo niewiele autobusów (około 1%).



Rysunek 5-1 Ogólna struktura pojazdów w Krakowie pogrupowana ze względu rodzaj zasilania paliwem



Rysunek 5-2 Ogólna struktura pojazdów w Krakowie pogrupowana ze względu rodzaj pojazdu

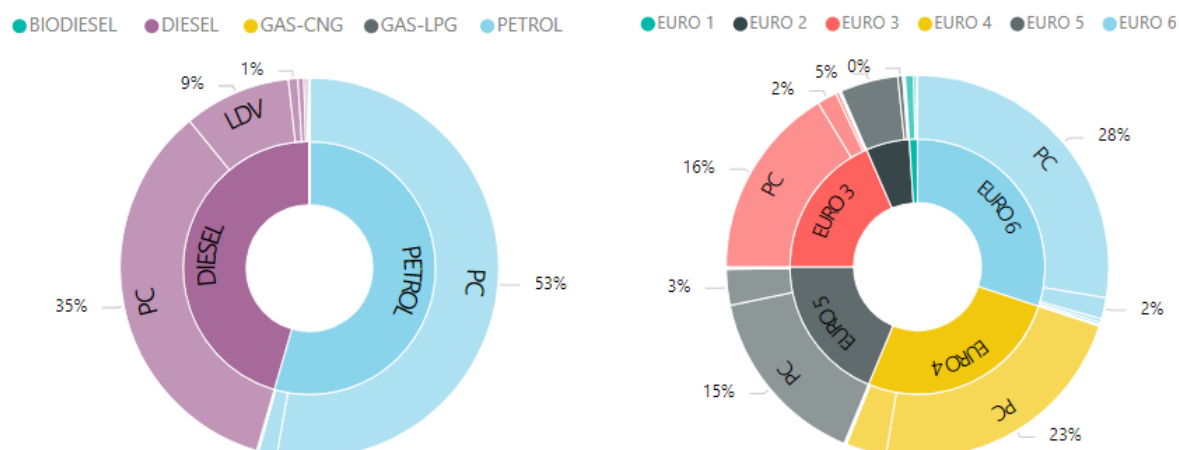


Rysunek 5-3 Ogólna struktura pojazdów w Krakowie pogrupowana ze względu rodzaj pojazdu i rodzaj zasilania paliwem

**PETROL – pojazdy z silnikiem benzynowym, DIESEL – pojazdy z silnikiem na olej napędowy, GAS-CNG - pojazdy zasilane sprężonym gazem ziemnym, PC - samochód osobowy, LDV – lekki samochód dostawczy, TRUCKS – samochody ciężarowe, PRIVATE BUS – prywatne autobusy, PUBLIC BUS – autobusy publiczne, OTHER BUSES – autobusy inne**

Filtrując bazę danych według typu pojazdu, rodzaju paliwa i normy Euro jak pokazano na rysunku 5-4, uzyskuje się bardziej szczegółową strukturę pojazdów. Zauważono, że flotę pojazdów w ruchu stanowi 30% pojazdów Euro 6, 26% pojazdów spełniających normę Euro 4 i 19% pojazdów Euro 5. Rysunek 5-4 pokazuje także strukturę pojazdów przyporządkowaną do rodzaju paliwa. Większość pojazdów benzynowych to samochody osobowe, a lekkie samochody dostawcze napędzane są głównie z silnikiem Diesla. W przybliżeniu 55% procent

pojazdów osobowych w Krakowie jest zasilanych benzyną, a pozostałe 45% pojazdów osobowych zasilane jest olejem napędowym. W Europie Zachodniej 30% pojazdów osobowych jest zasilanych benzyną i 70% olejem napędowym.

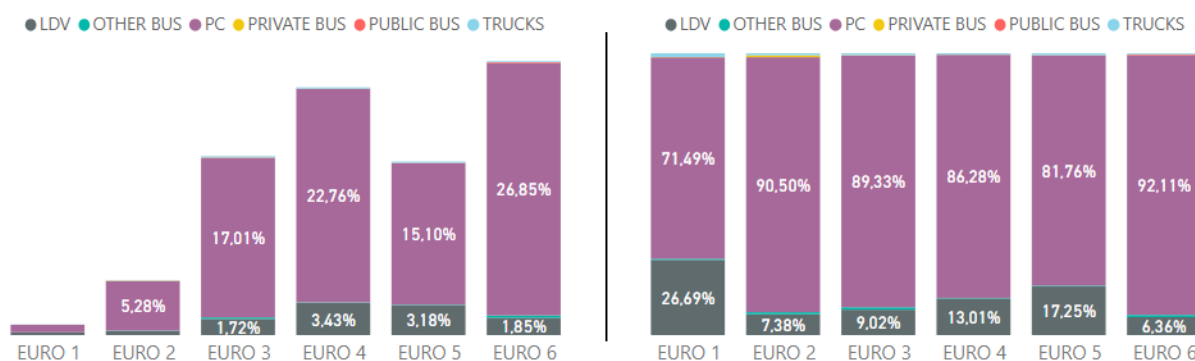


Rysunek 5-4 Szczegółowa struktura pojazdów w Krakowie przeprowadzona pod kątem rodzaju zasilania paliwem

PC - samochód osobowy, LDV – lekki samochód dostawczy, Petrol – pojazdy z silnikiem benzynowym, Diesel – pojazdy z silnikiem na olej napędowy

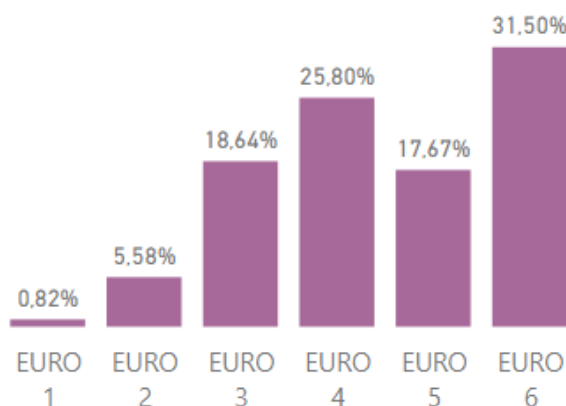
Rysunek 5-5 pokazuje strukturę pojazdów według normy Euro. Z uwagi na to, iż kolejne normy Euro były wprowadzane na przestrzeni wielu lat dzięki temu możemy ocenić także wiek floty. Zauważono, że liczba pojazdów maleje w miarę ich starzenia (lewa część rysunku). Wyjątek stanowią pojazdy Euro 5 których jest mniej niż pojazdów Euro 4. Może to być związane ze sposobem oszacowania normy Euro, ponieważ data produkcji nie zawsze jest dokładnym parametrem określającym standard pojazdu. Należy jednak pamiętać o rozkładzie typów pojazdów według normy Euro (prawa część rysunku). Odsetek pojazdów dostawczych

Euro 1 jest większy niż w innych normach Euro. Oznacza to, że samochody dostawcze są starsze niż inne samochody poruszające się po drogach w Krakowie.



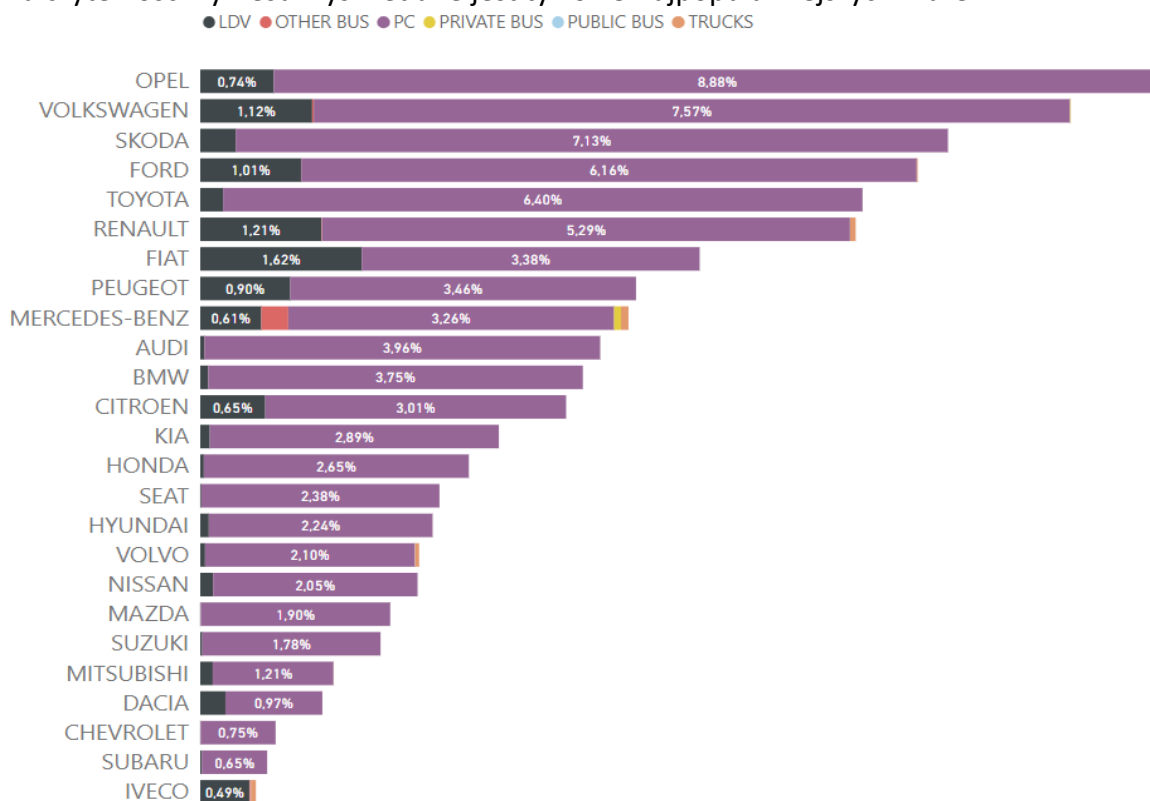
Rysunek 5-5 Struktura pojazdów poruszających się po drogach w Krakowie pogrupowana według normy Euro. Lewy wykres prezentuje strukturę ilościową pojazdów z grupowaniem według rodzaju pojazdu i normy Euro. Prawy wykres przedstawia dystrybucję poszczególnych rodzajów pojazdów w rozbiciu na poszczególne normy Euro.

PC - samochód osobowy, LDV – lekki samochód dostawczy, OTHER BUS – inne autobusy, PRIVATE BUS – autobusy prywatne, PUBLIC BUS – autobusy publiczne, TRUCKS – ciężarówki



Rysunek 5-6 Struktura pojazdów osobowych poruszających się po drogach w Krakowie pogrupowana według normy Euro

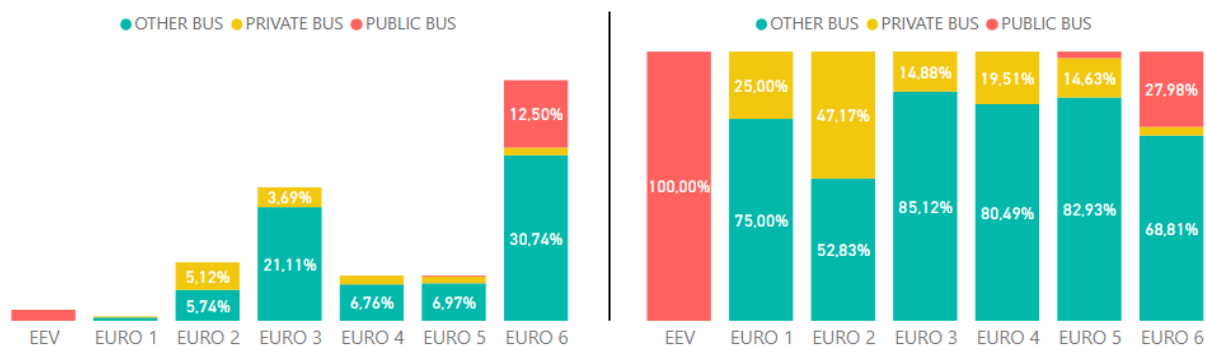
Rysunek 5-7 pokazuje rozkład floty według marki. Zauważono, że najpopularniejszą marką jest OPEL (stanowiącą 9,6% wszystkich pojazdów), a następnie VOLKSWAGEN, SKODA, FORD TOYOTA i RENAULT. Inne marki są rzadsze, ale spadek jest dość łagodny. Można również zaobserwować inny rozkład typu pojazdu wśród różnych marek; na przykład odsetek pojazdów dostawczych LDV w marce FIAT jest wyższy niż w jakiegokolwiek innej marce. Z uwagi na czytelność wykresu wyświetlane jest tylko 25 najpopularniejszych marek.



Rysunek 5-7 Dystrybucja floty w Krakowie według producenta pojazdu.

PC - samochód osobowy, LDV – lekki samochód dostawczy, OTHER BUS – inne autobusy, PRIVATE BUS – autobusy prywatne, PUBLIC BUS – autobusy publiczne, TRUCKS – ciężarówki

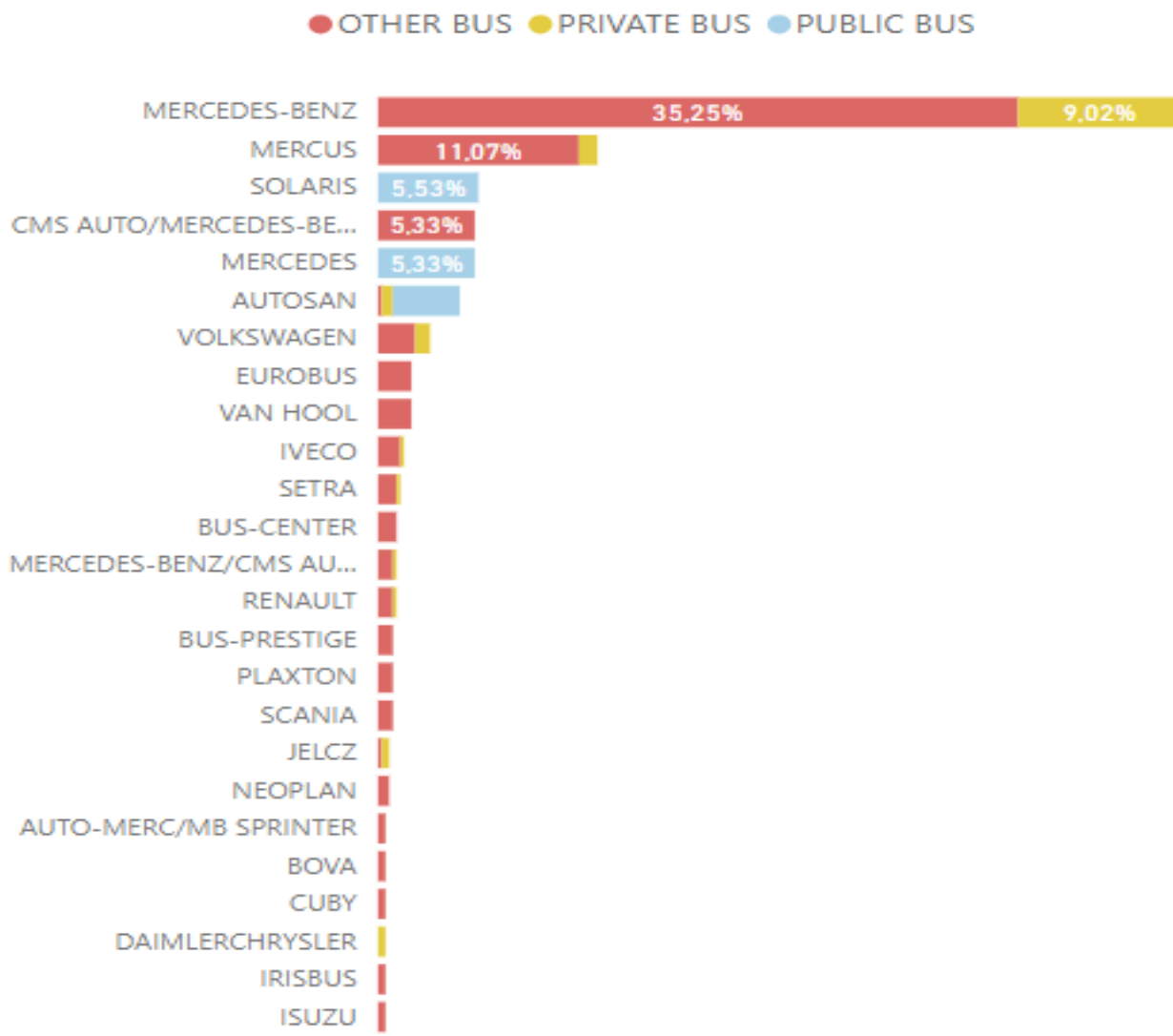
Analiza floty autobusów w Krakowie jest bardzo ważna, w trakcie kampanii zmierzono (1160) autobusów. Istnieją informacje pozwalające sklasyfikować je jako autobusy publiczne, prywatne lub inne (niesklasyfikowane). Rysunek 5-8 pokazuje rozkład autobusów w Krakowie według normy Euro. Na tych wykresach przedstawiono także kategorię EEV (choć tylko 10 autobusów spełnia tę normę). Można zauważyć, że flota autobusów publicznych w Krakowie jest bardzo nowa, z prawie wszystkimi pojazdami w klasie Euro 6. Widać, że autobusy publiczne są nowsze niż inne autobusy.



Rysunek 5-8 Struktura autobusów według normy Euro

Lewy wykres prezentuje strukturę ilościową pojazdów z grupowaniem według rodzaju pojazdu i normy Euro. Prawy wykres przedstawia dystrybucję poszczególnych rodzajów pojazdów w rozbiciu na poszczególne normy Euro.

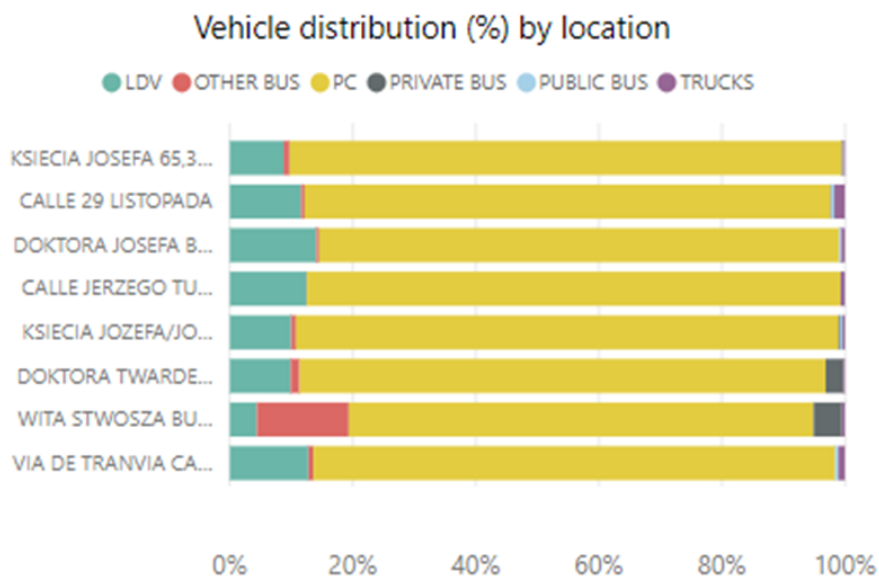
Rysunek 5-9 pokazuje rozkład autobusów według marek. Zauważono, że większość autobusów to autobusy marki MERCEDES.



Rysunek 5-9 Struktura autobusów poruszających się po drogach w Krakowie według marki pojazdu. Ze względu na czytelność wykresu przedstawiono tylko 25 najpopularniejszych marek.

PC - samochód osobowy, LDV – lekki samochód dostawczy, OTHER BUS – inne autobusy, PRIVATE BUS – autobusy prywatne, PUBLIC BUS – autobusy publiczne, TRUCKS – ciężarówki

Pomiary w różnych lokalizacjach pozwalają zidentyfikować różne pojazdy, zarówno indywidualnie, jak i w określonych kategoriach lub grupach. W niektórych lokalizacjach częściej występuje jeden typ pojazdu niż w innych, a większość pojazdów korzysta z tych samych tras każdego dnia, więc aby scharakteryzować dużą część flot pojazdów, należy uwzględnić różne lokalizacje pomiarowe. Dzięki pomiarom w wielu lokalizacjach w Krakowie uzyskano rozkład reprezentatywnej floty użytkowanej w mieście Krakowie. Rysunek 5-10 pokazuje rozkład typu pojazdu według lokalizacji.



Rysunek 5-10 Struktura pojazdów według lokalizacji

**PC - samochód osobowy, LDV – lekki samochód dostawczy, OTHER BUS – inne autobusy, PRIVATE BUS – autobusy prywatne, PUBLIC BUS – autobusy publiczne, TRUCKS – ciężarówki**

W celu przeprowadzenia analizy emisji należy również wziąć pod uwagę całkowitą liczbę zapisów dla analizowanej grupy. Ponieważ cały zbiór danych może zostać podzielony na wiele różnych grup w celu dalszej analizy, liczba rekordów na grupę zmniejsza się wraz ze wzrostem podziału. Jeśli bardzo szczegółowa grupa chce zostać poddana analizie (na przykład LDV, olej napędowy, Euro 3, marka Ford), może być tak, że zbyt mało danych jest dostępnych do właściwej analizy statystycznej lub nawet że nie ma żadnych zapisów dla tej grupy. Jak pokazują Y. Chen, Y. Zhang i J. Borken-Kleefeld, minimalna próbka powinna wynosić 200 pomiarów do obliczenia średniej emisji z pomiarów teledetekcyjnych<sup>6</sup>.

Główna kategoryzacja polega na podziale bazy danych na rodzaj paliwa, typ pojazdu i normę Euro. Jak pokazano wcześniej i wyszczególniono w poniższej tabeli, większość danych dotyczy samochodów osobowych, a w szczególności samochodów osobowych z silnikiem Diesla i benzyną Euro 5 i Euro 6, a następnie Euro 4.

Informacje te należy wziąć pod uwagę przy przeprowadzaniu badań emisji dla różnych grup. Jeśli próbka jest bardzo mała, wyniki mogą nie być reprezentatywne. W szczególności wielkość próby następujących grup jest zbyt mała, aby mieć jakiegokolwiek znaczenie statystyczne:

- PC, GAS-CNG, EURO 6.
- MOTOCYKL, BENZYNA, EURO 4.
- LDV, PETROL, EURO 1.
- HDV, DIESEL, EEV.
- HDV, DIESEL, EURO 1.

<sup>6</sup> <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.9b04123>



Rodzaj pojazdu	Rodzaj paliwa	Norma Euro	% Całości	% Unikalnych	Ilość	Ilość unikalnych
PC	DIESEL	EURO 1	0,24%	0,25%	217	160
PC	DIESEL	EURO 2	1,42%	1,63%	1294	1034
PC	DIESEL	EURO 3	6,41%	6,84%	5847	4350
PC	DIESEL	EURO 4	10,26%	10,57%	9366	6726
PC	DIESEL	EURO 5	6,98%	6,65%	6367	4230
PC	DIESEL	EURO 6	9,61%	8,95%	8775	5692
PC	GAS-CNG	EURO 6	0,00%	0,00%	2	2
PC	PETROL	EURO 1	0,48%	0,55%	440	349
PC	PETROL	EURO 2	3,47%	3,66%	3171	2327
PC	PETROL	EURO 3	9,95%	10,17%	9079	6473
PC	PETROL	EURO 4	12,36%	12,18%	11286	7749
PC	PETROL	EURO 5	8,52%	8,45%	7776	5375
PC	PETROL	EURO 6	18,01%	17,90%	16438	11389
MOTORCYCLE	PETROL	EURO 4	0,00%	0,00%	1	1
LDV	DIESEL	EURO 1	0,27%	0,29%	245	183
LDV	DIESEL	EURO 2	0,34%	0,35%	306	224
LDV	DIESEL	EURO 3	1,38%	1,44%	1262	918
LDV	DIESEL	EURO 4	3,02%	3,06%	2756	1949
LDV	DIESEL	EURO 5	2,62%	2,78%	2388	1767
LDV	DIESEL	EURO 6	1,40%	1,46%	1277	930
LDV	PETROL	EURO 1	0,01%	0,01%	7	7
LDV	PETROL	EURO 2	0,07%	0,08%	68	50
LDV	PETROL	EURO 3	0,28%	0,28%	255	175
LDV	PETROL	EURO 4	0,39%	0,37%	352	233
LDV	PETROL	EURO 5	0,40%	0,41%	367	259
LDV	PETROL	EURO 6	0,40%	0,39%	369	249
HDV	DIESEL	EEV	0,01%	0,02%	12	10
HDV	DIESEL	EURO 1	0,03%	0,02%	25	13
HDV	DIESEL	EURO 2	0,22%	0,12%	197	79
HDV	DIESEL	EURO 3	0,47%	0,31%	425	200
HDV	DIESEL	EURO 4	0,21%	0,19%	193	120
HDV	DIESEL	EURO 5	0,17%	0,18%	154	117
HDV	DIESEL	EURO 6	0,61%	0,45%	561	284
<b>SUMA:</b>			<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>	<b>91278</b>	<b>63623</b>

Tabela 5-11 Liczba pojazdów według kategorii pojazdu, rodzaju paliwa i normy Euro

PC - samochód osobowy, LDV – lekki samochód dostawczy, OTHER BUS – inne autobusy,  
 PRIVATE BUS – autobusy prywatne, PUBLIC BUS – autobusy publiczne, TRUCKS – ciężarówki,  
 MOTORCYCLE - motocykle

## 5.4 Jednostki pomiarowe i ich konwersja

Głównym odniesieniem do porównania rzeczywistych emisji z ruchu są normy Euro. Normy te określają dopuszczalne limity emisji spalin dla nowych pojazdów sprzedawanych w Unii Europejskiej i krajach członkowskich. Normy Euro regulują następujące zanieczyszczenia: tlenki azotu (NO<sub>x</sub>), węglowodory (HC), tlenek węgla (CO) i cząstki stałe (PM). Dla każdego typu pojazdu obowiązują inne normy (i limity emisji).

Normy te są unikalne dla każdego rodzaju pojazdu, rodzaju paliwa, masy pojazdu i roku produkcji pojazdu. Wartości graniczne normy Euro są określone w g / km dla samochodów osobowych i lekkich pojazdów dostawczych oraz w g / kWh dla autobusów i ciężarówek, aby porównać pomiar emisji z urządzeń RSD, pomiary (wyrażone jako stosunek zanieczyszczeń do CO<sub>2</sub> ) należy najpierw przeliczyć na gramy substancji zanieczyszczającej na kg spalonego paliwa (g / kg), a następnie na gramy substancji zanieczyszczającej na przebytą odległość (g / km) lub gramy substancji zanieczyszczającej na kWh (g / kWh), jak wyjaśniono w sekcji 2.3.

Aby przeprowadzić przeliczenie na g / km, wymagane jest zużycie paliwa przez pojazd. Ponieważ otrzymane dane techniczne nie obejmują indywidualnego zużycia paliwa, należy wziąć pod uwagę różne wartości dla różnych rodzajów pojazdów. W przypadku samochodów osobowych (PC) i lekkich pojazdów dostawczych (LDV) najdokładniejszym narzędziem do oszacowania zużycia paliwa jest model TU Graz PHEM, który jest wykorzystywany w analizach tego raportu do szacowania emisji w g / km.

W przypadku autobusów w celu przekształcenia emisji na g / kWh stosuje się współczynnik 0,26 l / kW-h, jak wyjaśniono w sekcji 2.3.

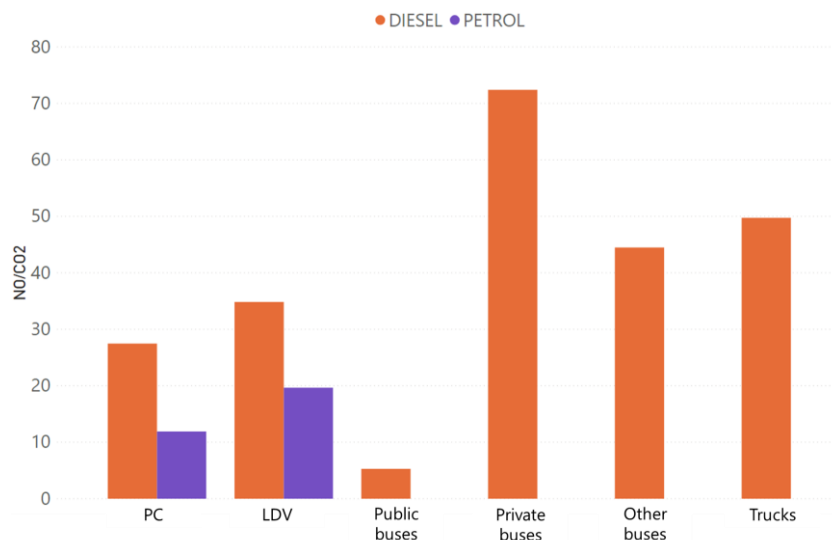
Gdy emisje nie są porównywane z normą Euro, dobrą praktyką jest analizowanie emisji specyficznych dla konkretnego paliwa wyrażanych jako emisje w g / kg, bez uwzględnienia transformacji zużycia paliwa.

Z uwagi na powyższe, w poniższych rozdziałach przedstawiono emisje w g / kg lub w g / km w zależności od celu analizy.

## 6 PODSUMOWANIE EMISJI Z POJAZDÓW

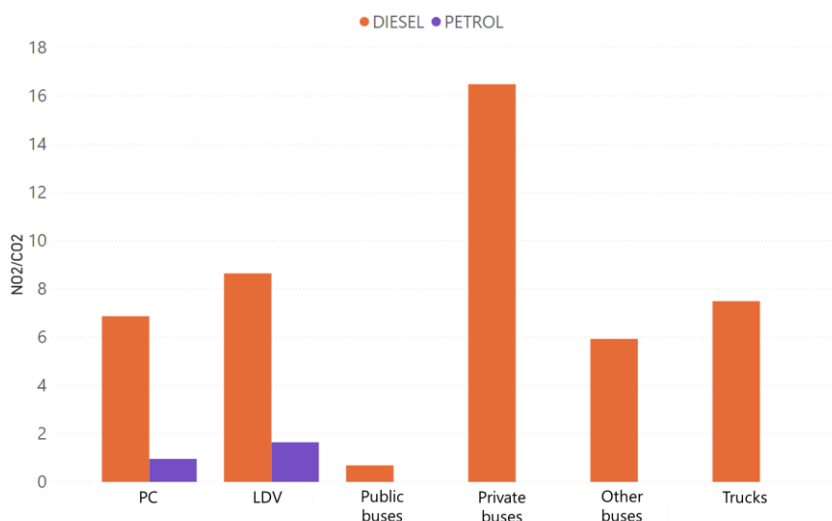
W tym rozdziale średnie emisje są pogrupowane według rodzaju pojazdu i rodzaju paliwa. Załącznik II pokazuje średnie emisje pogrupowane w formie tabeli.

Poniższe liczby pokazują średnie wskaźniki emisji zanieczyszczeń (NO, NO<sub>2</sub>, CO, HC) i PM (jako nieprzezroczystość).



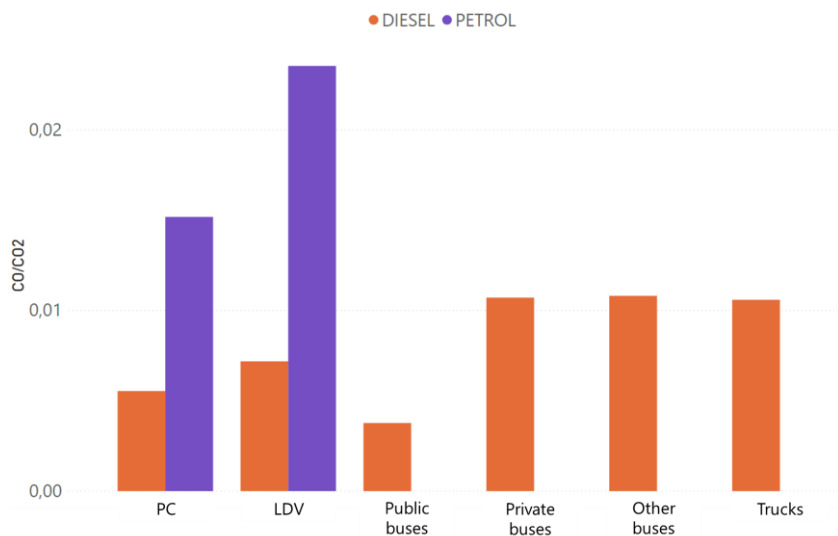
Rysunek 6-1 Średni stosunek NO/CO<sub>2</sub> w odniesieniu do rodzaju pojazdu i rodzaju paliwa

PC - samochód osobowy, LDV – lekki samochód dostawczy, OTHER BUSES – inne autobusy, PRIVATE BUSES – autobusy prywatne, PUBLIC BUSES – autobusy publiczne, TRUCKS – ciężarówki, DIESEL – pojazdy z silnikiem Diesla, PETROL – pojazdy z silnikiem benzynowym



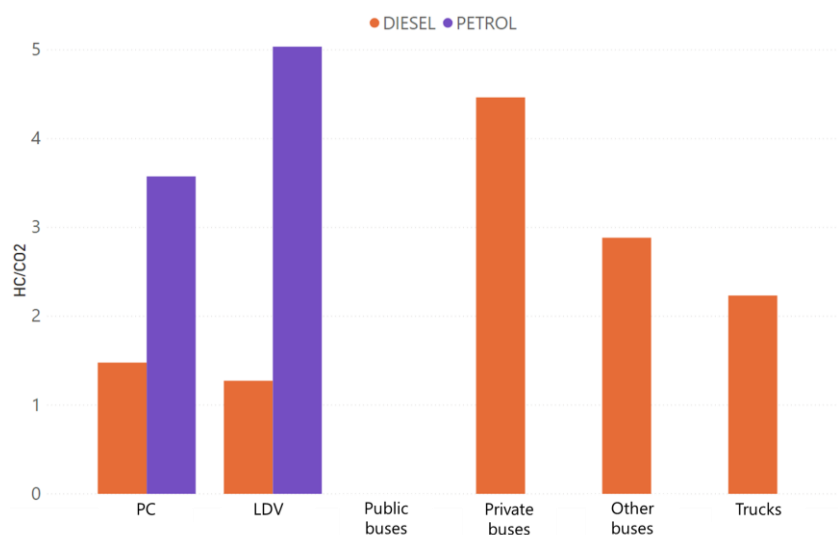
Rysunek 6-2 Średni stosunek NO<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> w odniesieniu do rodzaju pojazdu i rodzaju paliwa

PC - samochód osobowy, LDV – lekki samochód dostawczy, OTHER BUSES – inne autobusy, PRIVATE BUSES – autobusy prywatne, PUBLIC BUSES – autobusy publiczne, TRUCKS – ciężarówki, DIESEL – pojazdy z silnikiem Diesla, PETROL – pojazdy z silnikiem benzynowym



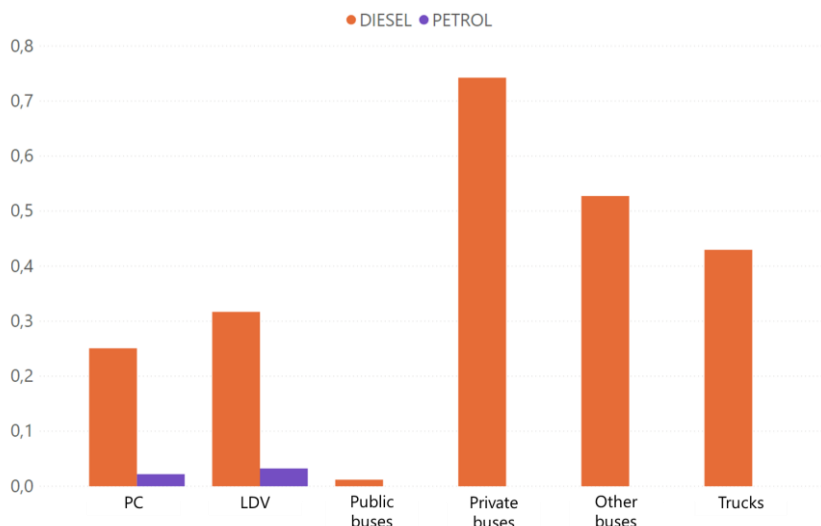
Rysunek 6-3 Średni stosunek CO/CO<sub>2</sub> w odniesieniu do rodzaju pojazdu i rodzaju paliwa

PC - samochód osobowy, LDV – lekki samochód dostawczy, OTHER BUSES – inne autobusy, PRIVATE BUSES – autobusy prywatne, PUBLIC BUSES – autobusy publiczne, TRUCKS – ciężarówki, DIESEL – pojazdy z silnikiem Diesla, PETROL – pojazdy z silnikiem benzynowym



Rysunek 6-4 Średni stosunek HC/CO<sub>2</sub> w odniesieniu do rodzaju pojazdu i rodzaju paliwa

PC - samochód osobowy, LDV – lekki samochód dostawczy, OTHER BUSES – inne autobusy, PRIVATE BUSES – autobusy prywatne, PUBLIC BUSES – autobusy publiczne, TRUCKS – ciężarówki, DIESEL – pojazdy z silnikiem Diesla, PETROL – pojazdy z silnikiem benzynowym

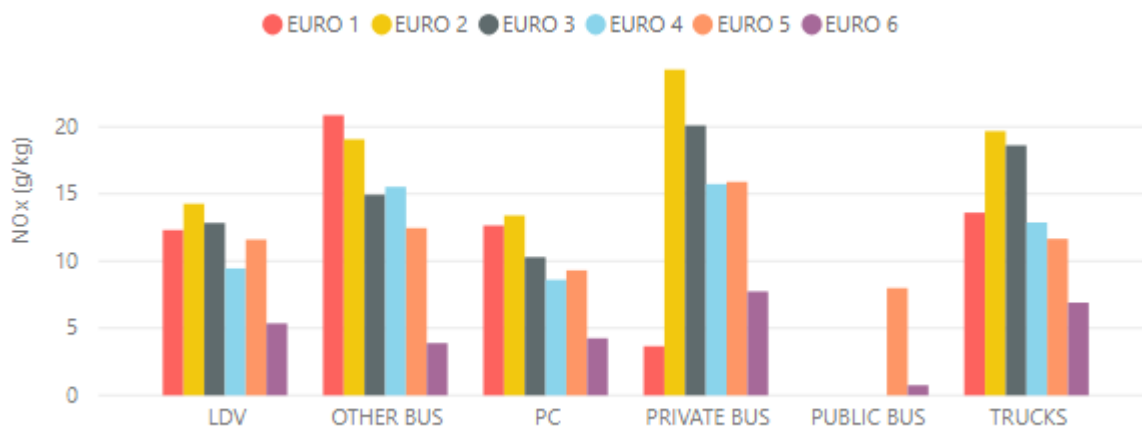


Rysunek 6-5 Średnia nieprzeźroczystość spalin w odniesieniu do rodzaju pojazdu i rodzaju paliwa

PC - samochód osobowy, LDV – lekki samochód dostawczy, OTHER BUSES – inne autobusy, PRIVATE BUSES – autobusy prywatne, PUBLIC BUSES – autobusy publiczne, TRUCKS – ciężarówki, DIESEL – pojazdy z silnikiem Diesla, PETROL – pojazdy z silnikiem benzynowym

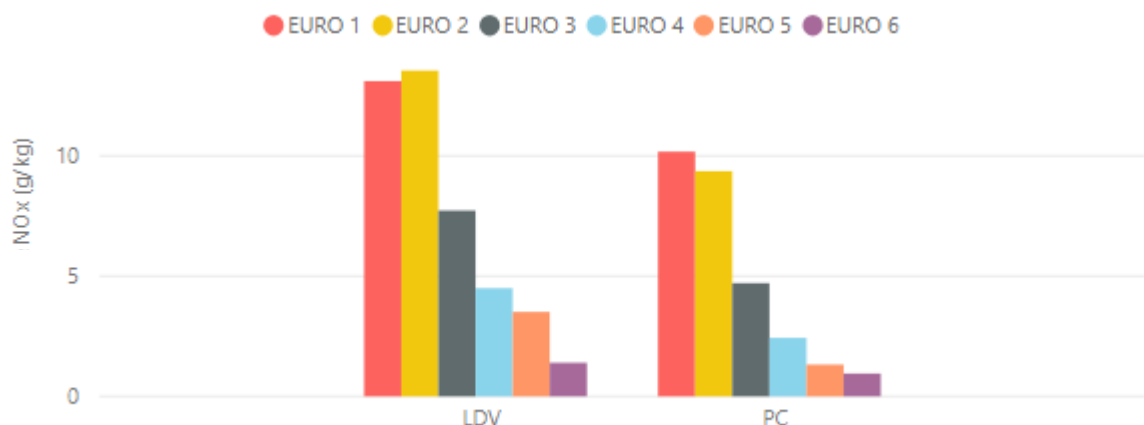
## 7 ANALIZA EMISJI NOx

W tym rozdziale analizowane są emisje NOx pojazdów poruszających się w Krakowie. Dla każdego zapisu NOx oblicza się na podstawie sumy stężeń NO i NO<sub>2</sub>, mierzonych osobno przez urządzenie pomiarowe RSD. Rys. 7-1 i rys. 7-2 porównują średnie NOx dla różnych typów pojazdów i norm Euro, rozróżniając pojazdy z silnikiem Diesla i benzynowe. Można zauważyć, że emisje NOx z prywatnych autobusów są wyższe niż w jakimkolwiek innym rodzaju pojazdu.



Rysunek 7-1 Średnia emisja NOx pogrupowana według rodzaju pojazdu i normy Euro dla pojazdów z silnikami Diesla

PC - samochód osobowy, LDV – lekki samochód dostawczy, OTHER BUSES – inne autobusy, PRIVATE BUSES – autobusy prywatne, PUBLIC BUSES – autobusy publiczne, TRUCKS – ciężarówki,



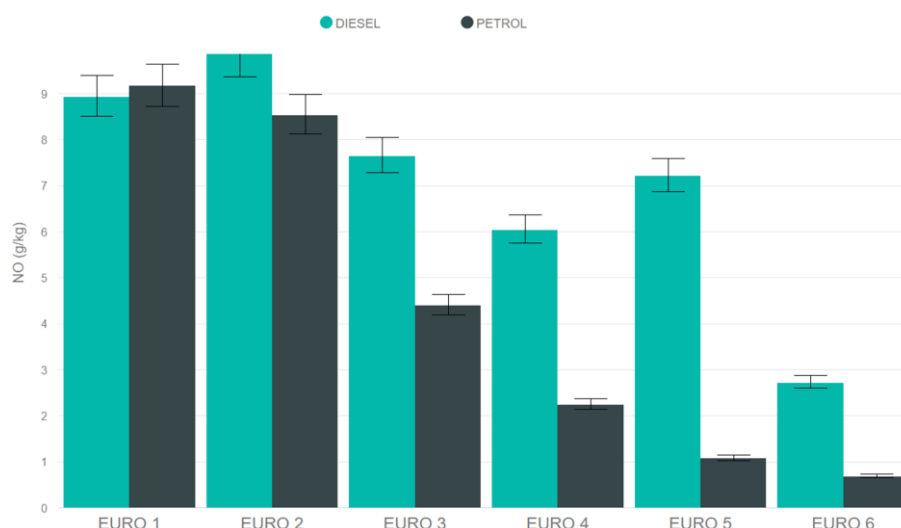
Rysunek 7-2 Średnia emisja NOx pogrupowana według rodzaju pojazdu i normy Euro dla pojazdów z silnikami benzynowymi

PC - samochód osobowy, LDV – lekki samochód dostawczy, OTHER BUSES – inne autobusy, PRIVATE BUSES – autobusy prywatne, PUBLIC BUSES – autobusy publiczne, TRUCKS – ciężarówki,

NOx w g / kg można rozdzielić na g / kg NO i na g / kg NO2, i oba zanieczyszczenia pokazano osobno w poniższych sekcjach raportu. Z drugiej strony, ponieważ norma europejska odnosi się tylko do całkowitego NOx, emisje w g / km lub w g / kWh odnoszą się tylko do całkowitego NOx.

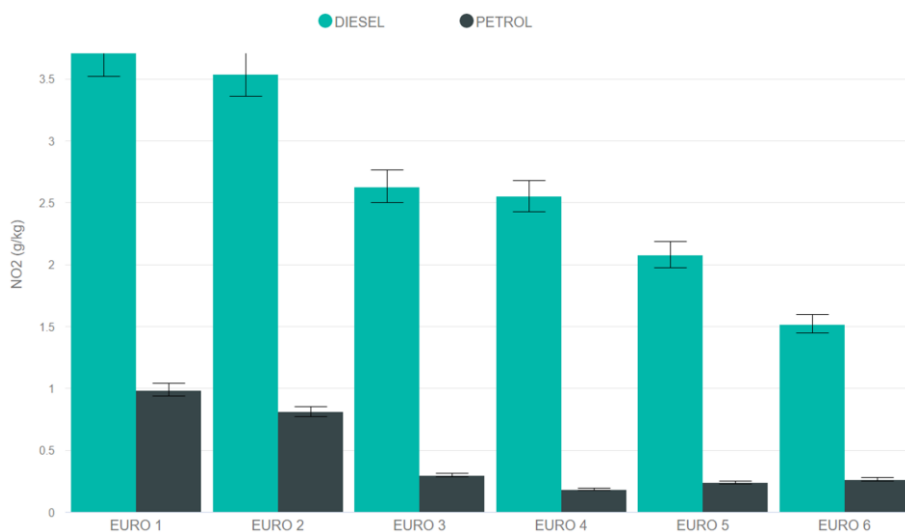
### 7.1 Analiza NOx pochodzących z samochodów osobowych

Poniższe liczby pokazują średnią emisję NO, NO2 i całkowitą emisję NOx wg / kg. Słupki błędów w kolumnach reprezentują 95% przedział ufności. Można zauważyć, że NO, NO2 lub NOx w samochodach benzynowych jest znacznie niższy niż w samochodach z silnikiem Diesla.



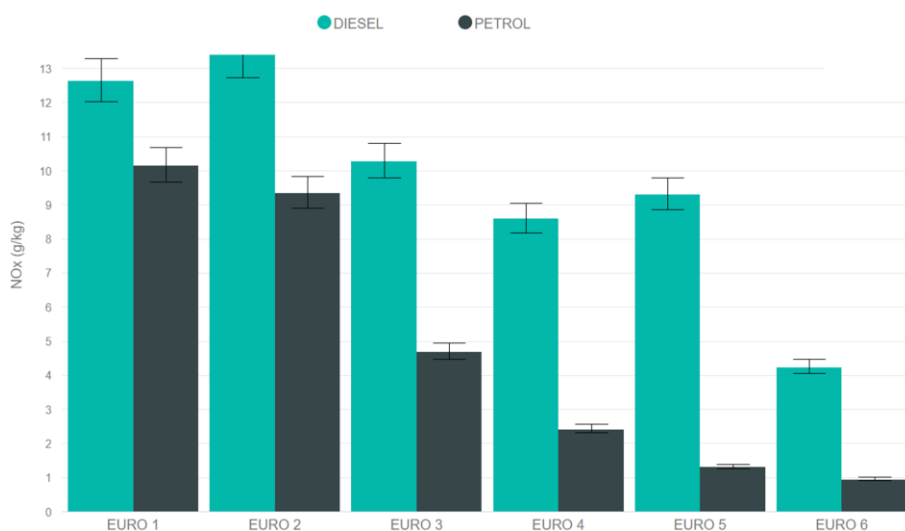
Rysunek 7-3 Średnia emisja NO (g/kg) pojazdów osobowych pogrupowana według normy Euro i rodzaju zasilania paliwem.

DIESEL – pojazdy z silnikiem Diesla, PETROL – pojazdy z silnikiem benzynowym



Rysunek 7-4 Średnia emisja NO<sub>2</sub> (g/kg) pojazdów osobowych pogrupowana według normy Euro i rodzaju zasilania paliwem.

**DIESEL – pojazdy z silnikiem Diesla, PETROL – pojazdy z silnikiem benzynowym**

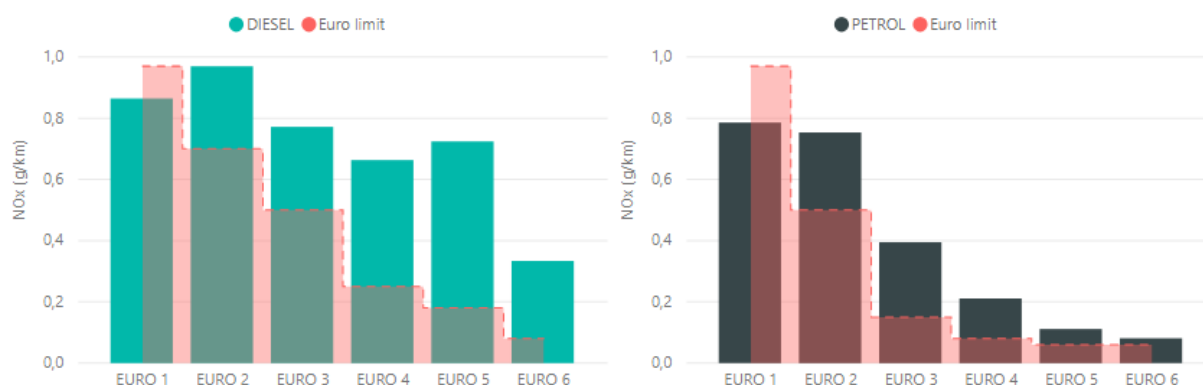


Rysunek 7-5 Średnia emisja NO<sub>x</sub> (g/kg) pojazdów osobowych pogrupowana według normy Euro i rodzaju zasilania paliwem.

**DIESEL – pojazdy z silnikiem Diesla, PETROL – pojazdy z silnikiem benzynowym**

Poniższy rysunek porównuje emisje NO<sub>x</sub> w g / km z wartościami granicznymi odpowiadającymi normie Euro. Wykres po lewej stronie pokazuje średnie emisje z samochodów osobowych z silnikiem Diesla. Wykres po prawej stronie pokazuje średnie emisje benzynowych samochodów osobowych. Zauważono, że emisje NO<sub>x</sub> z samochodów osobowych z silnikiem Diesla spełniających normę Euro 5 są wyższe niż samochodów Euro 4.

Podobna sytuacja występuje także w innych krajach europejskich<sup>7</sup>. Nastąpiła natomiast poprawa w samochodach osobowych z silnikiem Diesla Euro 6 w Krakowie, ale różnica w osiągnięciu limitu normy Euro jest ogromna. W przypadku samochodów benzynowych istnieje wyraźna tendencja do poprawy, ponieważ norma Euro staje się bardziej rygorystyczna. Pojazdy benzynowe również przekraczają limity NOx norm Euro. Badania pojazdów przekraczających normy mogą pozwolić ustalić przyczyny przekraczania norm którymi mogą być np. niesprawność pojazdu, usunięte lub wyłączone systemy oczyszczania spalin.



Rysunek 7-6 Średnia emisja NOx (g/km) pojazdów osobowych pogrupowana według normy Euro i rodzaju zasilania paliwem vs. limity normy Euro.

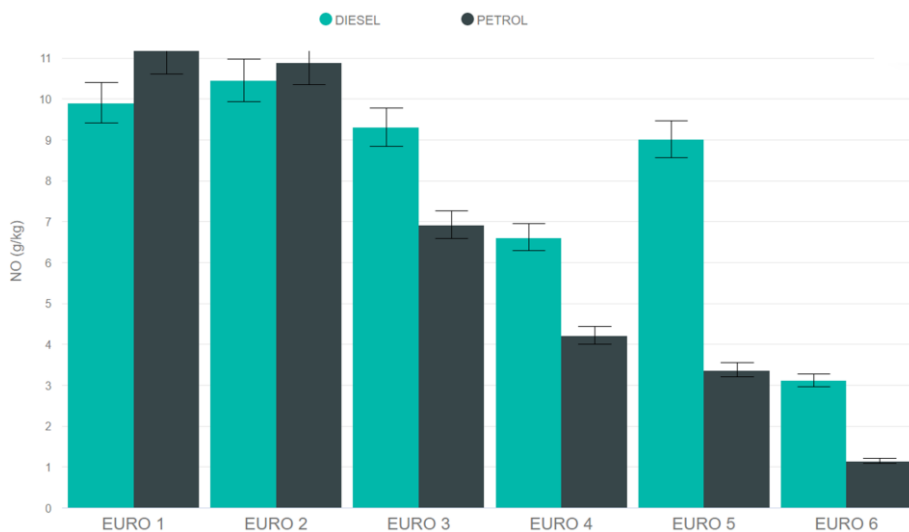
**DIESEL – pojazdy z silnikiem Diesla, PETROL – pojazdy z silnikiem benzynowym**

## 7.2 Analiza NOx dla lekkich pojazdów dostawczych

Poniższe liczby pokazują średnią emisję NO, NO<sub>2</sub> i całkowitą emisję NOx w g / kg. Słupki błędów w kolumnach reprezentują 95% przedział ufności. Podobnie jak w pojazdach osobowych zaobserwowano, że emisje NO, NO<sub>2</sub> i NOx są wyższe w przypadku pojazdów z silnikiem Diesla od pojazdów napędzanych benzyną. Samochody dostawcze z silnikiem Diesla Euro 5 emitują tyle samo, co samochody dostawcze z silnikiem Diesla Euro 3. Należy zauważyć, że liczba pojazdów LDV benzynowych spełniających normy Euro 1 oraz Euro 2 jest bardzo niska (odpowiednio 7 i 50, jak pokazano w tabeli 5-10), więc średnia może nie być reprezentatywna, jak wyjaśniono w sekcji 5.3.

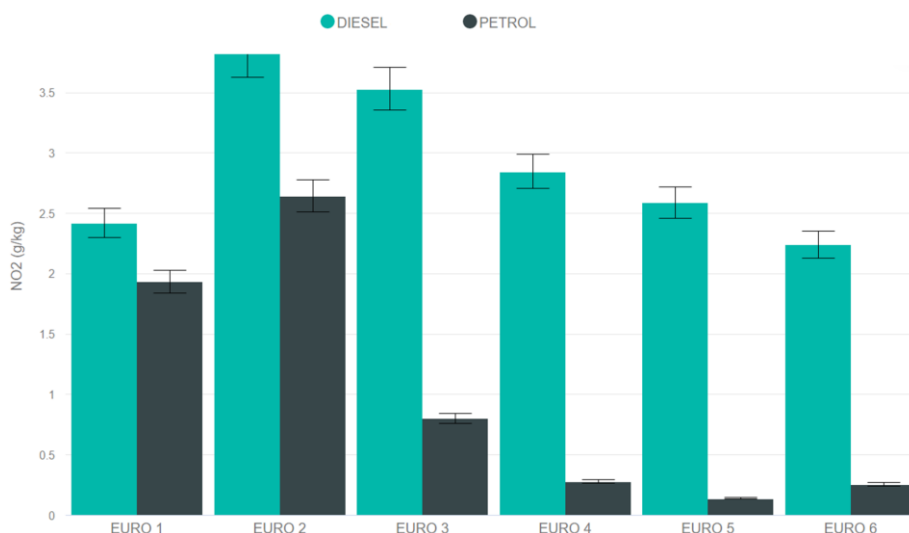
<sup>7</sup> Analogiczna sytuacja wystąpiła co najmniej w: Hiszpanii, Francji, Wielkiej Brytanii, Szwecji, Szwajcarii, Bulgarii i Niemczech. Przykład: <https://www.ivl.se/download/18.2aa26978160972788071cd79/1529407789751/real-driving-emissions-from-diesel-passengers-cars-measured-by-remote-sensing-and-as-compared-with-pems-and-chassis-dynamometer-measurements-conox-task-2-r.pdf>





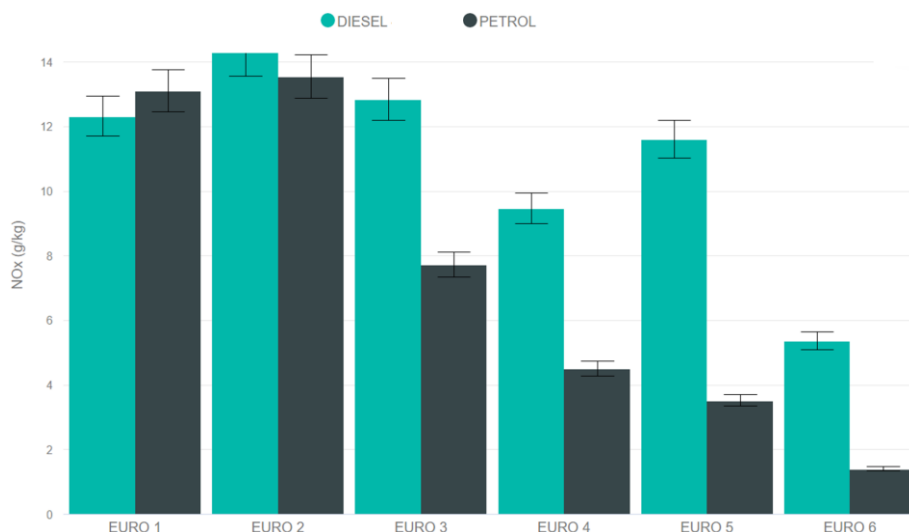
Rysunek 7-7 Średnia emisja NO (g/kg) lekkich pojazdów dostawczych (LDV) pogrupowana według normy Euro i rodzaju zasilania paliwem.

**DIESEL – pojazdy z silnikiem Diesla, PETROL – pojazdy z silnikiem benzynowym**



Rysunek 7-8 Średnia emisja NO<sub>2</sub> (g/kg) lekkich pojazdów dostawczych (LDV) pogrupowana według normy Euro i rodzaju zasilania paliwem.

**DIESEL – pojazdy z silnikiem Diesla, PETROL – pojazdy z silnikiem benzynowym**

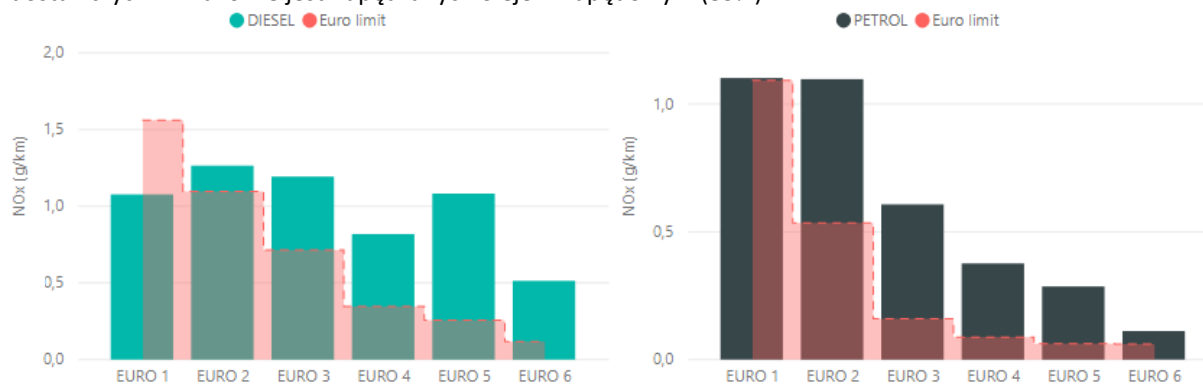


Rysunek 7-9 Średnia emisja NOx (g/kg) lekkich pojazdów dostawczych (LDV) pogrupowana według normy Euro i rodzaju zasilania paliwem.

**DIESEL – pojazdy z silnikiem Diesla, PETROL – pojazdy z silnikiem benzynowym**

Poniższy rysunek porównuje emisje NOx w g / km z wartościami granicznymi odpowiadającymi normie Euro. Wykres po lewej stronie pokazuje średnie emisje pojazdów LDV z silników Diesla. Wykres po prawej stronie pokazuje średnie emisje pojazdów LDV benzynowych. Zauważono, że emisje NOx z pojazdów dostawczych z silnikiem Diesla są prawie takie same od Euro 2 do Euro 6 z wyjątkiem w przypadku normy Euro 4.

Nastąpiła poprawa emisji z silników wysokoprężnych Euro 6 w Krakowie w porównaniu z Euro 5, chociaż emisje NOx są niewiele niższe niż z samochodów dostawczych Euro 4. W przypadku pojazdów dostawczych zasilanych benzyną istnieje wyraźna tendencja do poprawy, ponieważ norma Euro staje się bardziej rygorystyczna, a samochody dostawcze na benzynę Euro 6 są bliskie osiągnięcia limitu NOx odpowiadającej im normy. Należy jednak zauważyć, że ta grupa pojazdów zasilanych benzyną stanowi mniejszość, ponieważ większość pojazdów dostawczych w Krakowie jest napędzanych olejem napędowym (85%).

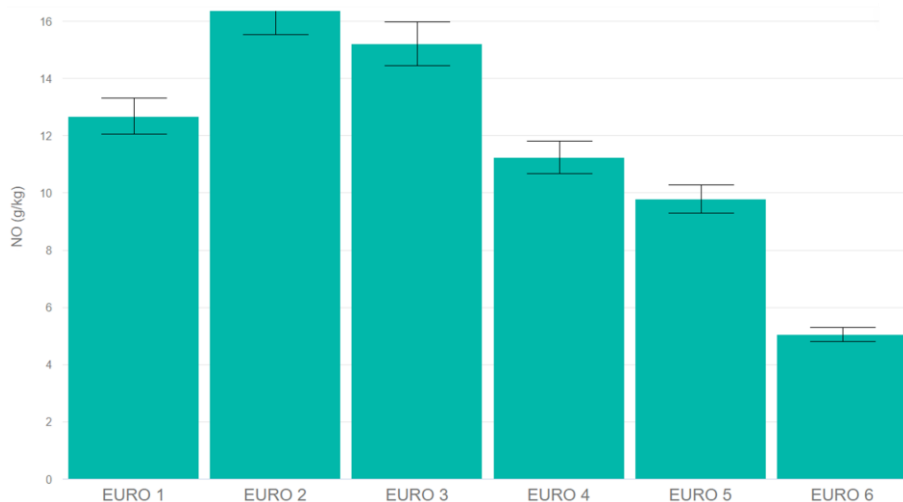


Rysunek 7-10 Średnia emisja NOx (g/km) pojazdów dostawczych (LDV) pogrupowana według normy Euro i rodzaju zasilania paliwem vs. limity norm Euro.

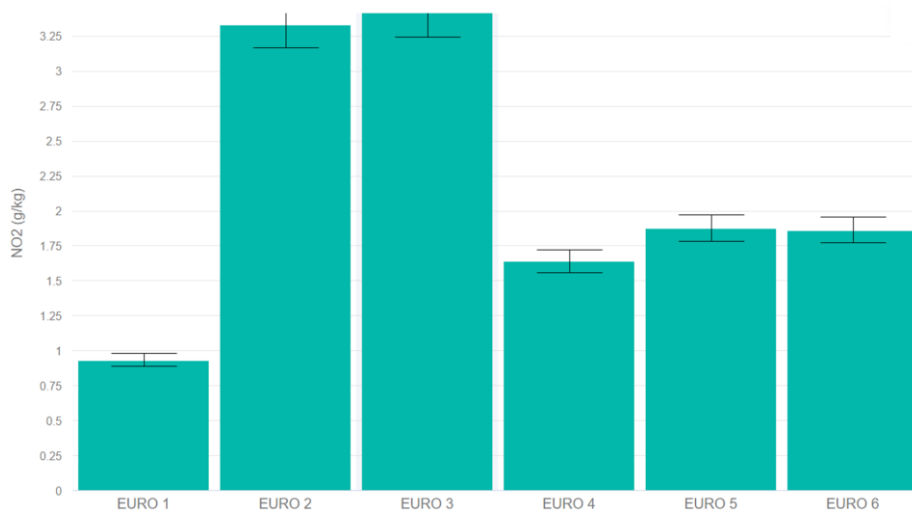
**DIESEL – pojazdy z silnikiem Diesla, PETROL – pojazdy z silnikiem benzynowym, EURO Limit – limit normy Euro**

### 7.3 Emisja NOx z ciężarówek

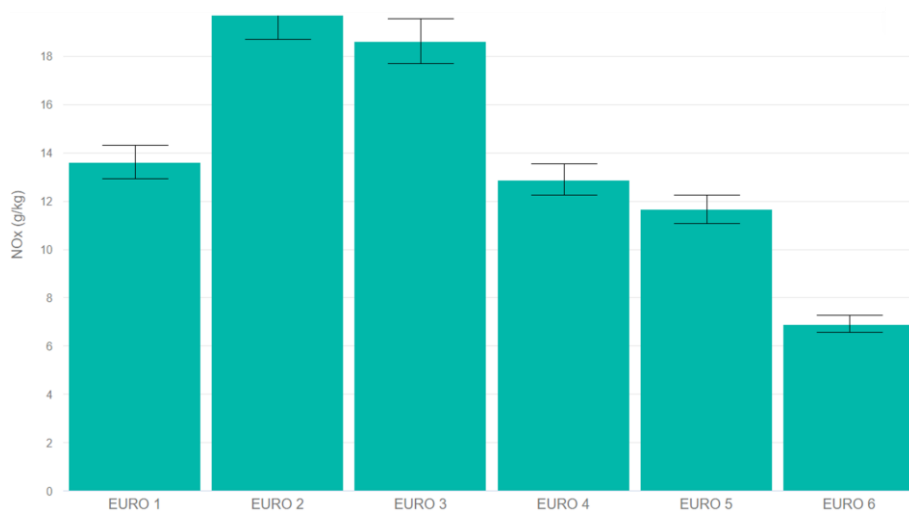
Poniższe liczby pokazują średnią emisję NO, NO<sub>2</sub> i całkowitą emisję NO<sub>x</sub> w g / kg. Słupki błędów w kolumnach reprezentują 95% przedział ufności. Wszystkie ciężarówki są napędzane silnikiem Diesla. Należy zauważyć, jak pokazano w tabeli 5-10, że istnieje tylko 25 pomiarów ciężarówek z normą Euro 1, więc średnie wartości mogą nie być reprezentatywne. W przypadku innych norm Euro próbka jest wystarczająco duża.



Rysunek 7-11 Średnia emisja NO (g/kg) ciężarówek pogrupowana według normy Euro.

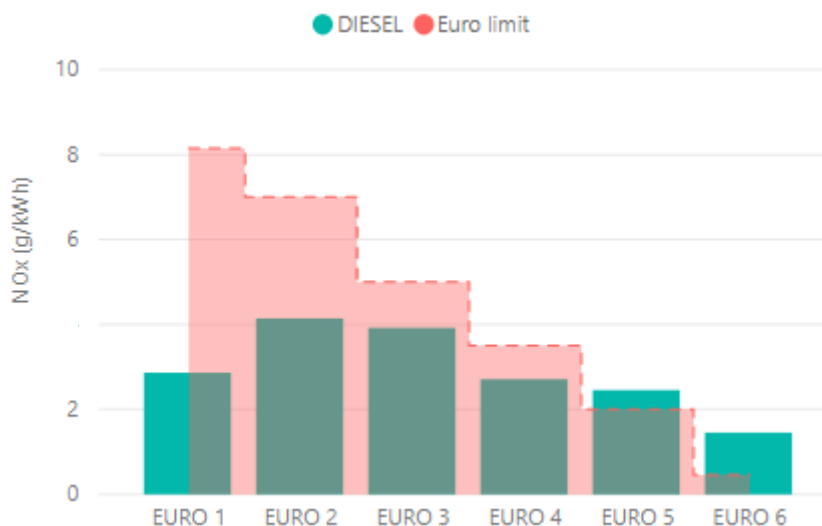


Rysunek 7-12 Średnia emisja NO<sub>2</sub> (g/kg) ciężarówek pogrupowana według normy Euro.



Rysunek 7-13 Średnia emisja NOx (g/kg) ciężarówek pogrupowana według normy Euro.

Poniższy rysunek porównuje emisje NOx w g / kWh z wartościami granicznymi odpowiadającymi normom Euro dla ciężarówek z silnikiem Diesla. Zauważono, że emisje NOx z krakowskich ciężarówek tak naprawdę nie poprawiły się przez lata. W rezultacie emisje NOx ze starszych ciężarówek (Euro 1, 2, 3 i 4) są zgodne z limitami laboratoryjnymi, podczas gdy nowsze ciężarówki przekraczają limity Euro, szczególnie Euro 6. Należy zauważyć, że maksymalne dopuszczalne ograniczenie emisji dla NOx została znacznie zmniejszona z Euro 5 do Euro 6, a z drugiej strony rzeczywiste emisje z krakowskich ciężarówek nie uległy takiej redukcji.

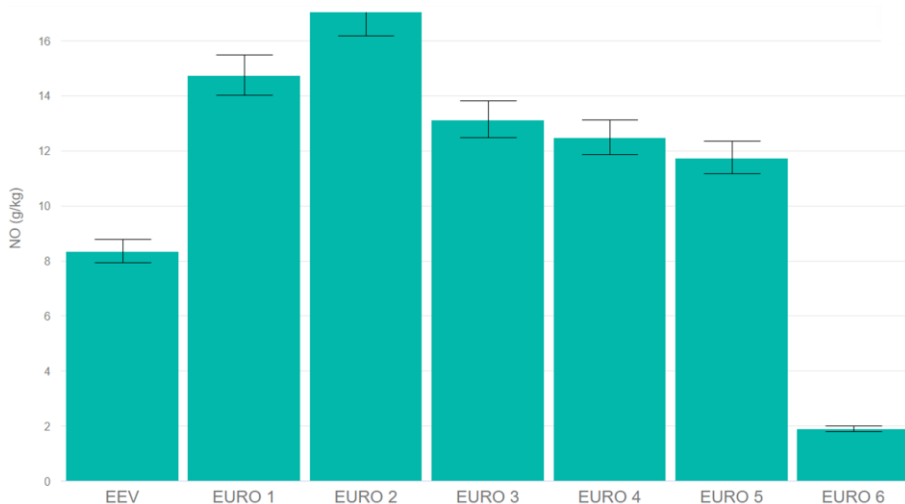


Rysunek 7-14 Średnia emisja NOx (g/kWh) samochodów ciężarowych pogrupowana według norm Euro vs. limity norm Euro

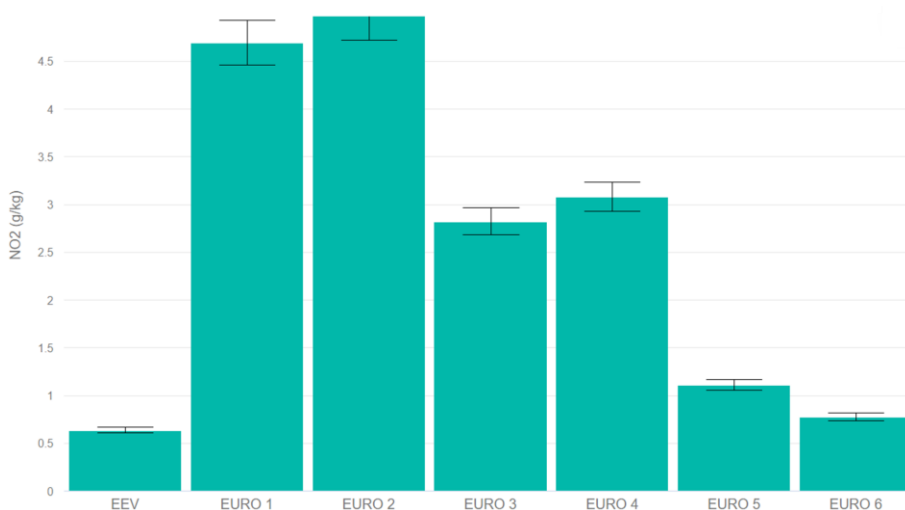
**DIESEL – pojazdy z silnikiem Diesla, PETROL – pojazdy z silnikiem benzynowym**

## 7.4 Emisja NOx z autobusów

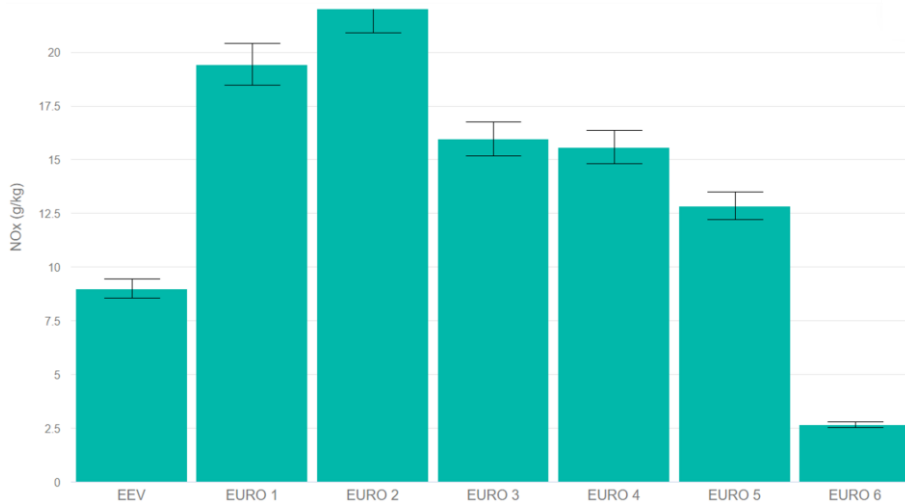
Poniższe liczby pokazują średnią emisję NO, NO<sub>2</sub> i całkowitą emisję NOx w g / kg. Słupki błędów w kolumnach reprezentują 95% przedział ufności. Wszystkie autobusy są napędzane silnikiem Diesla. Uwzględniono standard EEV (ulepszony pojazd przyjazny dla środowiska) (znaleziono tylko 10 autobusów), który jest uregulowany w europejskiej dyrektywie 2005/55 / CE i może być interpretowany jako ulepszony standard Euro 5 dla pojazdów o dużej ładowności. Należy zauważyć, że jest bardzo niewiele pomiarów autobusów zgodnych z normą EEV oraz normą Euro 1, więc średnie mogą nie być reprezentatywne. Najbardziej zauważalna na wykresie jest duża redukcja emisji NOx pojazdów z normą Euro 6 w stosunku do pojazdów z normą Euro 5.



Rysunek 7-15 Średnia emisja NO (g/kg) autobusów pogrupowana według normy Euro.

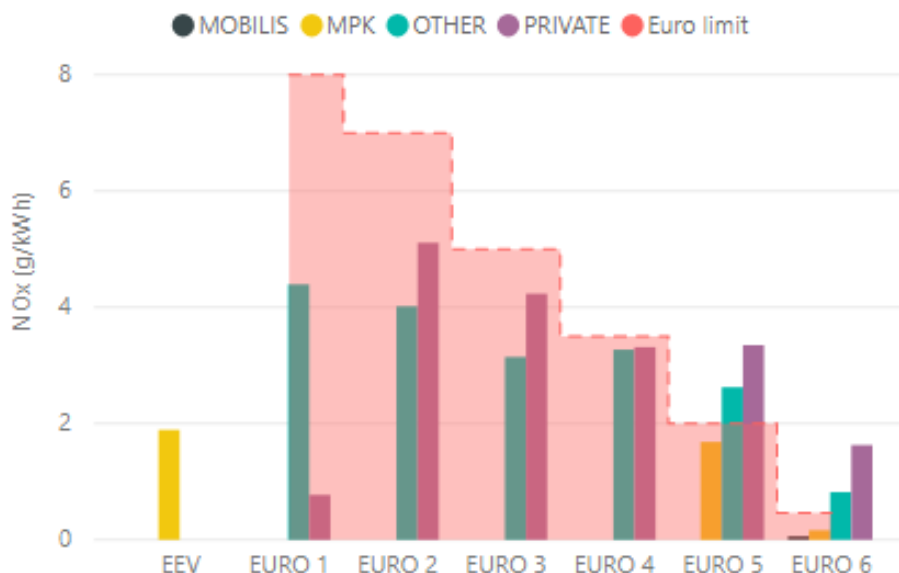


Rysunek 7-16 Średnia emisja NO<sub>2</sub> (g/kg) autobusów pogrupowana według normy Euro.



Rysunek 7-17 Średnia emisja NOx (g/kg) autobusów pogrupowana według normy Euro.

Poniższy rysunek porównuje emisje NOx w g / kWh z wartościami granicznymi odpowiadającymi normom Euro dla autobusów z silnikiem Diesla. Jak wyjaśniono w sekcji 5.3, istnieją różne kategorie autobusów. MOBILIS i MPK to autobusy publiczne. Kategoria „INNE” odnosi się do autobusów, których nie można zidentyfikować jako prywatnych lub publicznych. Zauważa się, że emisje NOx z krakowskich autobusów publicznych są znacznie poniżej limitu norm Euro. W przypadku autobusów prywatnych lub „innych” nie następuje poprawa emisji NOx, i wyraźnie przekraczają ograniczenia określone w normach Euro 5 i Euro 6. Badania pojazdów przekraczających normy mogą pozwolić ustalić przyczyny przekraczania norm którymi mogą być np. niesprawność pojazdu, usunięte lub wyłączone systemy oczyszczania spalin.

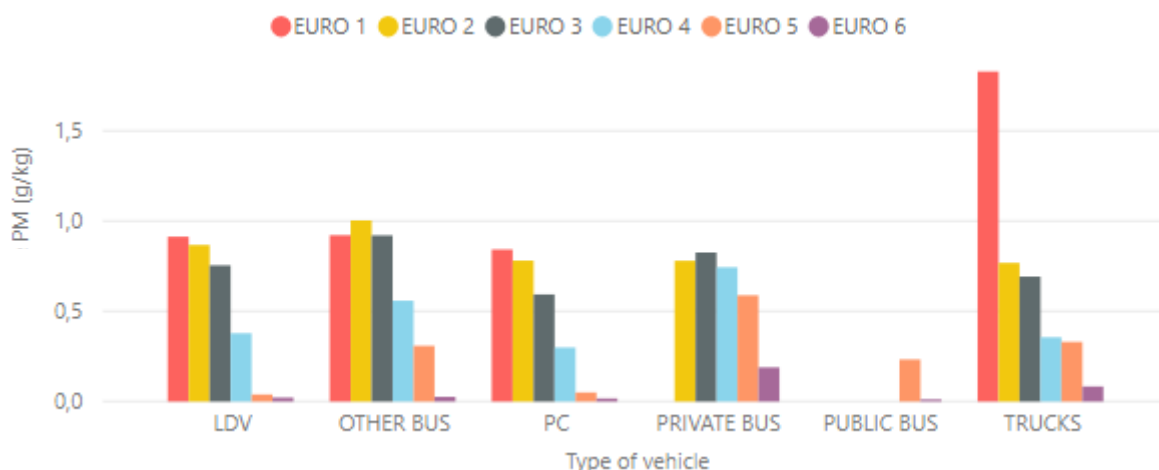


Rysunek 7-18 Średnia emisja NOx (g/kWh) autobusów pogrupowana według normy Euro vs. limity norm Euro.

**OTHER – inne autobusy, PRIVATE – autobusy prywatne, EURO LIMIT - limit normy EURO**

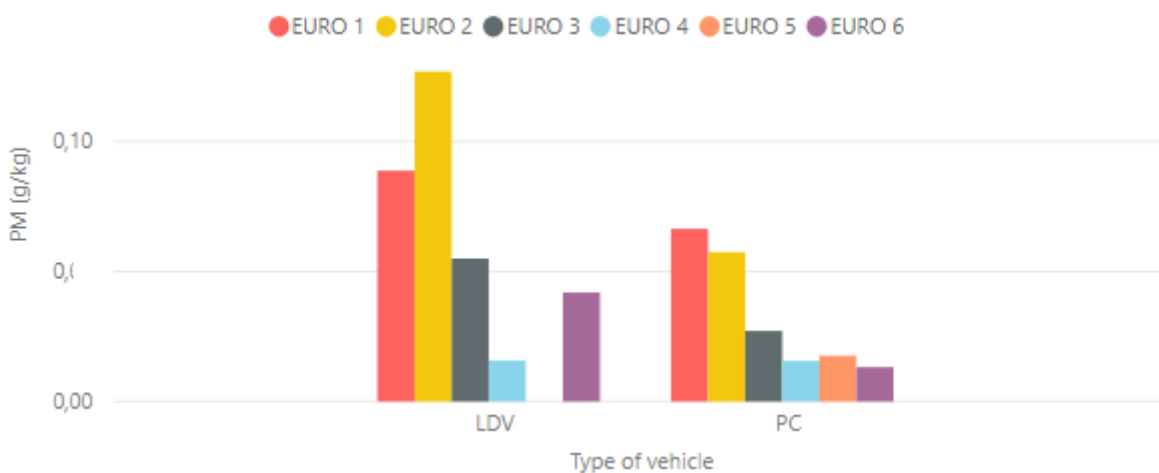
## 8 ANALIZA EMISJI CZĄSTECZEK STAŁYCH PM

W tym rozdziale analizowane są emisje cząstek stałych (PM). Rysunek 8-1 i rysunek 8-2 porównują średnią emisję PM w g / kg dla różnych rodzajów pojazdów i norm Euro, rozróżniając pojazdy z silnikiem Diesla i benzynowe. Można zauważyć, że nie ma drastycznych różnic w emisji PM między różnymi typami pojazdów. Z uwagi na to że są tylko 25 ciężarówki ze standardem Euro 1 wysoka wartość pokazana na wykresie dla tej grupy nie jest statystycznie reprezentatywna.



Rysunek 8-1 Średnia emisja cząstek PM pojazdów z silnikiem Diesla pogrupowana według rodzaju pojazdu oraz normy Euro

PC - samochód osobowy, LDV – lekki samochód dostawczy, OTHER BUS – inne autobusy, PRIVATE BUSES – autobusy prywatne, PUBLIC BUS – autobusy publiczne, TRUCKS – ciężarówki,

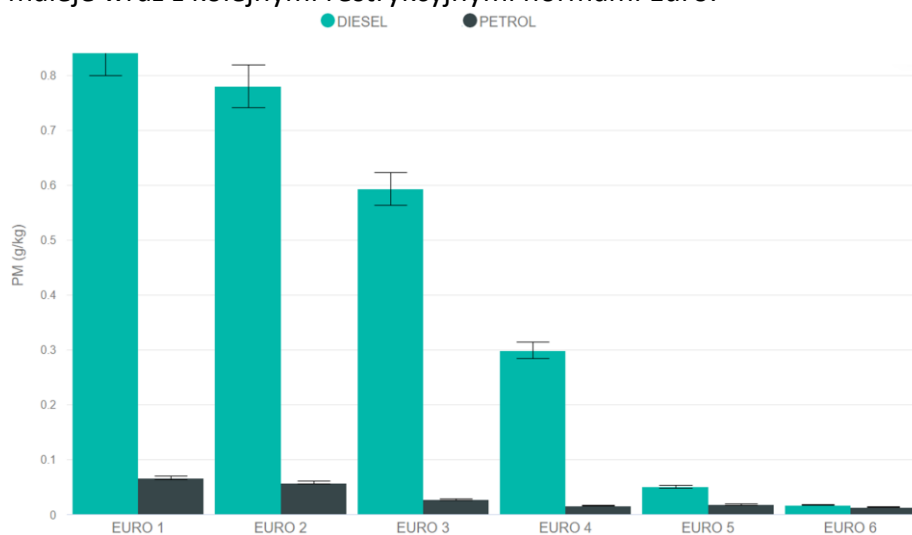


Rysunek 8-2 Średnia emisja cząstek PM pojazdów z silnikiem benzynowym pogrupowana według rodzaju pojazdu oraz normy Euro

PC - samochód osobowy, LDV – lekki samochód dostawczy

## 8.1 Emisja cząsteczek PM przez pojazdy osobowe

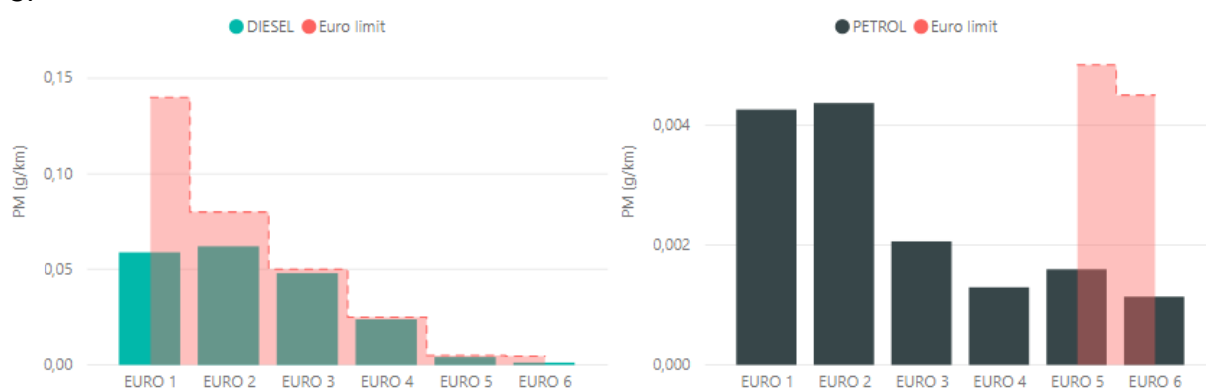
Poniższy rysunek pokazuje średnią emisję PM w g / kg. Słupki błędów w kolumnach reprezentują 95% przedział ufności. Można zauważyć, że emisja PM z samochodów osobowych z silnikiem Diesla jest znacznie wyższa niż PM z samochodów benzynowych. Różnica ta maleje wraz z kolejnymi restrykcyjnymi normami Euro.



Rysunek 8-3 Średnia emisja PM (g/kg) pogrupowana według rodzaju zasilania paliwem oraz normy Euro.

**DIESEL – pojazdy z silnikiem Diesla, PETROL – pojazdy z silnikiem benzynowym**

Poniższy rysunek porównuje emisje PM w g / km z wartościami granicznymi odpowiedniej normy Euro. Wykres po lewej stronie pokazuje średnie emisje z samochodów osobowych z silnikiem Diesla. Wykres po prawej stronie pokazuje średnie emisje benzynowych samochodów osobowych. Zauważono, że średnie emisje PM z samochodów osobowych z silnikiem Diesla powoli poprawiają się wraz z nowszymi normami i nieprzekraczają ich. W przypadku samochodów benzynowych nastąpiła ogromna poprawa w samochodach Euro 3.



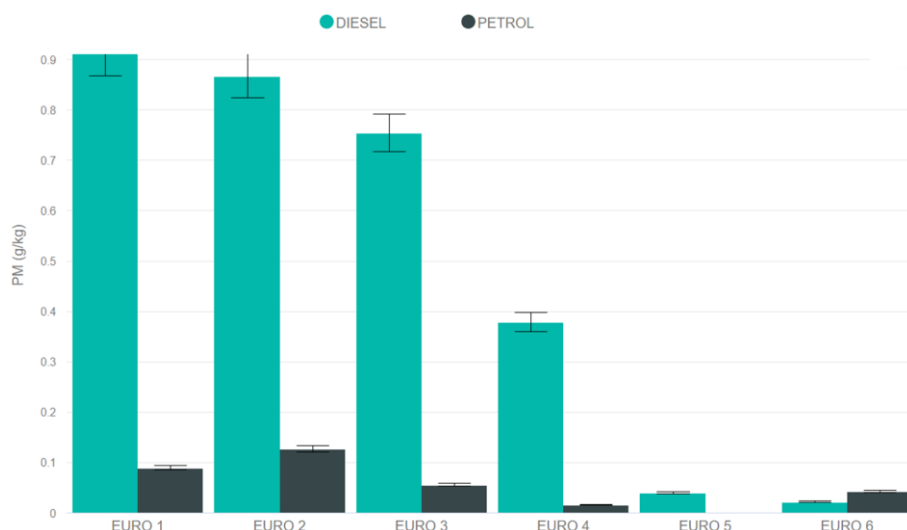
Rysunek 8-4 Średnia emisja PM (g/km) pogrupowana według rodzaju zasilania paliwa i normy Euro vs. limity normy Euro.

**DIESEL – pojazdy z silnikiem Diesla, PETROL – pojazdy z silnikiem benzynowym**



## 8.2 Emicja cząsteczek PM przez lekkie pojazdy dostawcze LDV

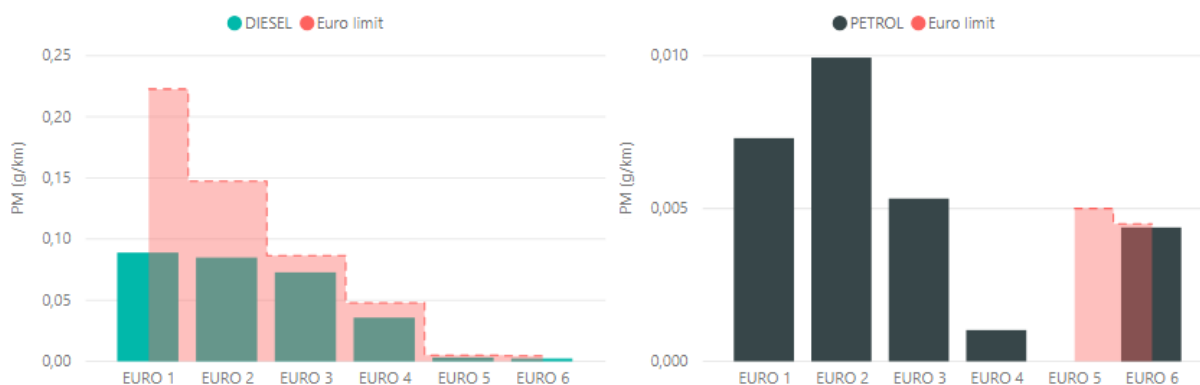
Poniższy rysunek pokazuje średnią emisję PM w g / kg. Słupki błędów w kolumnach reprezentują 95% przedział ufności. Można zauważyć, że emisja cząsteczek PM z LDV wyposażonymi w silniki Diesla jest znacznie wyższa niż PM z LDV na benzynę. Należy zauważyć, że większość pojazdów dostawczych jest napędzanych olejem napędowym (85%).



Rysunek 8-5 Średnia emisja PM (g/kg) pogrupowana według rodzaju zasilania paliwem oraz normy Euro

### DIESEL – pojazdy z silnikiem Diesla, PETROL – pojazdy z silnikiem benzynowym

Poniższy rysunek porównuje emisje PM w g / km z wartościami granicznymi z odpowiedniej normy Euro. Wykres po lewej stronie pokazuje średnie emisje LDV z silników Diesla. Wykres po prawej stronie pokazuje średnie emisje LDV benzyny. Zauważono, że emisje PM z pojazdów LDV z silnikami wysokoprężnymi są zgodne z wszystkimi normami Euro od Euro 1 do Euro 6. Emisje PM z pojazdów dostawczych zasilanych benzyną są poniżej limitów Euro i są znacznie niższe niż z pojazdów dostawczych z silnikiem Diesla. W przypadku pojazdów benzynowych spełniających normę Euro 5 średnia emisja PM jest bliska zeru.

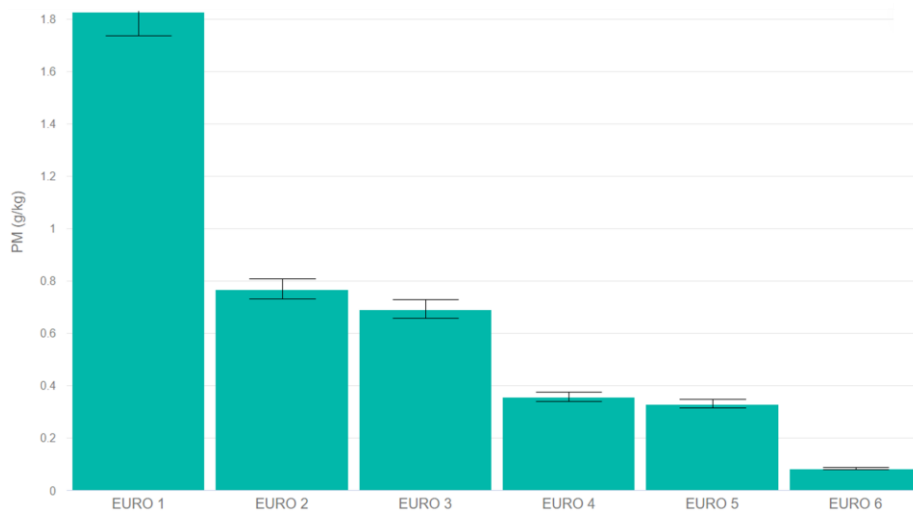


Rysunek 8-6 Średnia emisja PM (g/km) pogrupowana według rodzaju zasilania paliwa i normy Euro vs. limity normy Euro.

### DIESEL – pojazdy z silnikiem Diesla, PETROL – pojazdy z silnikiem benzynowym, EURO limit – limit normy Euro

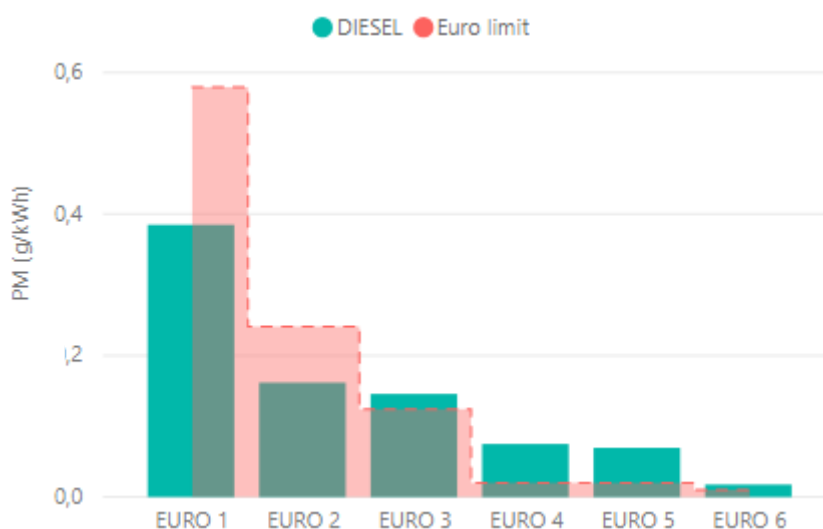
### 8.3 Emisja cząsteczek stałych z ciężarówek

Poniższy rysunek pokazuje średnią emisję PM w g / kg. Słupki błędów w kolumnach reprezentują 95% przedział ufności. Wszystkie ciężarówki są napędzane silnikiem Diesla.



Rysunek 8-7 Średnia emisja PM (g/kg) pogrupowana normy Euro.

Poniższy rysunek porównuje emisje PM w g / kWh z wartościami granicznymi odpowiadającymi normom Euro dla ciężarówek z silnikiem Diesla. Zauważono, że emisje PM ciężarówek nie poprawiły się znacznie od norm Euro 2 do Euro 5. Widzimy, iż w pojazdach spełniających normy Euro 3/4/5/6 występuje przekroczenie emisji PM. Ciężarówki Euro 6 są mniej zanieczyszczające, ale nadal nie spełniają limitów homologacyjnych. Badania pojazdów przekraczających normy mogą pozwolić ustalić przyczyny przekraczania norm którymi mogą być np. niesprawność pojazdu, usunięte lub wyłączone systemy oczyszczania spalin.

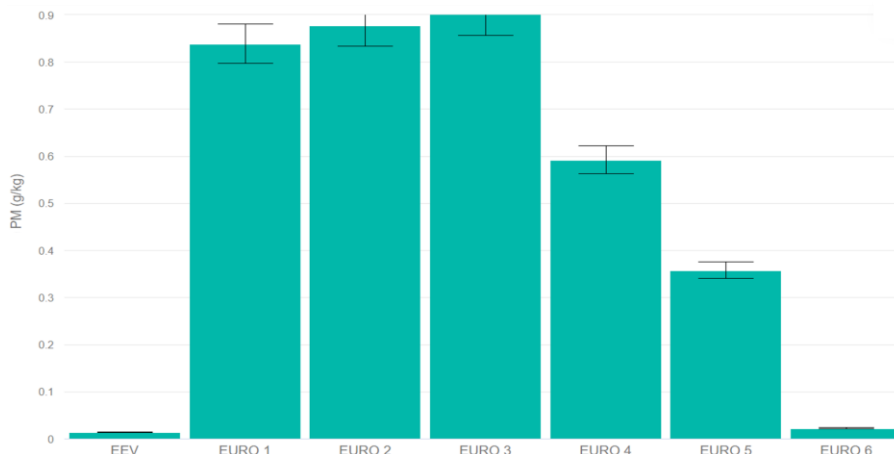


Rysunek 8-8 Średnia emisja PM (g/kWh) pogrupowana normy Euro vs. limity normy Euro.

**DIESEL** – pojazdy z silnikiem Diesla, **PETROL** – pojazdy z silnikiem benzynowym,  
**EURO limit** – limit normy Euro

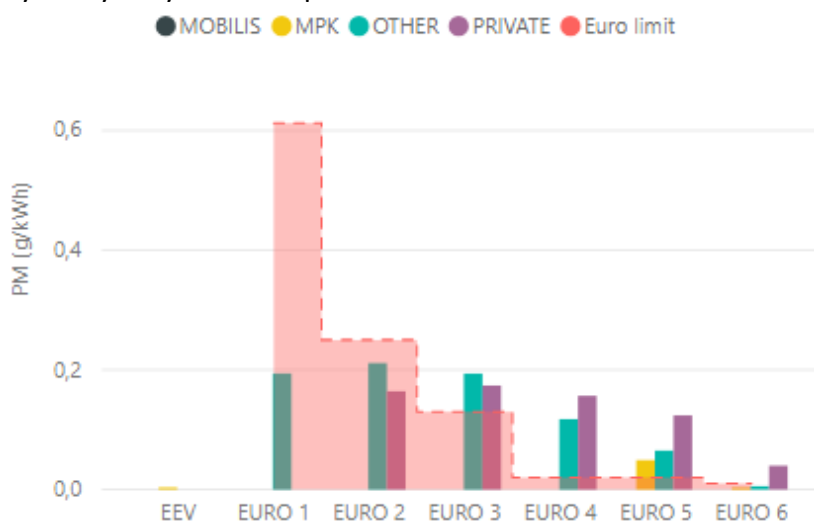
### 8.4 Emisja PM z autobusów

Poniższy rysunek pokazuje średnią emisję PM w g / kg. Słupki błędów w kolumnach reprezentują 95% przedział ufności. Wszystkie autobusy są napędzane silnikiem Diesla. Uwzględniono normę EEV (znaleziono tylko 10 autobusów), która jest uregulowana w europejskiej dyrektywie 2005/55 / CE i może być interpretowana jako ulepszona norma Euro 5 dla pojazdów o dużej ładowności.



Rysunek 8-9 Średnia emisja PM (g/kg) pogrupowana normy Euro.

Poniższy rysunek porównuje emisje PM w g / kWh z wartościami granicznymi odpowiadającymi normom Euro dla autobusów z silnikiem Diesla. Zauważono, że emisje PM z krakowskich autobusów publicznych (MOBILIS i MPK) są znacznie niższe niż w pozostałych autobusach. Autobusy MOBILIS spełniające normę Euro 6 nie są widoczne, ponieważ mają zasadniczo zerową emisję PM zgodnie z pomiarem RSD. W przypadku autobusów prywatnych nie nastąpiła znacząca poprawa emisji PM i przekraczają one limity określone w normach Euro 3, 4, 5 i Euro 6. Badania pojazdów przekraczających normy mogą pozwolić ustalić przyczyny przekraczania norm którymi mogą być np. niesprawność pojazdu, usunięte lub wyłączone systemy oczyszczania spalin.

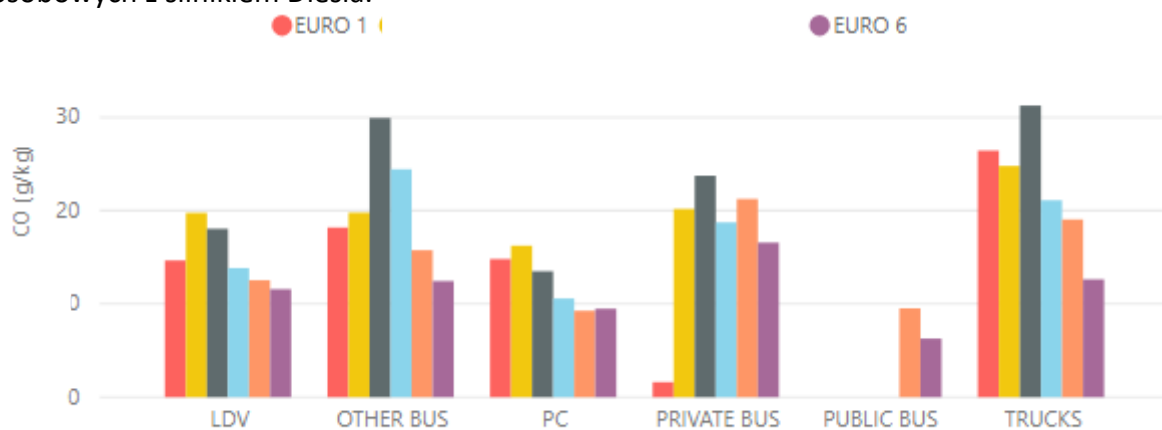


Rysunek 8-10 Średnia emisja PM (g/km) pogrupowana normy Euro vs. limity normy Euro.

**OTHER – inne autobusy, PRIVATE– autobusy prywatne, EURO limit – limit normy Euro**

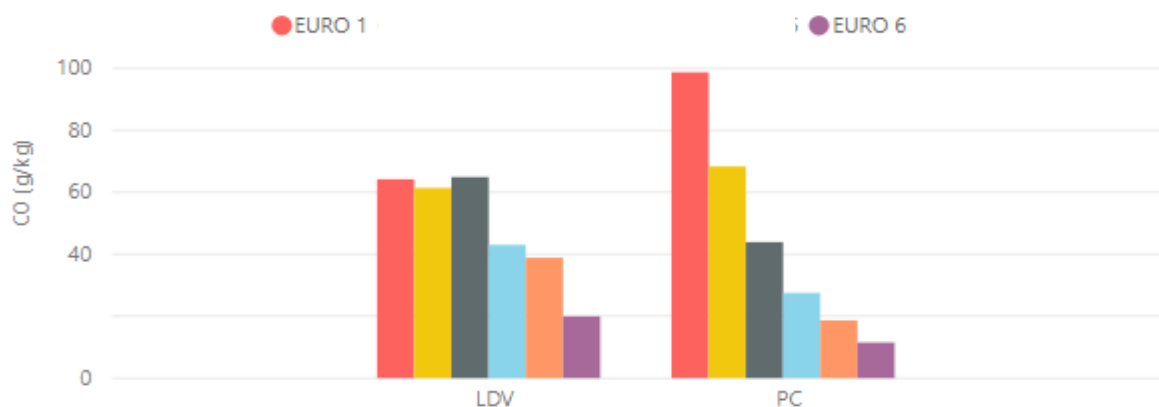
## 9 ANALIZA EMISJI CO

W tym rozdziale analizowane są emisje CO pojazdów poruszających się po krakowskich ulicach. Rysunek 9-1 i Rysunek 9-2 porównują średnie emisje CO w g / kg dla różnych rodzajów pojazdów i norm Euro, rozróżniając pojazdy z silnikiem Diesla i benzynowe. Można zauważyć, że emisje CO przez pojazdy benzynowe są znacznie wyższe niż w przypadku pojazdów z silnikiem Diesla. Nie ma istotnej różnicy między benzynowymi samochodami osobowymi a benzynowymi samochodami dostawczymi. W przypadku pojazdów z silnikiem Diesla ciężarówki i autobusy mają generalnie wyższy poziom emisji CO niż inne lżejsze pojazdy, chociaż w autobusach publicznych emisje CO są nawet niższe niż w przypadku samochodów osobowych z silnikiem Diesla.



Rysunek 9-1 Średnia emisja CO pojazdów z silnikiem Diesla pogrupowana według rodzaju pojazdu oraz normy Euro

PC - samochód osobowy, LDV – lekki samochód dostawczy, OTHER BUS – inne autobusy, PRIVATE BUS – autobusy prywatne, PUBLIC BUS – autobusy publiczne, TRUCKS – ciężarówki,

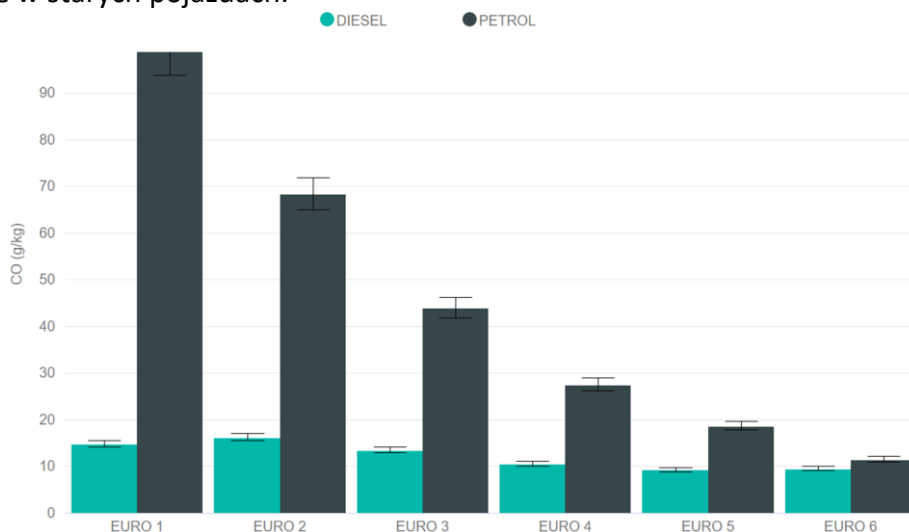


Rysunek 9-2 Średnia emisja CO pojazdów z silnikiem benzynowym pogrupowana według rodzaju pojazdu oraz normy Euro

PC - samochód osobowy, LDV – lekki samochód dostawczy

## 9.1 Emisja CO z pojazdów osobowych

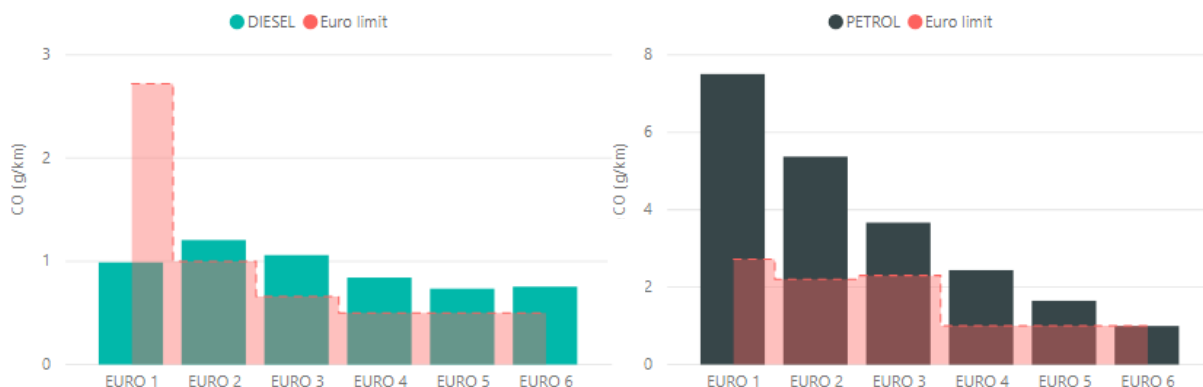
Poniższy rysunek pokazuje średnią emisję CO w g / kg. Słupki błędów w kolumnach reprezentują 95% przedział ufności. Można zauważyć, że emisja CO w benzynowych samochodach osobowych jest wyższa niż emisja CO w samochodach z silnikiem Diesla, szczególnie w starych pojazdach.



Rysunek 9-3 Średnia emisja CO (g/kg) samochodów osobowych pogrupowana według rodzaju zasilania paliwem oraz normy Euro.

**DIESEL – pojazdy z silnikiem Diesla, PETROL – pojazdy z silnikiem benzynowym**

Poniższy rysunek porównuje emisje CO w g / km z wartościami granicznymi odpowiadającymi normie Euro. Wykres po lewej stronie pokazuje średnie emisje z samochodów osobowych z silnikiem Diesla. Wykres po prawej stronie pokazuje średnie emisje benzynowych samochodów osobowych. Zauważono, że emisje CO z samochodów osobowych z silnikiem Diesla nie uległy poprawie na przestrzeni lat i w wyniku tego emisje CO w samochodach z silnikiem Diesla przekraczają limity laboratoryjne od normy Euro 2. W przypadku samochodów benzynowych emisje CO poprawiają się wraz z nowszymi standardami, w wyniku czego samochody benzynowe Euro 6 już spełniają ten limit.

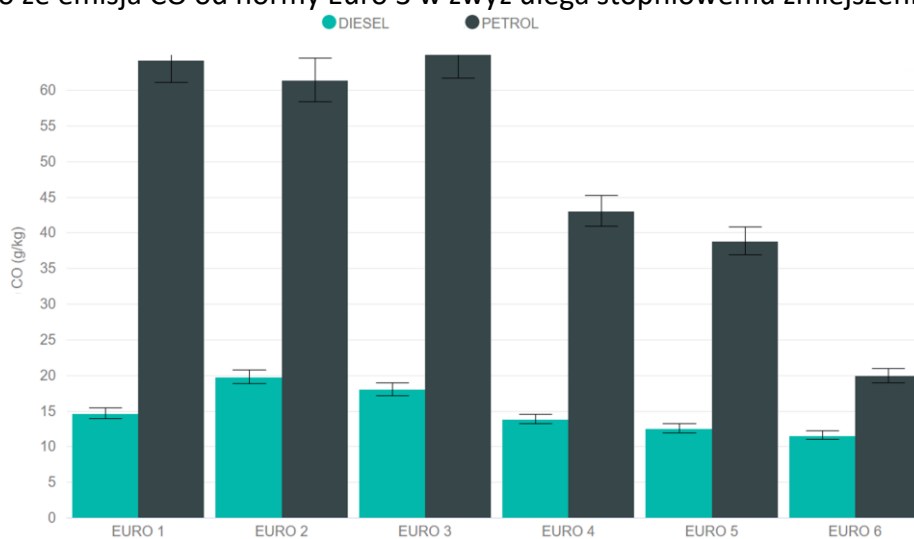


Rysunek 9-4 Średnia emisja CO (g/km) samochodów osobowych pogrupowana według rodzaju zasilania paliwem i normy Euro vs. limity norm Euro

**DIESEL – pojazdy z silnikiem Diesla, PETROL – pojazdy z silnikiem benzynowym,  
EURO limit – limit normy Euro**

## 9.2 Emisja CO z lekkich pojazdów dostawczych LDV

Poniższy rysunek pokazuje średnią emisję CO w g / kg. Słupki błędów w kolumnach reprezentują 95% przedział ufności. Można zauważyć, że emisja CO z lekkich pojazdów dostawczych LDV z silnikiem benzynowym jest znacznie wyższy niż CO z LDV z silnikiem Diesla. Zauważono że emisja CO od normy Euro 3 w wyższy ulega stopniowemu zmniejszeniu.

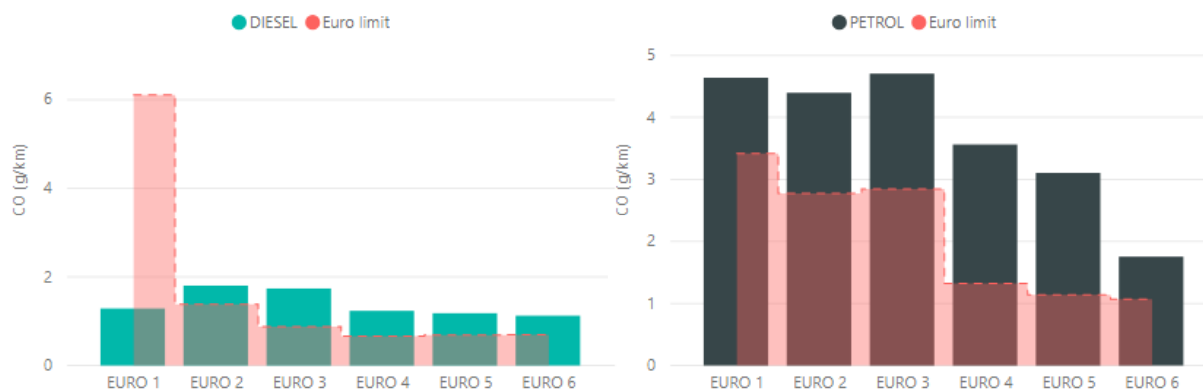


Rysunek 9-5 Średnia emisja CO (g/kg) lekkich samochodów dostawczych pogrupowana według rodzaju zasilania paliwem oraz normy Euro.

**DIESEL – pojazdy z silnikiem Diesla, PETROL – pojazdy z silnikiem benzynowym**

Poniższy rysunek porównuje emisje CO w g / km z wartościami granicznymi odpowiadającymi normie Euro. Wykres po lewej stronie pokazuje średnie emisje LDV z silników Diesla. Wykres po prawej stronie pokazuje średnie emisje LDV zasilanych benzyną. Zauważono, że emisje CO z LDV z silników Diesla nie uległy poprawie od czasu normy Euro 4 i istnieje stała różnica między rzeczywistymi emisjami a limitami homologacji. W przypadku pojazdów napędzanych

benzyną istnieje tendencja do zmniejszania się, ale emisje CO są stale wyższe niż limity Euro. Badania pojazdów przekraczających normy mogą pozwolić ustalić przyczyny przekraczania norm którymi mogą być np. niesprawność pojazdu, usunięte lub wyłączone systemy oczyszczania spalin.

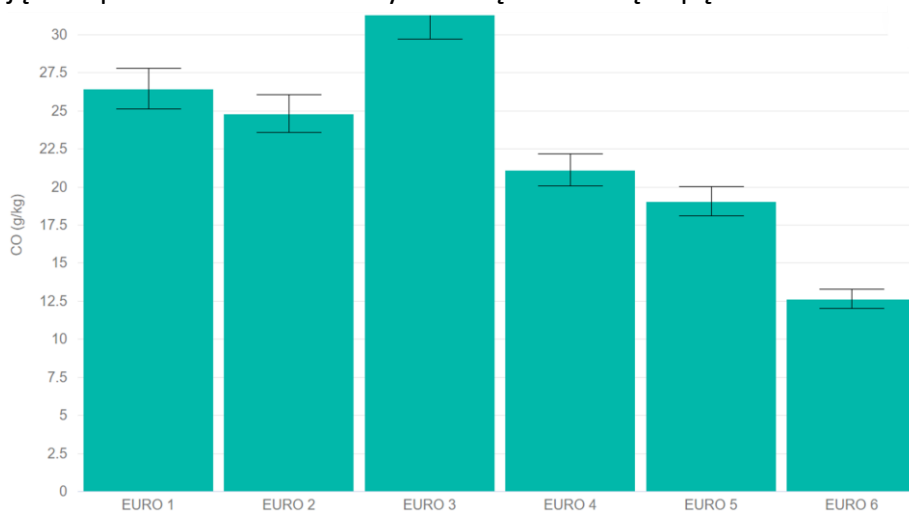


Rysunek 9-6 Średnia emisja CO (g/km) lekkich samochodów dostawczych pogrupowana według rodzaju zasilania paliwem oraz normy Euro vs. limity norm Euro

**DIESEL – pojazdy z silnikiem Diesla, PETROL – pojazdy z silnikiem benzynowym, EURO limit – limit normy Euro**

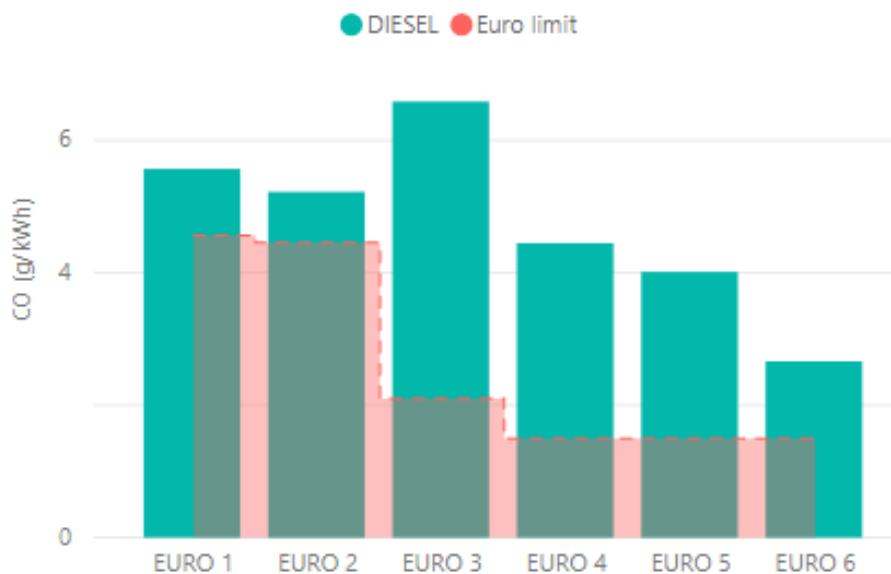
### 9.3 Emisja CO z ciężarówek

Poniższy rysunek pokazuje średnią emisję CO w g / kg. Słupki błędów w kolumnach reprezentują 95% przedział ufności. Wszystkie ciężarówki są napędzane silnikiem Diesla.



Rysunek 9-7 Średnie emisje CO (g/kg) z ciężarówek pogrupowane według normy Euro.

Poniższy rysunek porównuje emisje CO w g / kWh z wartościami granicznymi odpowiadającymi normom Euro dla ciężarówek z silnikiem Diesla. Zauważono, że emisje CO z krakowskich ciężarówek znacznie przekraczają limity euro. Nawet jeśli nastąpił stopniowy spadek z 3 do 6 euro, różnica jest nadal zbyt duża. Badania pojazdów przekraczających normy mogą pozwolić ustalić przyczyny przekraczania norm którymi mogą być np. niesprawność pojazdu, usunięte lub wyłączone systemy oczyszczania spalin.

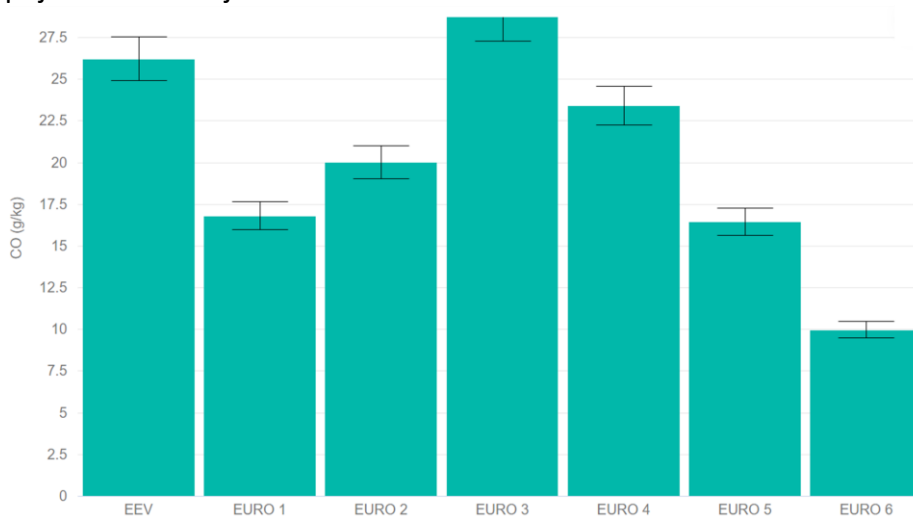


Rysunek 9-8 Średnie emisje CO (g/kWh) z ciężarówek pogrupowane według rodzaju zasilania paliwem oraz normy Euro vs. limity normy Euro

**DIESEL – pojazdy z silnikiem Diesla, EURO limit – limit normy Euro**

## 9.4 Emisja CO z autobusów

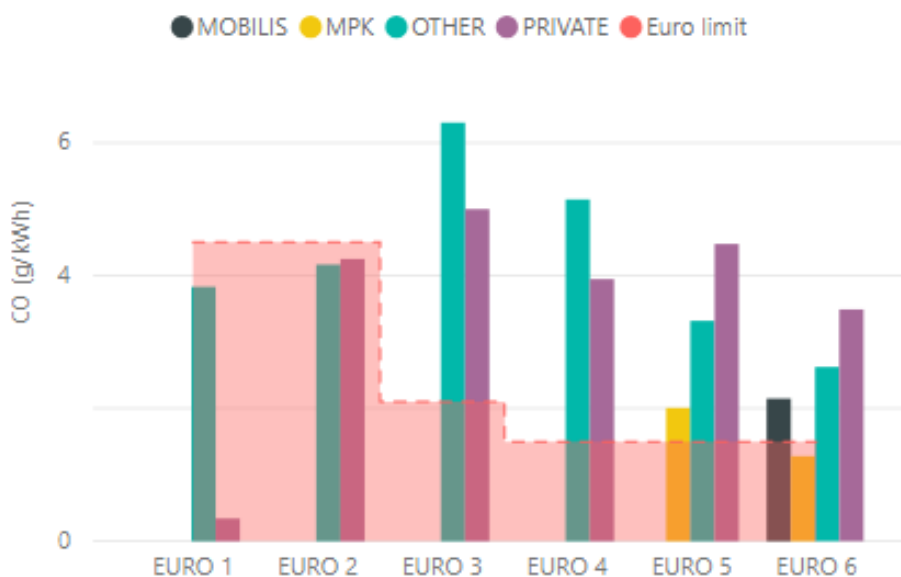
Poniższy rysunek pokazuje średnią emisję CO w g / kg. Słupki błędów w kolumnach reprezentują 95% przedział ufności. Wszystkie autobusy są napędzane olejem napędowym. Uwzględniono normę EEV (znaleziono tylko 10 autobusów), która jest uregulowana w europejskiej dyrektywie 2005/55 / CE i może być interpretowana jako ulepszona norma Euro 5 dla pojazdów o dużej ładowności.



Rysunek 9-9 Średnie emisje CO (g/kg) autobusów pogrupowane według rodzaju zasilania paliwem i normy Euro.



Poniższy rysunek porównuje emisje CO w g / kWh z wartościami granicznymi odpowiadającymi normom Euro dla autobusów z silnikiem Diesla. Zauważono, że emisje CO z krakowskich autobusów od Euro 3 wyraźnie przekraczają wartości graniczne określone w homologacji. Widać także istotną różnicę między autobusami publicznymi a resztą autobusów. Emisje z autobusów publicznych (MOBILIS i MPK) są niższe niż w pozostałych autobusach. Badania pojazdów przekraczających normy mogą pozwolić ustalić przyczyny przekraczania norm którymi mogą być np. niesprawność pojazdu, usunięte lub wyłączone systemy oczyszczania spalin.

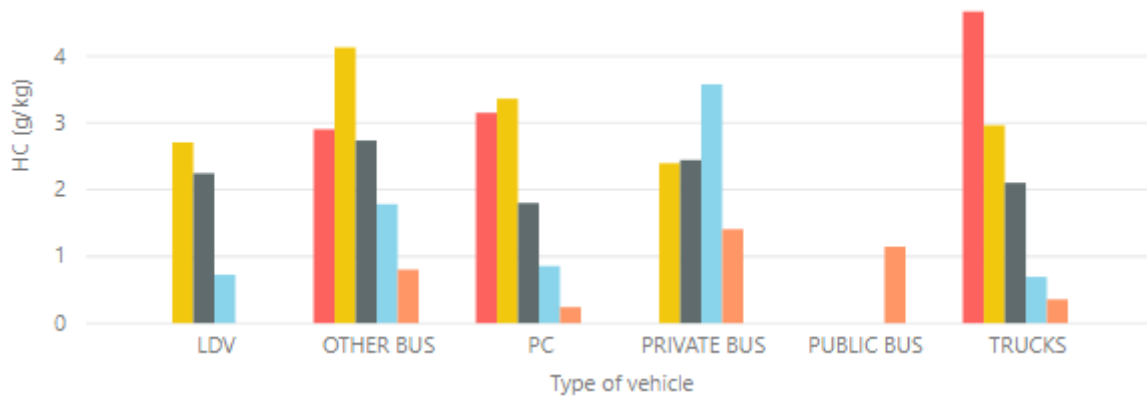


Rysunek 9-10 Średnia emisja CO (g/kWh) autobusów pogrupowana według rodzaju zasilania paliwem oraz norm Euro vs. limity norm Euro

**OTHER BUS – inne autobusy, PRIVATE BUS – autobusy prywatne, EURO LIMIT – limit normy Euro**

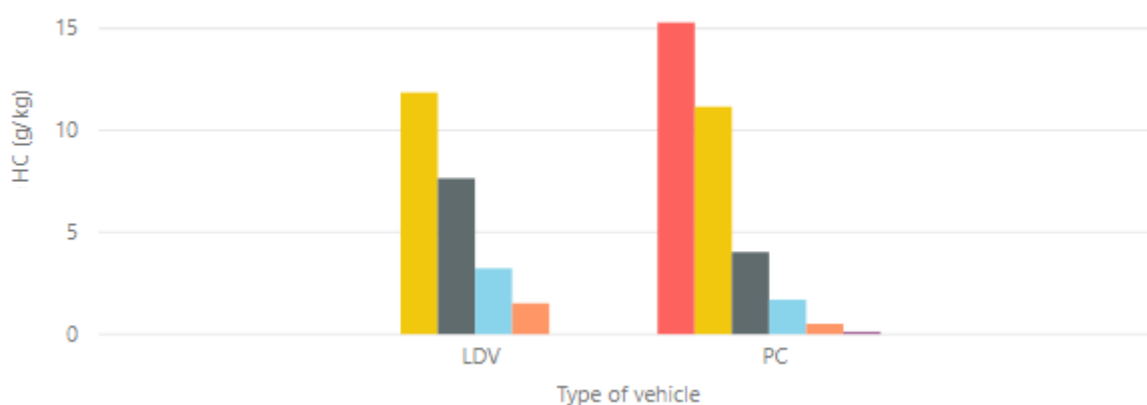
## 10 ANALIZA EMISJI HC

W tym rozdziale analizowane są emisje HC floty krążącej w Krakowie. Rysunek 10-1 i rysunek 10-2 porównują średnie emisje HC w g / kg dla różnych typów pojazdów i norm Euro, rozróżniając pojazdy z silnikiem Diesla i benzynowe. Można zauważyć, że emisje HC z pojazdów benzynowych są wyższe niż z pojazdów z silnikiem Diesla. Nie ma istotnej różnicy między benzynowymi samochodami osobowymi a benzynowymi samochodami dostawczymi.



Rysunek 10-1 Średnia emisja HC pojazdów z silnikiem Diesla pogrupowana według rodzaju pojazdu oraz norm Euro

PC - samochód osobowy, LDV – lekki samochód dostawczy, OTHER BUS – inne autobusy, PRIVATE BUS – autobusy prywatne, PUBLIC BUS – autobusy publiczne, TRUCKS – ciężarówki,

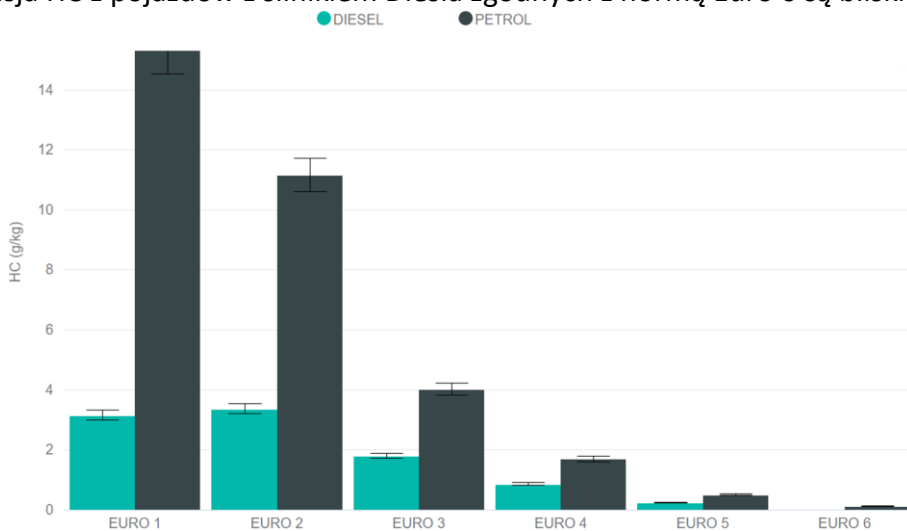


Rysunek 10-2 Średnia emisja HC pojazdów z silnikiem benzynowym pogrupowana według rodzaju pojazdu oraz norm Euro

PC - samochód osobowy, LDV – lekki samochód dostawczy

### 10.1 Emisja HC z pojazdów osobowych

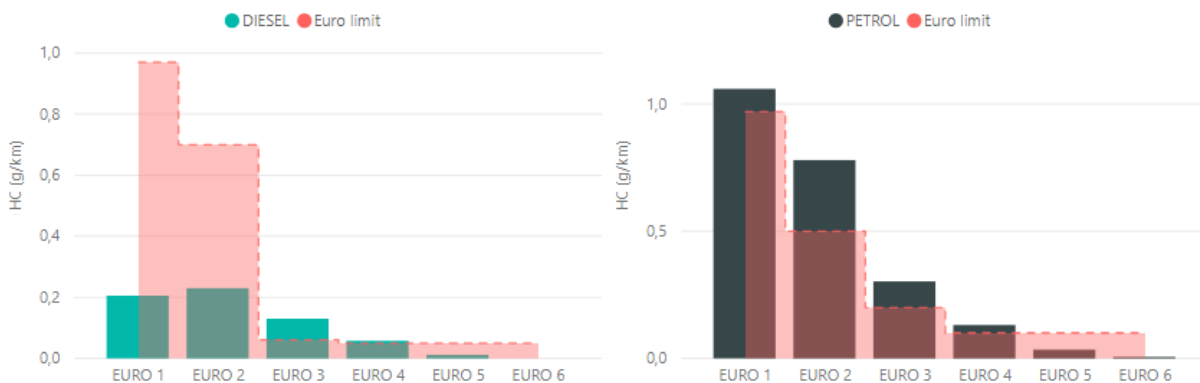
Poniższy rysunek pokazuje średnią emisję HC w g / kg. Słupki błędów w kolumnach reprezentują 95% przedział ufności. Można zauważyć, że emisja HC z samochodów osobowych zasilanych benzyną jest znacznie wyższa niż emisja HC z samochodów z silnikiem Diesla. Emisja HC z pojazdów z silnikiem Diesla zgodnych z normą Euro 6 są bliskie zeru.



Rysunek 10-3 Średnia emisja HC (g/kg) samochodów osobowych pogrupowana według rodzaju zasilania paliwem oraz norm Euro.

**DIESEL – pojazdy z silnikiem Diesla, PETROL – pojazdy z silnikiem benzynowym**

Poniższy rysunek porównuje emisje HC w g / km z wartościami granicznymi odpowiadającymi normom Euro. Wykres po lewej stronie pokazuje średnie emisje z samochodów osobowych z silnikiem Diesla. Wykres po prawej stronie pokazuje średnie emisje HC benzynowych samochodów osobowych. Zauważono, że emisje HC z samochodów osobowych przy obu rodzajach paliw powoli i stale się poprawiają wraz z nowszymi standardami. Zarówno samochody z silnikiem Diesla, jak i benzynowe Euro 5 oraz EUro 6 mają niższą emisję HC niż limity Euro. Badania pojazdów przekraczających normy mogą pozwolić ustalić przyczyny przekraczania norm którymi mogą być np. niesprawność pojazdu, usunięte lub wyłączone systemy oczyszczania spalin.

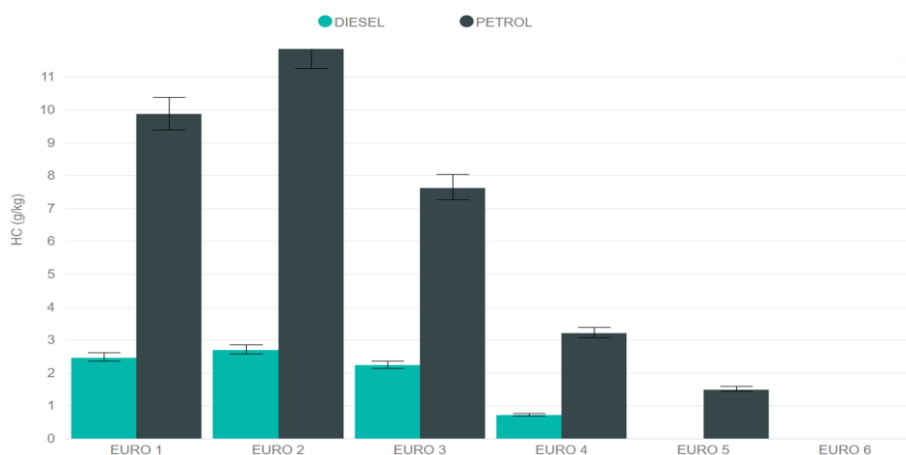


Rysunek 10-4 Średnie emisje HC (g/km) samochodów osobowych pogrupowane według rodzaju zasilania paliwem oraz norm Euro vs. limity norm Euro.

**DIESEL – pojazdy z silnikiem Diesla, PETROL – pojazdy z silnikiem benzynowym, EURO limit – limit normy Euro**

## 10.2 Emisja HC z lekkich pojazdów dostawczych LDV

Poniższy rysunek pokazuje średnią emisję HC w g / kg. Słupki błędów w kolumnach reprezentują 95% przedział ufności. Można zauważyć, że emisje HC z lekkich pojazdów dostawczych LDV na benzynę są znacznie wyższe niż emisje HC z LDV z silnikami Diesla. Zauważono, że emisje HC zostały zmniejszone dzięki najnowszym standardach dla obu rodzajów paliw. Emisja HC z pojazdów Diesla spełniających normę Euro 5 i Euro 6 jest bliska zeru.



Rysunek 10-5 Średnia emisja HC (g/kg) lekkich pojazdów dostawczych (LDV) pogrupowana według rodzaju zasilania paliwem oraz norm Euro.

**DIESEL – pojazdy z silnikiem Diesla, PETROL – pojazdy z silnikiem benzynowym**

Poniższy rysunek porównuje emisje HC w g / km z wartościami granicznymi odpowiadającymi normie Euro. Wykres po lewej stronie pokazuje średnie emisje LDV z silników Diesla. Wykres po prawej stronie pokazuje średnie emisje LDV zasilanych benzyną. Zauważono, że emisje HC z LDV z silnikami Diesla są bardzo niskie i od normy Euro 4 w wyż nie przekraczają odpowiadającym im normom. W przypadku pojazdów napędzanych benzyną istnieje tendencja redukcji, ale emisje HC są wyższe niż limity od Euro2 do Euro 5. W przypadku pojazdów EUR6 benzynowych widzimy znaczną poprawę i emisję poniżej limitu normy Euro 6. Badania pojazdów przekraczających normy mogą pozwolić ustalić przyczyny przekraczania norm którymi mogą być np. niesprawność pojazdu, usunięte lub wyłączone systemy oczyszczania spalin.

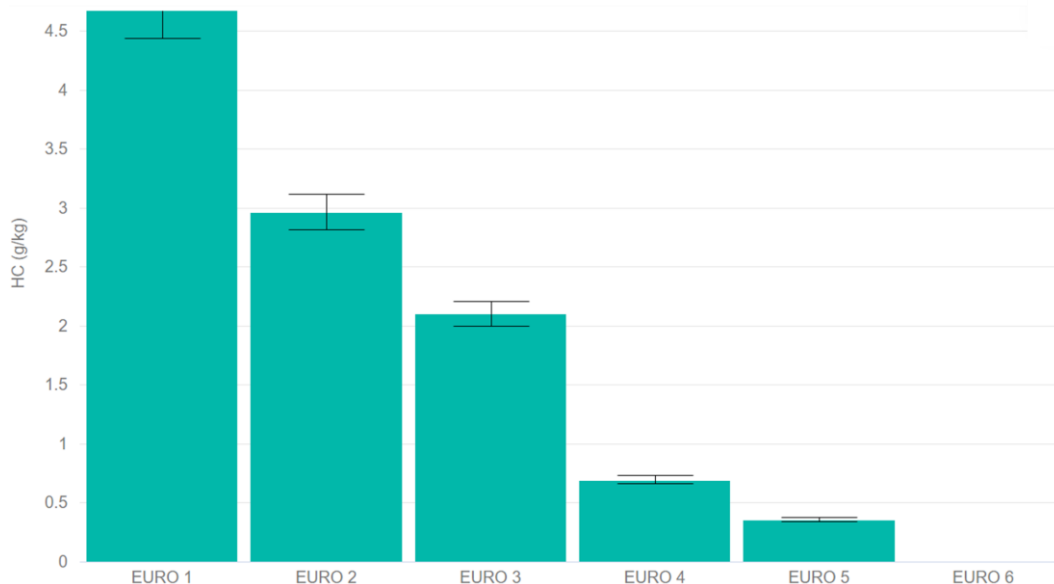


Rysunek 10-6 Średnia emisja HC (g/km) lekkich pojazdów dostawczych (LDV) pogrupowana według rodzaju zasilania paliwem oraz norm Euro vs. limity norm Euro.

**DIESEL – pojazdy z silnikiem Diesla, PETROL – pojazdy z silnikiem benzynowym,  
EURO limit – limit normy Euro**

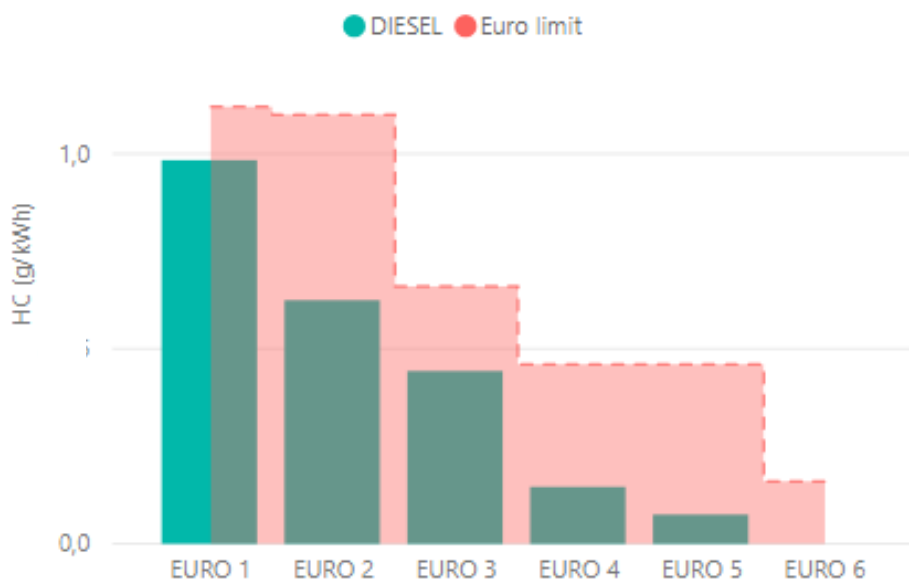
### 10.3 Emisja HC z ciężarówek

Poniższy rysunek pokazuje średnią emisję CO w g / kg. Słupki błędów w kolumnach reprezentują 95% przedział ufności. Wszystkie ciężarówki są napędzane olejem napędowym. Emisja HC z ciężarówek Euro 6 jest bliska zeru.



Rysunek 10-7 Średnia emisja HC (g/kg) z ciężarówek pogrupowana według rodzaju zasilania paliwem oraz norm Euro.

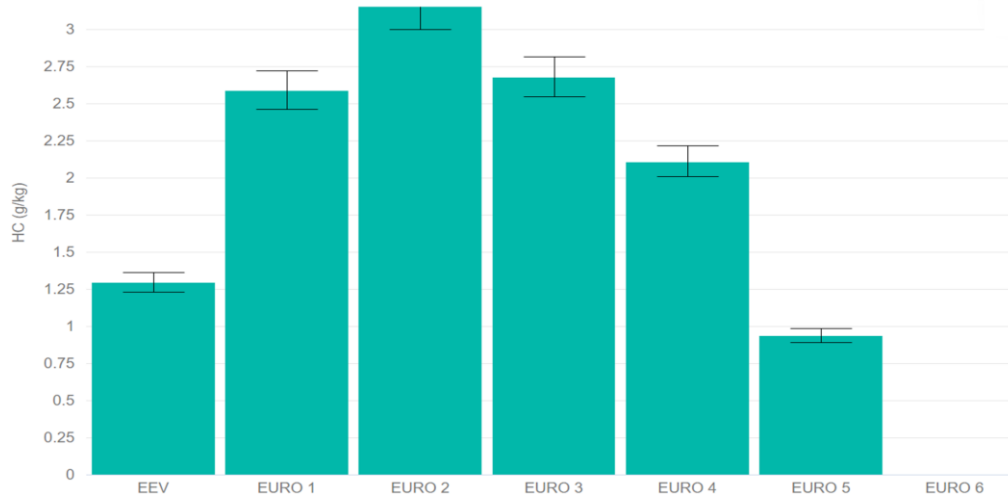
Poniższy rysunek porównuje emisje HC w g / kWh z wartościami granicznymi odpowiadającymi normom Euro dla pojazdów z silnikiem Diesla. Zauważono, że emisje HC z krakowskich ciężarówek są zgodne z limitami Euro.



Rysunek 10-8 Średnia emisja HC (g/kWh) z ciężarówek pogrupowana według norm Euro vs. limity norm Euro

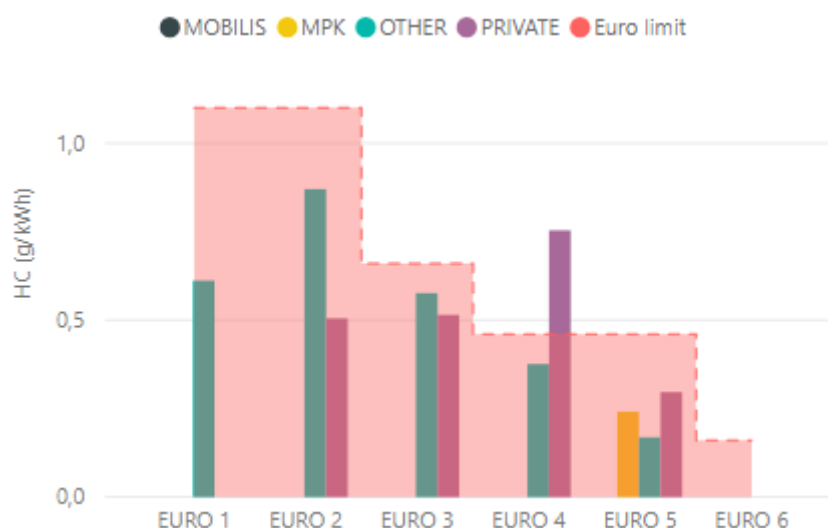
## 10.4 Emisja HC z autobusów

Poniższy rysunek pokazuje średnią emisję HC w g / kg. Słupki błędów w kolumnach reprezentują 95% przedział ufności. Wszystkie autobusy są napędzane olejem napędowym. Uwzględniono normę EEV (znaleziono tylko 10 autobusów), która jest uregulowana w europejskiej dyrektywie 2005/55 / CE i może być interpretowana jako ulepszona norma Euro 5 dla pojazdów o dużej ładowności.



Rysunek 10-9 Średnia emisja HC (g/kg) z autobusów pogrupowana według norm Euro.

Poniższy rysunek porównuje emisje HC w g / kWh z wartościami granicznymi odpowiadającymi normom Euro dla autobusów z silnikiem Diesla. Zauważono, że emisje HC z krakowskich autobusów są prawie zgodne z limitami Euro, z wyjątkiem prywatnych autobusów Euro 4. Emisje z autobusów Euro 6 są bliskie zeru. Badania pojazdów przekraczających normy mogą pozwolić ustalić przyczyny przekraczania norm którymi mogą być np. niesprawność pojazdu, usunięte lub wyłączone systemy oczyszczania spalin.

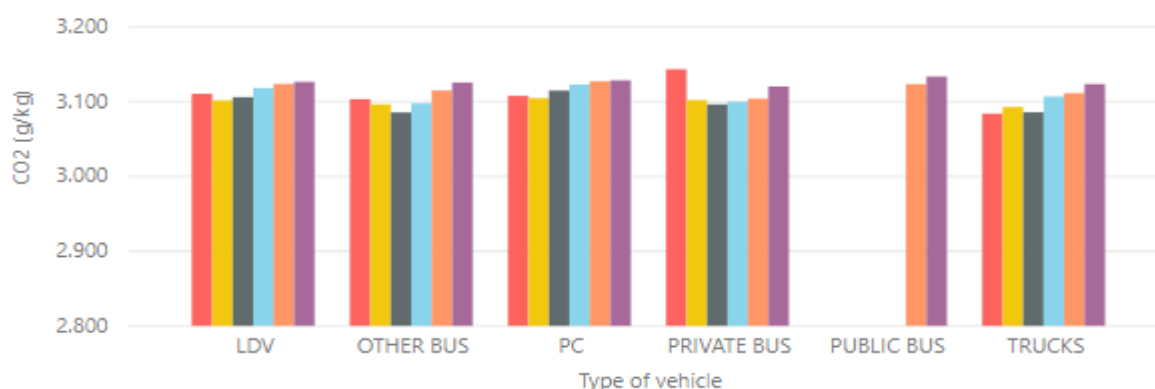


Rysunek 10-10 Średnia emisja HC (g/kWh) z autobusów pogrupowana według norm Euro vs. limity norm Euro.

**OTHER – inne autobusy, PRIVATE – autobusy prywatne, EURO limit – limit normy Euro**

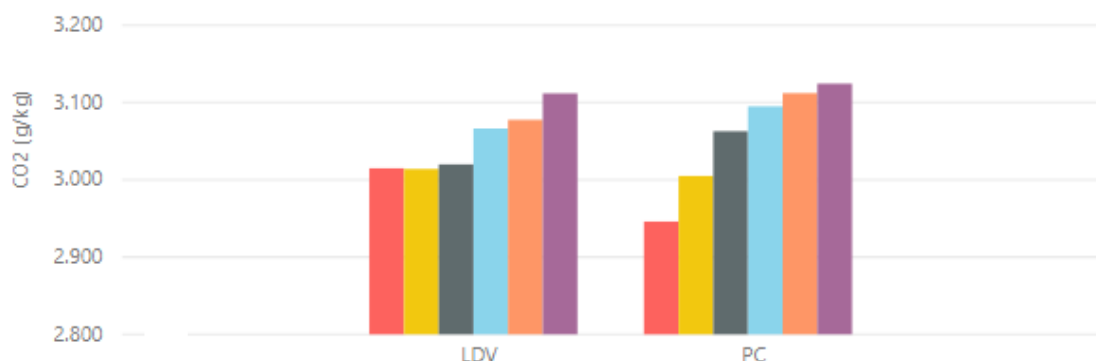
## 11 ANALIZA EMISJI CO<sub>2</sub>

W tym rozdziale analizowane są emisje CO<sub>2</sub> z pojazdów poruszających się po ulicach w Krakowie. Rysunek 11-1 i Rysunek 11-2 pokazują średnie emisje CO<sub>2</sub> w g / kg dla różnych typów pojazdów i norm Euro rozróżniając przy tym pojazdy z silnikiem Diesla i benzynowe. Należy zauważyć, że wszystkie cząsteczki węgla zawarte w paliwie muszą być przekształcone w CO<sub>2</sub>, CO lub HC, dlatego całkowita masa węgla musi być stała. Pokazane tutaj stężenia CO<sub>2</sub> mogą odzwierciedlać, jak nieefektywne jest spalane paliwo<sup>8</sup>. W idealnym spalaniu wszystkie cząsteczki węgla zostałyby przekształcone w CO<sub>2</sub>, bez CO lub niespalonego HC. Niska emisja CO<sub>2</sub> w jednostkach g / kg oznacza, że będzie emitowany wysoki poziom CO i HC przez ten typ pojazdu (niepełne spalanie).



Rysunek 11-1 Średnia emisja CO<sub>2</sub> pojazdów z silnikiem Diesla pogrupowana według typu pojazdu i normy Euro

PC - samochód osobowy, LDV – lekki samochód dostawczy, OTHER BUS – inne autobusy, PRIVATE BUS – autobusy prywatne, PUBLIC BUS – autobusy publiczne, TRUCKS – ciężarówki,



Rysunek 11-2 Średnia emisja CO<sub>2</sub> pojazdów z silnikiem benzynowym pogrupowana według typu pojazdu i normy Euro

PC - samochód osobowy, LDV – lekki samochód dostawczy, OTHER BUS – inne autobusy, PRIVATE BUS – autobusy prywatne, PUBLIC BUS – autobusy publiczne, TRUCKS – ciężarówki,

<sup>8</sup> G. A. Bishop and D. H. Stedman, 1996. 'Measuring the Emissions of Passing Cars; American Chemical Society, Vol. 29, No. 10, 1996.

Poniższy rysunek pokazuje średnią emisję CO<sub>2</sub> w autobusów w Krakowie. Wszystkie autobusy są napędzane olejem napędowym. Uwzględniono normę EEV (znaleziono tylko 10 autobusów), która jest uregulowana w dyrektywie europejskiej 2005/55 / CE i może być interpretowana jako ulepszona norma Euro 5 dla pojazdów o dużej ładowności.

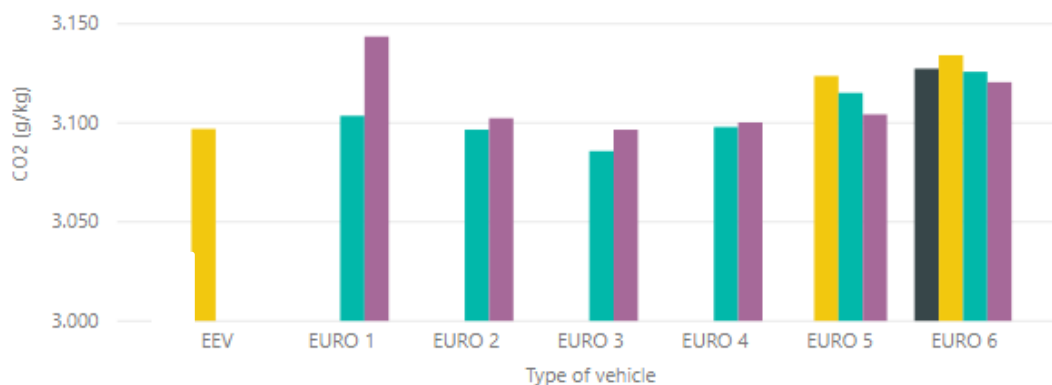


Figure 11-3 Średnia emisja CO<sub>2</sub> pogrupowana według rodzaju autobusu oraz normy Euro

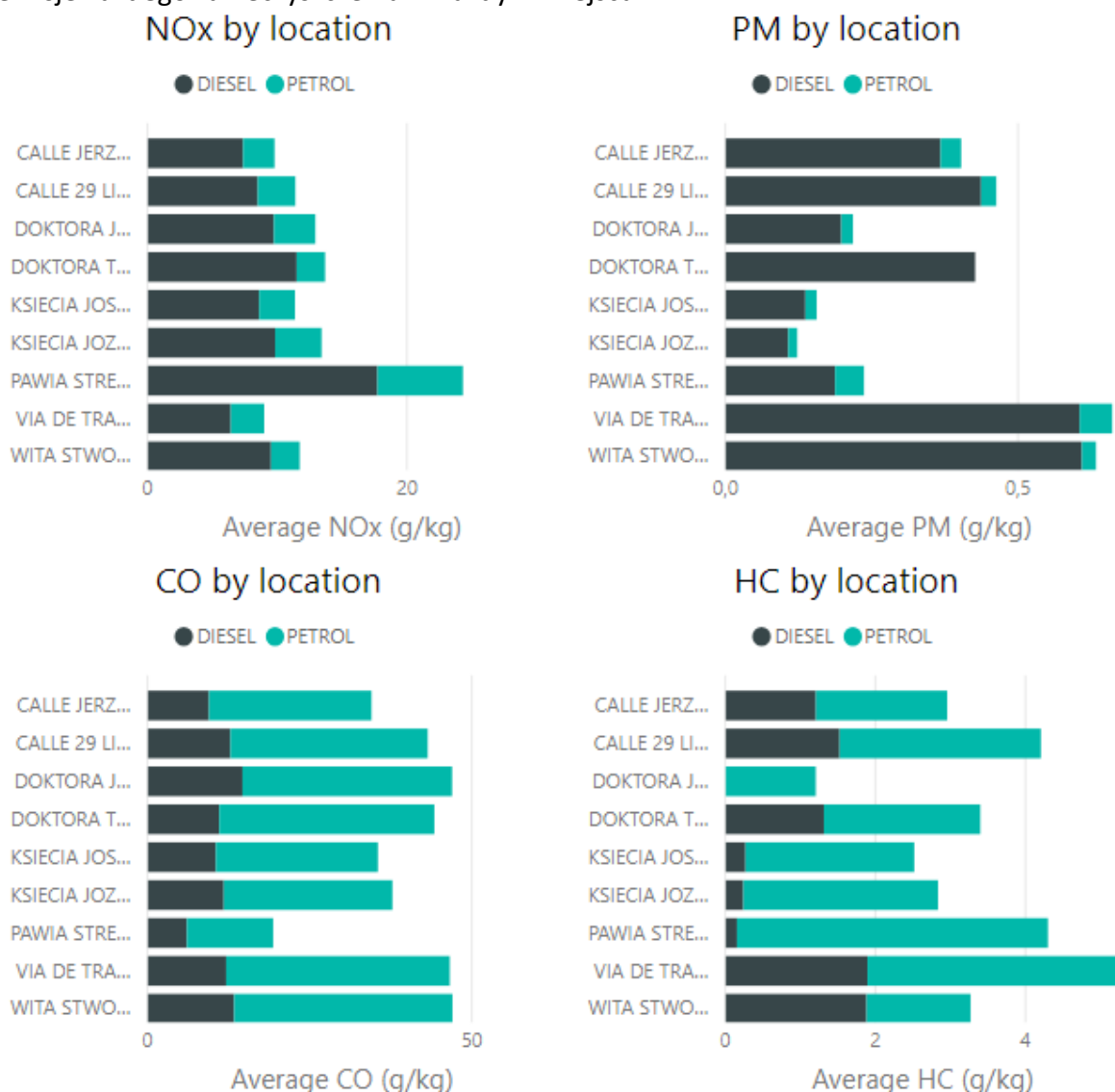
**OTHER BUS – inne autobusy, PRIVATE – autobusy prywatne**

Dodatkowe informacje na temat emisji CO<sub>2</sub> zawarte są w Aneksie II.



## 12 EMISJE W POSZCZEGÓLNYCH LOKALIZACJACH POMIAROWYCH

Średnie emisje zanieczyszczenia w różnych lokalizacjach mogą się różnić. Emisje zależą od rodzaju marek, modeli i silników, rodzaju poruszających się pojazdów w tym miejscu, jakości używanych paliw, konserwacji pojazdów, użytkowania pojazdów, ale także od cech każdego miejsca (natężenie ruchu, prędkość i przyspieszenie pojazdów, warunki środowiskowe, nachylenie i stan jezdni itp.). Dlatego poniższy rysunek pokazuje średnie emisje każdego zanieczyszczenia w każdym miejscu.



Rysunek 12-1 Średnia emisja NOx, PM, CO, HC (g/km) pogrupowana według rodzaju zasilania paliwem oraz według lokalizacji pomiarowej.

**DIESEL – pojazdy z silnikiem Diesla, PETROL – pojazdy z silnikiem benzynowym**

## 13 WNIOSKI

Z przeprowadzonej analizy wynika, iż autobusy komunikacji publicznej Euro 6 spełniają rygorystyczne normy Euro w przypadku emisji NO<sub>x</sub>, HC, cząsteczek stałych PM. Średnie emisje substancji toksycznych z pojazdów osobowych, lekkich pojazdów dostawczych, autobusów prywatnych i ciężarówek przekraczają normy Euro w znacznie większym stopniu niż ma to miejsce w przypadku autobusów komunikacji miejskiej.

Badania pojazdów przekraczających normy mogą pozwolić ustalić przyczyny przekraczania norm którymi mogą być np.: niesprawność pojazdu, usunięte lub wyłączone systemy oczyszczania spalin. Należy także przedsięwziąć kroki pozwalające odpowiedzieć na pytanie dlaczego odchylenia od norm Euro dla wielu rodzajów pojazdów są znacznie większe od emisji z autobusów miejskich. Możliwe przyczyny takiego stanu rzeczy to także np.: niewłaściwe serwisowanie prywatnych i firmowych pojazdów, usunięte lub deaktywowane systemy oczyszczania spalin, brak okresowych przeglądów technicznych, wysokie progi dla emisji pojazdów określone w ustawie PRD, niewykonywanie pomiarów lub lekceważenie wyników pomiarów emisji spalin przez pracowników SKP wykonujących okresowe badania techniczne. Weryfikacja posiadania przez badane pojazdy ważnych badań technicznych oraz okresu który upłynął od momentu okresowego badania technicznego do momentu badania emisji spalin może pozwolić wyciągnąć kluczowe wnioski. Na bazie zebranych danych możliwe jest także przeprowadzenie analizy na jakich stacjach kontroli pojazdów badane były pojazdy z wysoką emisją spalin.

Urządzenia RSD dają możliwość starostom sprawującym nadzór nad SKP do weryfikacji czy podległe im SKP wykonują właściwie swoje obowiązki w zakresie kontroli emisji spalin podczas okresowego badania technicznego. Tego typu analizy pozwalają ujawnić wpływ jakości badań technicznych na ewentualny zły stan techniczny pojazdów poruszających się po drogach Krakowa.

Zdalne pomiary emisji spalin prowadzone w sposób ciągły mogą być wykonywane w celu określenia, które pojazdy spełniają określone normy i mogą wjeżdżać do tzw. stref czystego transportu. Odczyty z pomiarów prowadzonych w sposób ciągły mogą być wykorzystane przez jednostkę wydającą specjalne naklejki na szybę poświadczające czystość spalin i możliwość wjazdu do strefy czystego transportu. W przypadku pojazdów zmierzonych w normalnym ruchu ulicznym gdzie emisja spalin jest zgodna z odpowiednią normą dla danego pojazdu jednostka odpowiedzialna za wydawanie naklejek wydaje specjalną plaketkę (za opłatą lub bez) potwierdzającą czystość spalin w danym pojeździe. Pojazdy które w trakcie normalnego ruchu ulicznego nie zostały zarejestrowane muszą się udać na badanie kontrolne potwierdzające spełnienie normy emisji spalin. Wydaje się być społecznie uczciwe zabronienie wjazdu do stref czystego transportu pojazdów nie spełniających odpowiednich norm – takie działanie skłoni właścicieli pojazdów w niewłaściwym stanie technicznym po podjęcia działań usprawniających pojazdy z wysoką emisją spalin.

Zdalne pomiary emisji spalin w skali całego kraju mogą wpłynąć na znaczną poprawę jakości powietrza w Polsce. Wpływy do budżetu z mandatów wystawionych kierowcom poruszającym się niesprawnymi autami mogą pozwolić na finansowanie programów zmierzających do poprawy jakości powietrza w Polsce.

Załącznik 1 – CERTYFIKATY KALIBRACJI



**Załącznik 2 – Zestawienie tabelaryczne zawierające rodzaj pojazdu i emitowane przez ten pojazd średnie wielkości zanieczyszczeń**

Rodzaj Pojazdu	Rodzaj Paliwa	CO <sub>2</sub> (%)	CO (ppm)	HC (ppm)	NO (ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	CO/CO <sub>2</sub>	HC/CO <sub>2</sub>	NO/CO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub>	Nieprzeźroczystość	CO (g/Kg)	CO <sub>2</sub> (g/Kg)	HC (g/Kg)	NO (g/Kg)	NO <sub>2</sub> (g/Kg)	NO <sub>x</sub> (g/Kg)	PM (g/Kg)
Obobowy	DIESEL	14,968	0,082	21,97	410,47	102,49	0,0055	1,4780	27,4686	6,8645	0,2507	10,819	3123,162	0,732	5,844	2,241	8,085	0,251
Osobowy	PETROL	14,893	0,211	50,23	174,68	13,91	0,0152	3,5750	11,9001	0,9518	0,0220	27,215	3094,150	2,178	2,460	0,301	2,762	0,022
Lekki Dostawczy	DIESEL	14,945	0,106	18,77	519,93	128,83	0,0072	1,2736	34,8387	8,6407	0,3169	13,966	3118,662	0,611	7,406	2,818	10,224	0,317
Lekki Dostawczy	PETROL	14,806	0,323	71,35	286,93	23,20	0,0235	5,0360	19,6550	1,6409	0,0323	41,430	3069,202	3,136	4,029	0,499	4,528	0,032
Autobus Miejski	DIESEL	15,011	0,056	-3,44	78,60	10,26	0,0038	-0,2228	5,2868	0,6840	0,0119	7,441	3131,611	-0,121	1,116	0,224	1,340	0,012
Autobus Prywatny	DIESEL	14,872	0,159	66,36	1075,30	243,96	0,0107	4,4652	72,4020	16,4799	0,7424	21,017	3101,589	2,239	15,314	5,339	20,652	0,742
Inny Autobus	DIESEL	14,902	0,159	42,29	661,33	88,07	0,0108	2,8844	44,4843	5,9263	0,5274	20,937	3104,752	1,414	9,395	1,922	11,317	0,527
Ciężarówka	DIESEL	14,901	0,156	33,00	738,00	110,98	0,0106	2,2336	49,7404	7,4892	0,4296	20,572	3106,473	1,102	10,503	2,431	12,934	0,430

Średnia emisja pogrupowana według rodzaju pojazdu i rodzaju paliwa

Nieprzeźroczystość podana jako ilość gramów cząsteczek na 100g paliwa.