



**IOŚ-PIB**

Institut Ochrony Środowiska  
Państwowy Instytut Badawczy

# Modelowanie emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego do celów jej inwentaryzacji

**Mgr inż. Katarzyna Bebkiewicz**

**Prof. dr hab. inż. Zdzisław Chłopek**

**Dr hab. inż. Krystian Szczepański, Prof. Instytutu**

**YSA 2023 – VII Young Scientists Academy**





# Plan prezentacji

- Cele modelowania emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego.
- Rozpatrywane zanieczyszczenia i wielkości fizyczne.
- Problem badawczy rozprawy:
  - tezy rozprawy,
  - zadania badawcze rozprawy.
- Modelowanie struktury pojazdów drogowych.
- Badania modelu emisji zanieczyszczeń z pojazdów drogowych –  
– przykładowe wyniki.
- Podsumowanie.

# Cele modelowania emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego



- Inwentaryzacja emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego w skali czasu, przestrzeni, w zależności od rodzajów pojazdów oraz warunków ich użytkowania.
- Badanie wpływu struktury pojazdów drogowych oraz warunków ich użytkowania na emisję zanieczyszczeń z transportu drogowego.
- Ocena oddziaływania zanieczyszczeń emitowanych z transportu drogowego na środowisko.

# Rozpatrywane w pracy zanieczyszczenia



- Tlenek węgla – CO.
- Niemetanowe lotne związki organiczne – NMVOC.
- Tlenki azotu – NO<sub>x</sub>.
- Całkowity pył zawieszony – TSP.



# Wielkości fizyczne wykorzystywane w modelowaniu emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego



- Emisja drogowa zanieczyszczeń – pochodna emisji zanieczyszczeń –  $m$  względem długości drogi przebywanej przez pojazd drogowy –  $s$

$$b_m = \frac{dm}{ds}$$

- Natężenie emisji zanieczyszczeń – pochodna emisji zanieczyszczeń względem czasu –  $t$

$$E_m = \frac{dm}{dt}$$

- Krajowa emisja roczna zanieczyszczeń – natężenie emisji zanieczyszczeń z obszaru kraju uśrednione w czasie jednego roku kalendarzowego –  $E_a$



# Cel rozprawy

Celem rozprawy jest wykorzystanie procedur stosowanych w oficjalnej inwentaryzacji emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego do badania modelu tej emisji ze względu na dane wejściowe i parametry modelu:

- dane wejściowe charakteryzują strukturę pojazdów drogowych ze względu na licznosc i intensywnosc uzytkowania pojazdów elementarnych kategorii,
- parametry modelu dotyczą charakteru ruchu pojazdów drogowych.



# Tezy rozprawy

- Teza podstawowa

Istnieje możliwość wykorzystania procedur stosowanych w oficjalnej inwentaryzacji emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego do badania modelu tej emisji ze względu na dane wejściowe i parametry modelu, charakteryzujące strukturę, intensywność i sposób użytkowania pojazdów drogowych.

- Teza dodatkowa

Wartość średnia prędkości pojazdów jest skuteczną charakterystyką zerowymiarową prędkości do oceny właściwości ruchu pojazdów w zadaniu inwentaryzacji emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego.

Emisja drogowa zanieczyszczeń z pojazdów drogowych jest modelowana w postaci funkcji wartości średniej procesu prędkości pojazdu.

# Zadania badawcze rozprawy (1/2)



## 1. Usystematyzowanie problemów:

- modelowania emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego,
- identyfikacji modelu emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego.

## 2. Badania modelu emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego ze względu na wielkości wejściowe modelu w Polsce w latach 2000 – 2020:

- licznosc pojazdów drogowych kategorii skumulowanych,
- intensywnosc użytkowania pojazdów drogowych kategorii skumulowanych.





# Zadania badawcze rozprawy (2/2)

3. Badania modelu emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego ze względu na parametry modelu.

3.1. Modelowanie charakteru ruchu pojazdów drogowych w następujących warunkach:

- w zatorach ulicznych - Cg,
- w miastach poza zatorami ulicznymi - U,
- poza miastami - R,
- na autostradach i drogach ekspresowych - H.

3.2. Badania wrażliwości modelu emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego na modelowe warunki ruchu pojazdów.

# Modelowanie struktury pojazdów drogowych



Pojazdy drogowe klasyfikuje się w postaci kategorii pojazdów drogowych:

- kategoria elementarna – pojazdy o wszystkich takich samych cechach kryterialnych,
- kategoria skumulowana – pojazdy o nie wszystkich takich samych cechach kryterialnych.

# Modelowanie struktury pojazdów drogowych



Kryteria kategorii elementarnych:

- zastosowanie pojazdu drogowego,
- umowna wielkość pojazdu drogowego,
- kategoria ekologiczna ze względu na emisję zanieczyszczeń,
- obieg silnika,
- rodzaj paliwa,
- rodzaj silnika i układu napędowego.

# Modelowanie struktury pojazdów drogowych



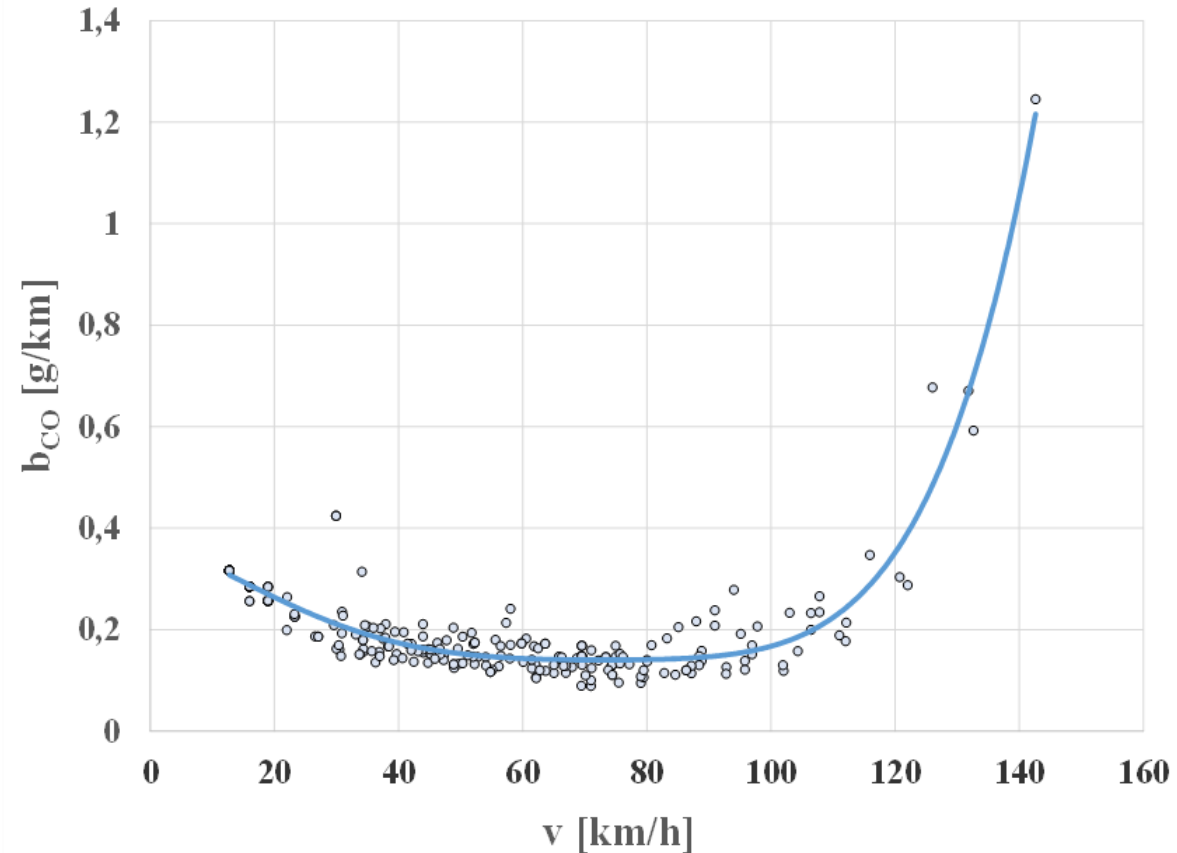
Kategorie skumulowane ze względu na zastosowanie pojazdu drogowego:

- samochody osobowe,
- lekkie samochody ciężarowe,
- samochody ciężarowe,
- autobusy miejskie,
- autobusy dalekobieżne,
- pojazdy drogowe kategorii L: motocykle, motorowery, quady i mikrosamochody.

# Przykładowe wyniki badań modelu emisji zanieczyszczeń z samochodów osobowych w 2020 r.



(na podstawie modelu HBEFA INFRAS)

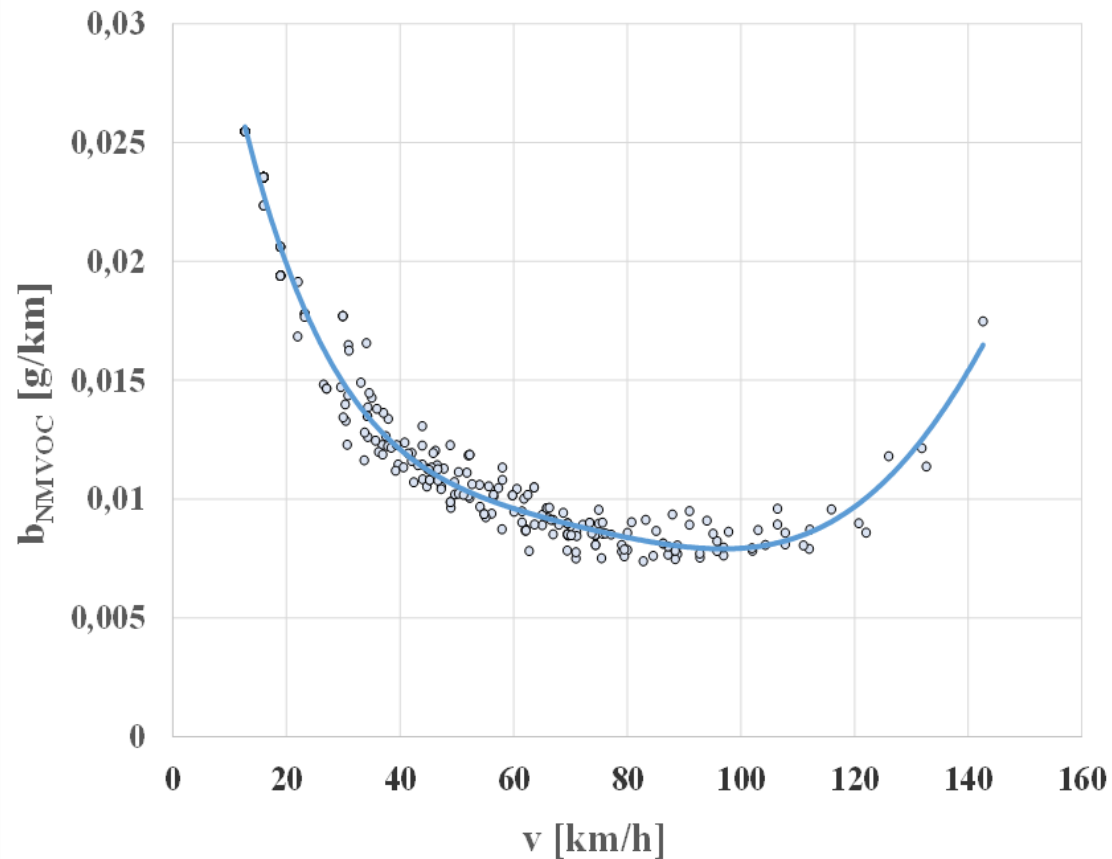


Charakterystyka emisji drogowej tlenku węgla –  $b_{CO}$  w zależności od prędkości średniej –  $v$

# Przykładowe wyniki badań modelu emisji zanieczyszczeń z samochodów osobowych w 2020 r.



(na podstawie modelu HBEFA INFRAS)

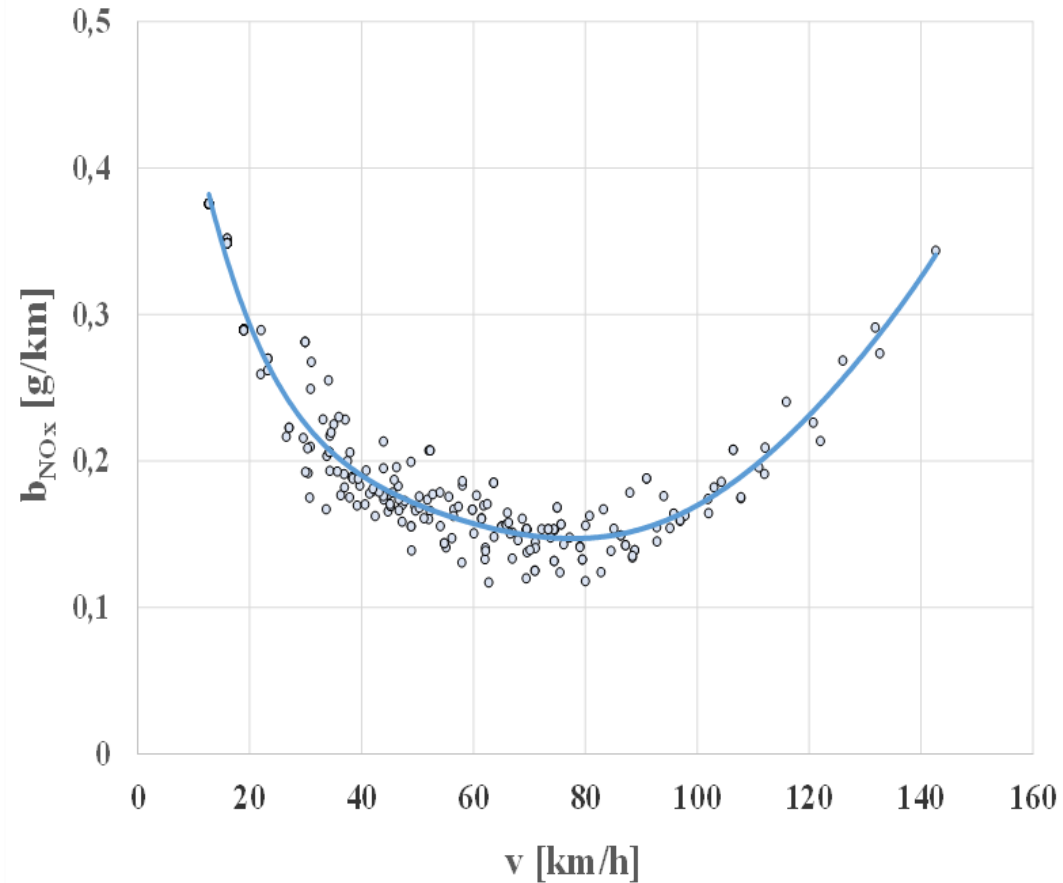


Charakterystyka emisji drogowej niemetanowych lotnych związków organicznych –  $b_{\text{NMVOC}}$  w zależności od prędkości średniej –  $v$

# Przykładowe wyniki badań modelu emisji zanieczyszczeń z samochodów osobowych w 2020 r.



(na podstawie modelu HBEFA INFRAS)

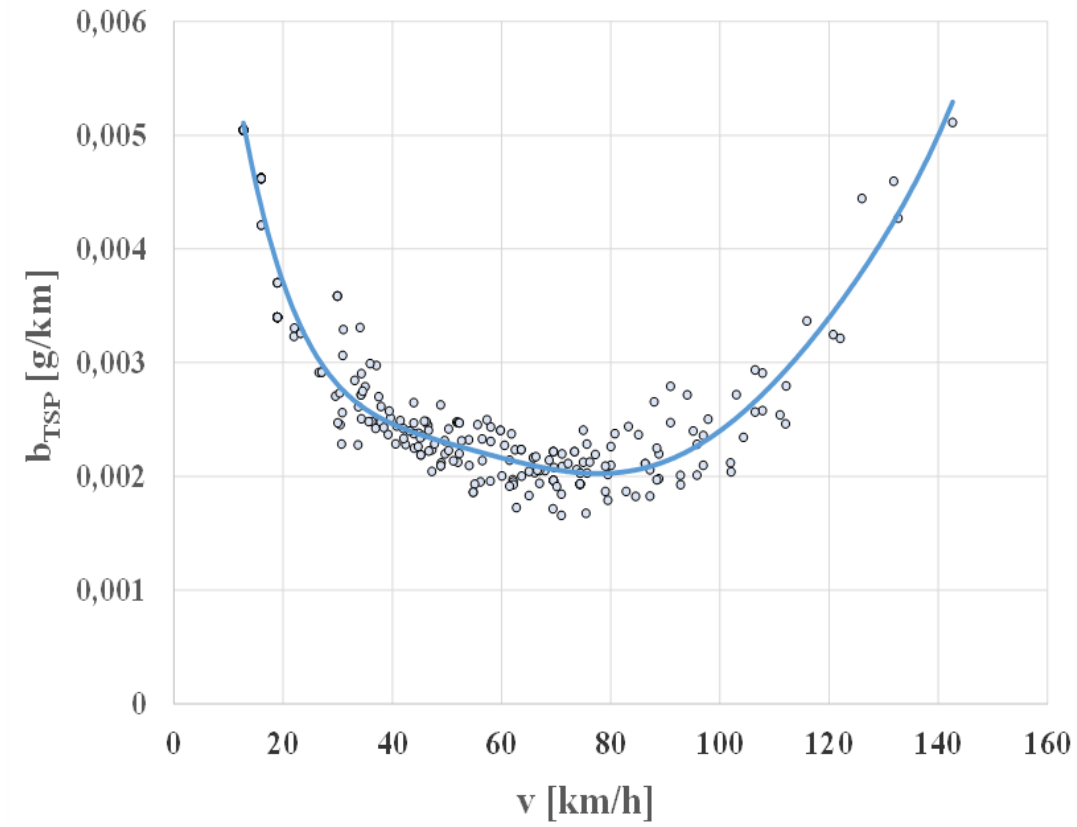


Charakterystyka emisji drogowej tlenków azotu –  $b_{NOx}$  w zależności od prędkości średniej –  $v$

# Przykładowe wyniki badań modelu emisji zanieczyszczeń z samochodów osobowych w 2020 r.



(na podstawie modelu HBEFA INFRAS)



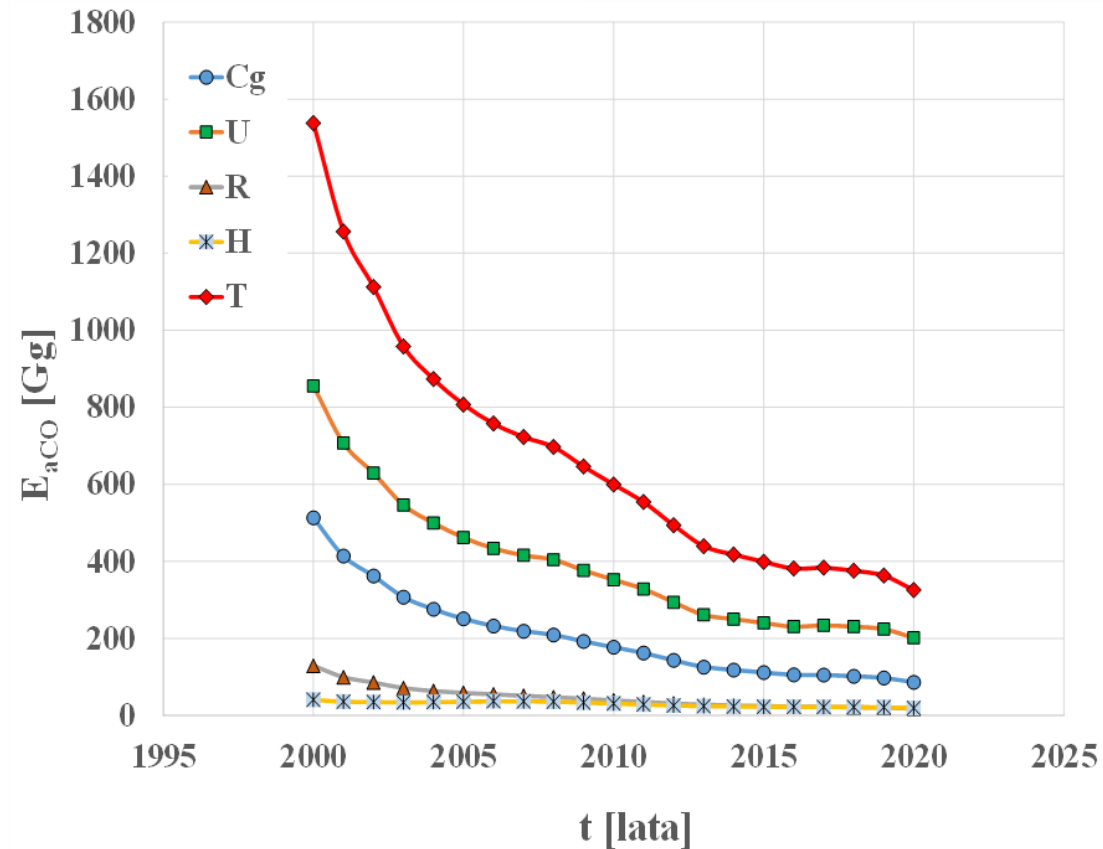
Charakterystyka emisji drogowej pyłu zawieszonego –  $b_{TSP}$  w zależności od prędkości średniej –  $v$



# Przykładowe wyniki badań modelu emisji zanieczyszczeń z pojazdów drogowych w latach 2000 – 2020



(na podstawie modelu COPERT)



Cg – w zatorach ulicznych

U – w miastach poza zatorami ulicznymi

R – poza miastami

H – na autostradach i drogach ekspresowych

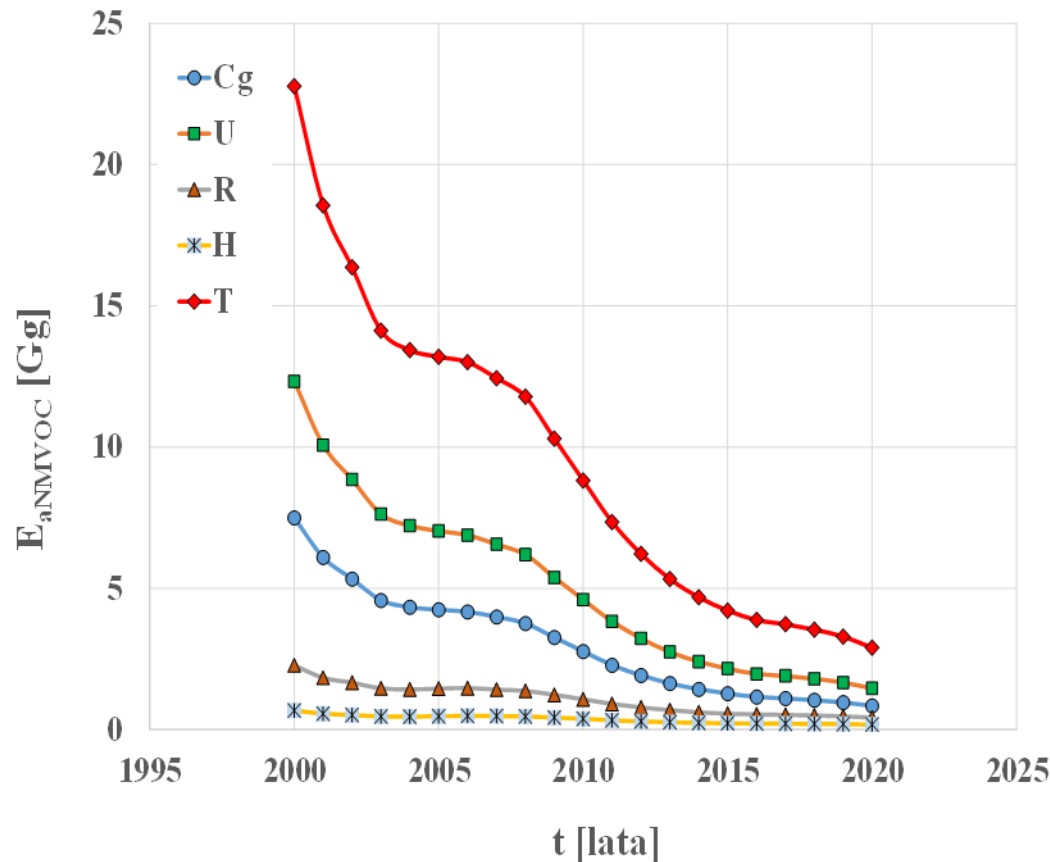
T – całkowita emisja tlenku węgla

Przebieg krajowej emisji rocznej tlenku węgla –  $E_{aCO}$  z samochodów osobowych w modelowych warunkach ruchu

# Przykładowe wyniki badań modelu emisji zanieczyszczeń z pojazdów drogowych w latach 2000 – 2020



(na podstawie modelu COPERT)



Cg – w zatorach ulicznych

U – w miastach poza zatorami ulicznymi

R – poza miastami

H – na autostradach i drogach ekspresowych

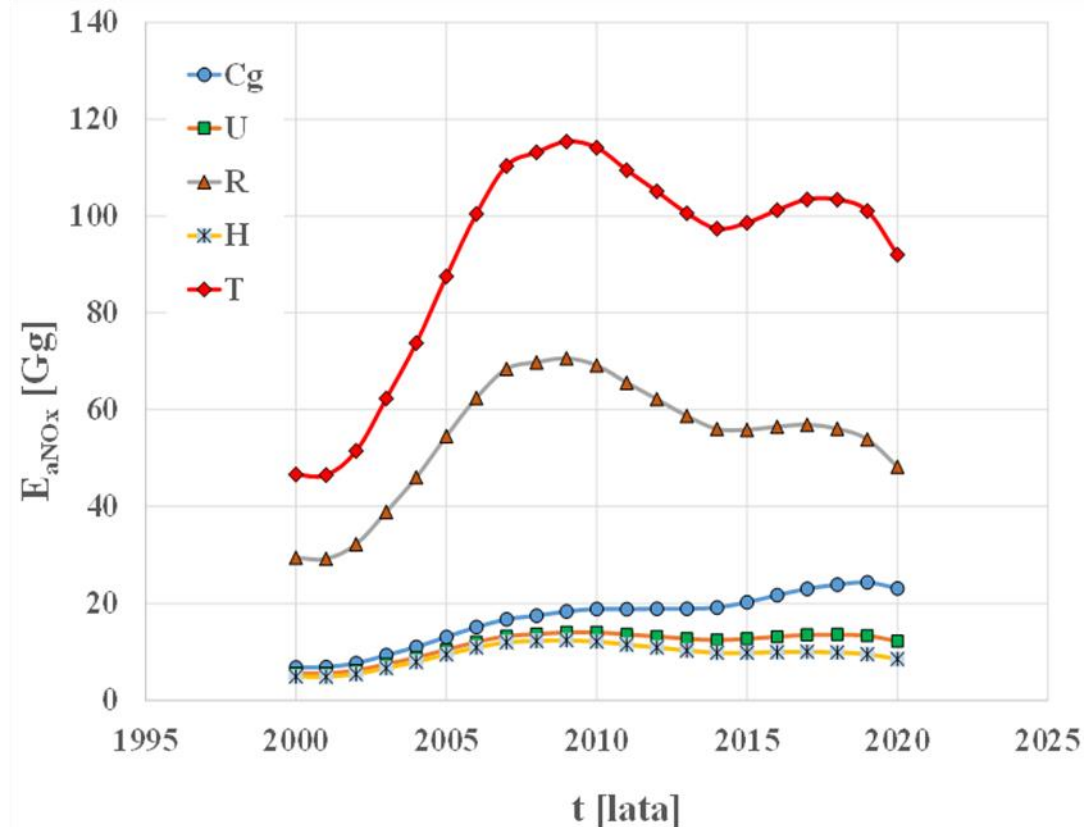
T – całkowita emisja niemetanowych lotnych związków organicznych

Przebieg krajowej emisji rocznej niemetanowych lotnych związków organicznych –  
–  $E_{aNMVOC}$  z lekkich samochodów ciężarowych w modelowych warunkach ruchu

# Przykładowe wyniki badań modelu emisji zanieczyszczeń z pojazdów drogowych w latach 2000 – 2020



(na podstawie modelu COPERT)



Cg – w zatorach ulicznych

U – w miastach poza zatorami ulicznymi

R – poza miastami

H – na autostradach i drogach ekspresowych

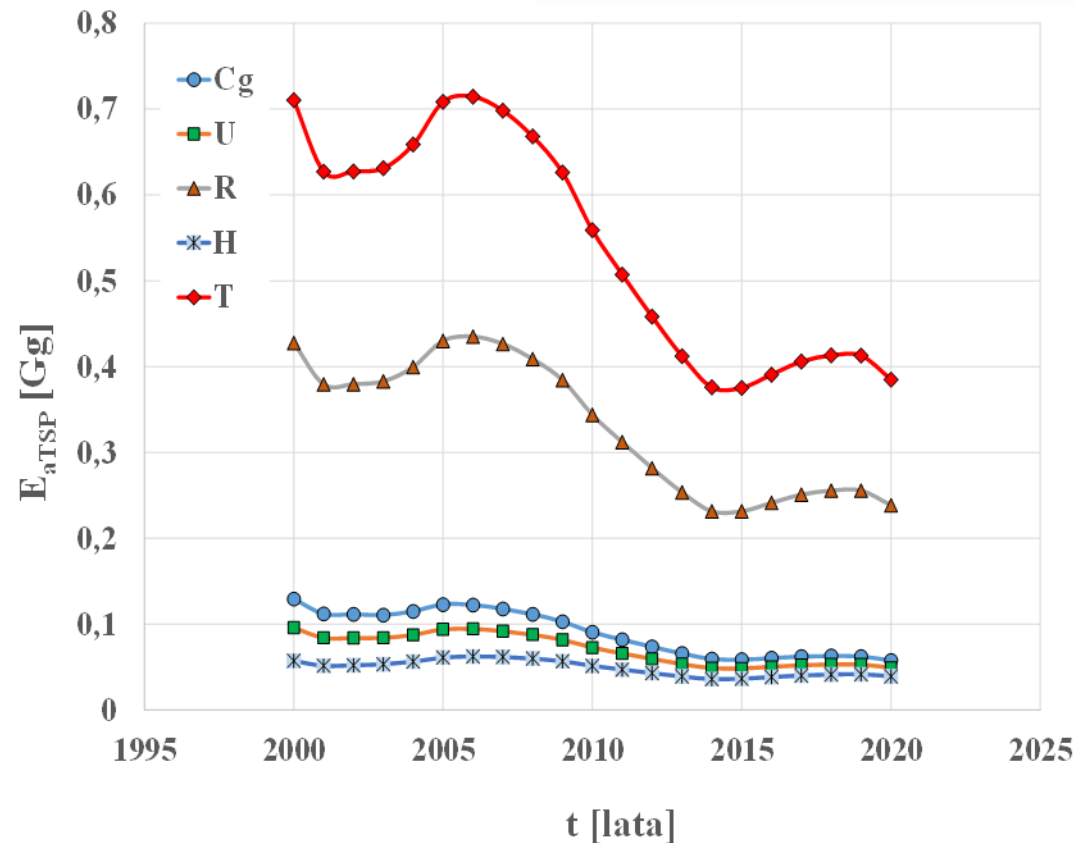
T – całkowita emisja tlenków azotu

Przebieg krajowej emisji rocznej tlenków azotu –  $E_{aNOx}$  z samochodów ciężarowych w modelowych warunkach ruchu

# Przykładowe wyniki badań modelu emisji zanieczyszczeń z pojazdów drogowych w latach 2000 – 2020



(na podstawie modelu COPERT)



Cg – w zatorach ulicznych

U – w miastach poza zatorami ulicznymi

R – poza miastami

H – na autostradach i drogach ekspresowych

T – całkowita emisja całkowitego pyłu zawieszonego

Przebieg krajowej emisji rocznej całkowitego pyłu zawieszonego –  $E_{aTSP}$  z autobusów dalekobieżnych w modelowych warunkach ruchu

# Badania modelu emisji zanieczyszczeń z samochodów osobowych ze względu na modelowe warunki ruchu pojazdów

(na podstawie modelu HBEFA INFRAS)



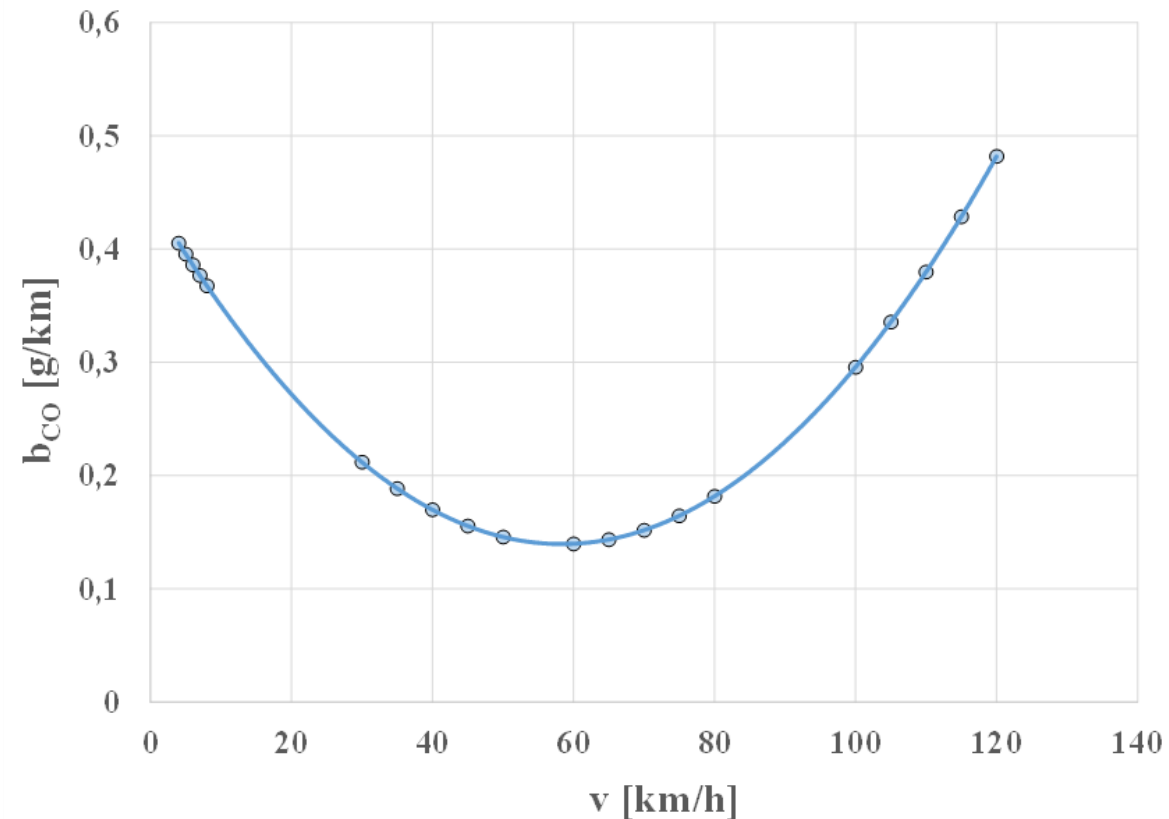
Program badań modelu emisji zanieczyszczeń z samochodów osobowych ze względu na prędkość średnią samochodów osobowych w modelowych warunkach ruchu.

Numer badania		1	2	3	4	5
Warunki ruchu pojazdów drogowych		Prędkość średnia [km/h]				
Zatory uliczne w miastach	$v_{Cg}$	4	5	6	7	8
Miasta poza zatorami ulicznymi	$v_U$	30	35	40	45	50
Poza miastami	$v_R$	60	65	70	75	80
Autostrady i drogi ekspresowe	$v_H$	100	105	110	115	120

# Badania modelu emisji zanieczyszczeń z samochodów osobowych ze względu na modelowe warunki ruchu pojazdów



(na podstawie modelu HBEFA INFRAS)

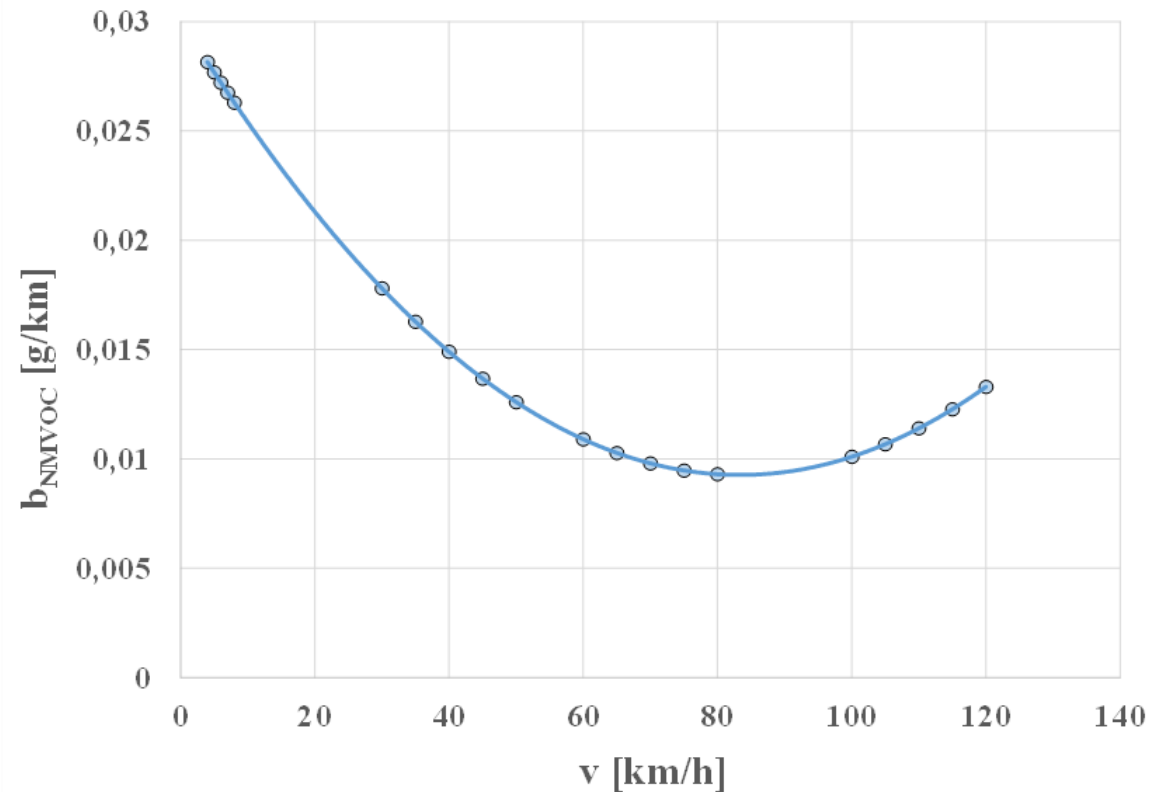


Zależność emisji drogowej tlenku węgla w modelowych warunkach ruchu –  $b_{CO}$  z samochodów osobowych od prędkości średniej –  $v$

# Badania modelu emisji zanieczyszczeń z samochodów osobowych ze względu na modelowe warunki ruchu pojazdów



(na podstawie modelu HBEFA INFRAS)

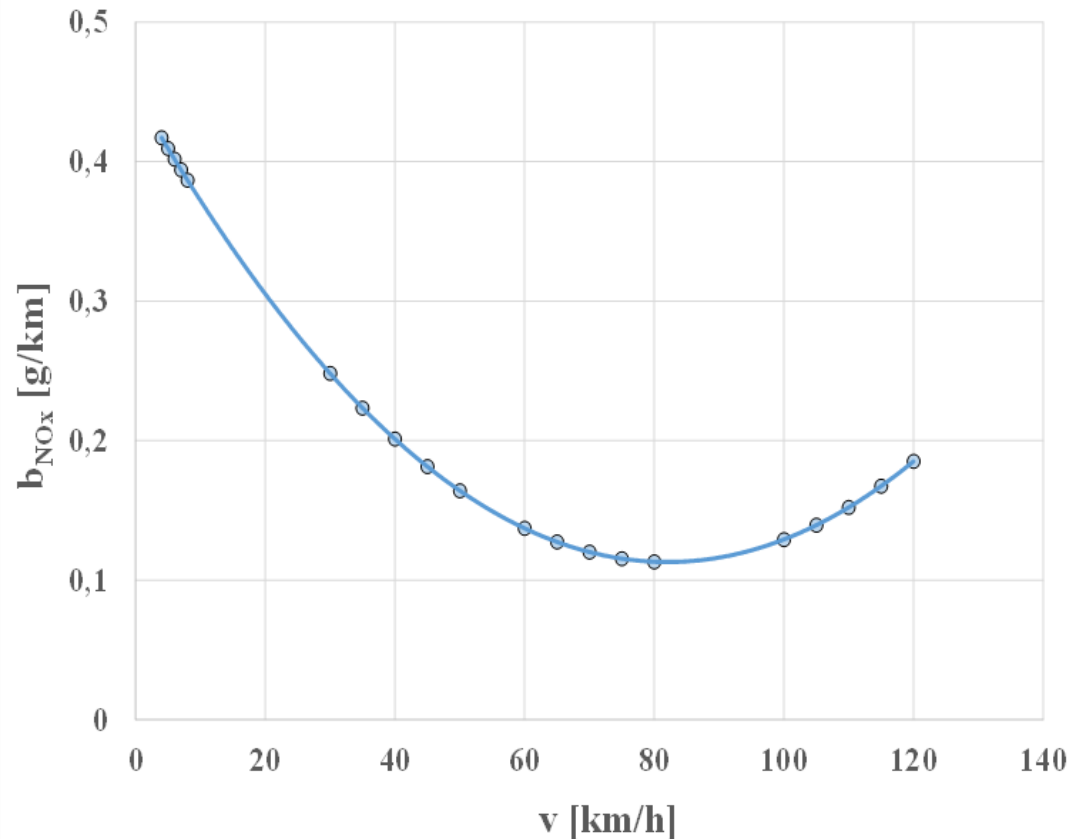


Zależność emisji drogowej niemetanowych lotnych związków organicznych w modelowych warunkach ruchu –  $b_{\text{NMVOC}}$  z samochodów osobowych od prędkości średniej – v

# Badania modelu emisji zanieczyszczeń z samochodów osobowych ze względu na modelowe warunki ruchu pojazdów



(na podstawie modelu HBEFA INFRAS)



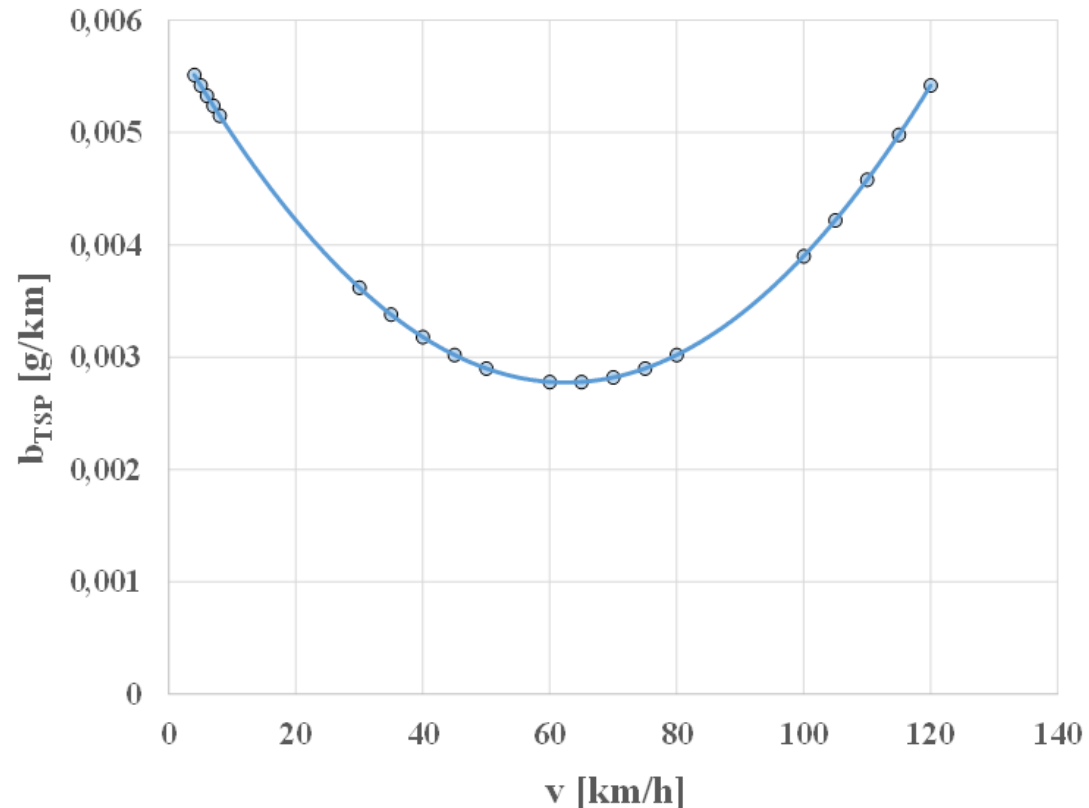
Zależność emisji drogowej tlenków azotu w modelowych warunkach ruchu –  $b_{NO_x}$  z samochodów osobowych od prędkości średniej –  $v$



# Badania modelu emisji zanieczyszczeń z samochodów osobowych ze względu na modelowe warunki ruchu pojazdów



(na podstawie modelu HBEFA INFRAS)



Zależność emisji drogowej całkowitego pyłu zawieszonego w modelowych warunkach ruchu –  $b_{TSP}$  z samochodów osobowych od prędkości średniej –  $v$

# Podsumowanie (1/2)



1. Modelowanie emisji zanieczyszczeń ze źródeł mobilnych jest jedynym sposobem wyznaczenia emisji całkowitej zanieczyszczeń ze zbioru tych źródeł.

2. Udowodniono tezy rozprawy:

- Teza rozprawy

Istnieje możliwość wykorzystania procedur stosowanych w oficjalnej inwentaryzacji emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego do badania modelu tej emisji ze względu na dane wejściowe i parametry modelu, charakteryzujące strukturę, intensywność i sposób użytkowania pojazdów drogowych.

- Teza dodatkowa rozprawy

Wartość średnia prędkości pojazdów jest skuteczną charakterystyką zerowymiarową prędkości do oceny właściwości ruchu pojazdów w zadaniu inwentaryzacji emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego.

# Podsumowanie (2/2)



3. Do modelowania emisji zanieczyszczeń z transportu drogowego wykorzystuje się informacje w postaci zależności emisji drogowych zanieczyszczeń od prędkości średniej pojazdów kategorii elementarnych, które wyznacza się na podstawie wyników badań empirycznych.
4. Mimo znacznej intensyfikacji użytkowania pojazdów drogowych w Polsce w latach 2000 – 2020, istnieje wyraźna tendencja do zmniejszania się krajowej emisji rocznej zanieczyszczeń. Jest to wynikiem zmiany struktury pojazdów drogowych ze względu na właściwości ekologiczne – emisję zanieczyszczeń.
5. Najbardziej wyraźna jest tendencja do zmniejszania się krajowej emisji rocznej tlenku węgla i niemetanowych lotnych związków organicznych. Mniej wyraźna jest tendencja do zmniejszania się krajowej emisji rocznej tlenków azotu i pyłów.





**IOŚ-PIB**

Instytut Ochrony Środowiska  
Państwowy Instytut Badawczy

Dziękuję za uwagę

