



# PROGNOZOWANIE WSKAŹNIKA MOTORYZACJI W POLSCE

dr hab. inż. Kazimierz Jamroz, prof. PG

dr inż. arch. Romanika Okraszewska

dr inż. Krystian Birr

Politechnika Gdańska



# WPROWADZENIE

---

**Znajomość dynamiki zmian wielkości floty** pojazdów poruszających się po sieci drogowej kraju, regionu czy powiatu **ma istotne znaczenie** przy podejmowaniu decyzji dotyczących:

- rozwoju systemu transportu drogowego,
- planowaniu działań na rzecz równoważonego rozwoju kraju, regionów czy miast.

**Liczba pojazdów jest czynnikiem wpływającym na:**

- zużycie paliwa,
- emisję zanieczyszczeń,
- zajętość przestrzeni,
- liczbę wypadków itp.

Dlatego zmiany w liczbie pojazdów mogą mieć istotne konsekwencje gospodarcze, ekologiczne i społeczne.

---



# WPROWADZENIE

---

- Zmiany poziomu motoryzacji mierzone są za pomocą wskaźników motoryzacji będących **miarą stopnia dostępności pojazdów dla mieszkańców** zamieszkujących analizowany obszar.
  - Wskaźnik motoryzacji jest jedną z najczęściej używanych, **unormowanych miar rozwoju motoryzacji**. Poziom motoryzacji zależy od wielu czynników: ekonomicznych, społecznych, przestrzennych, transportowych.
-



# CEL BADANIA

---

- Celem badań było **opracowanie metody** modelowania i prognozowania wskaźnika motoryzacji na poziomie kraju, województw i podregionów...
  - ...będącej elementem opracowania dotyczącego innowacyjnych metod prognozowania ruchu...
  - ...zrealizowanego w ramach projektu **Rozwój Innowacji Drogowych 2A** finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.
-



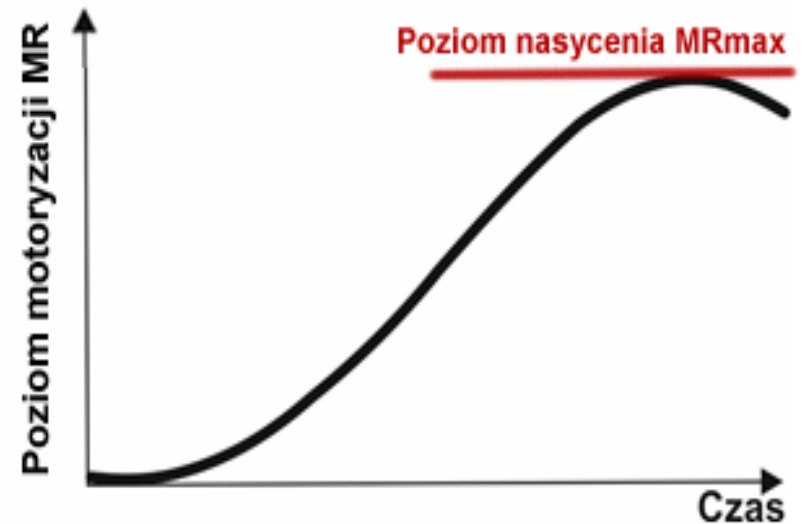
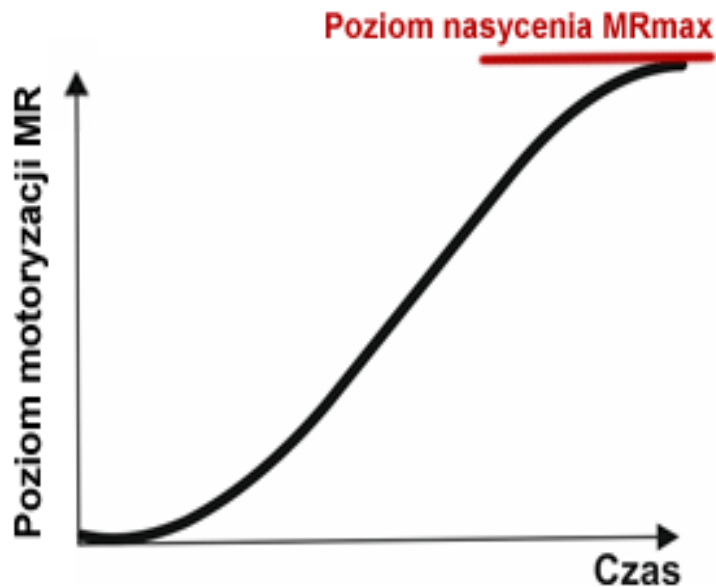
# ETAPY ROZWIĄZANIA PROBLEMU

---

- 1) Określenie **poziomu nasycenia** motoryzacją analizowanego obszaru,
  - 2) Dobór **funkcji** zmian poziomu motoryzacji,
  - 3) **Identyfikacja i dobór zbioru czynników** wpływających na zmianę poziomu motoryzacji.
-



# OKREŚLENIE POZIOMU NASYCENIA





# WYBRANE FUNKCJE OPISUJĄCE ZMIANY POZIOMU MOTORYZACJI

---

## Model potęgowy

$$MR = MR_{max} \cdot \left(1 + x_1^{\beta_1} \cdot x_2^{\beta_2} \cdot \dots \cdot x_n^{\beta_n}\right)^{\beta_0}$$

## Model logitowy

$$MR = \frac{MR_{max}}{1 + \beta_0 \cdot \exp(\beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + \dots + \beta_n \cdot x_n)}$$

## Model Gompertza

$$MR = MR_{max} \cdot \exp(\beta_0 \cdot \exp(\beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + \dots + \beta_n \cdot x_n))$$

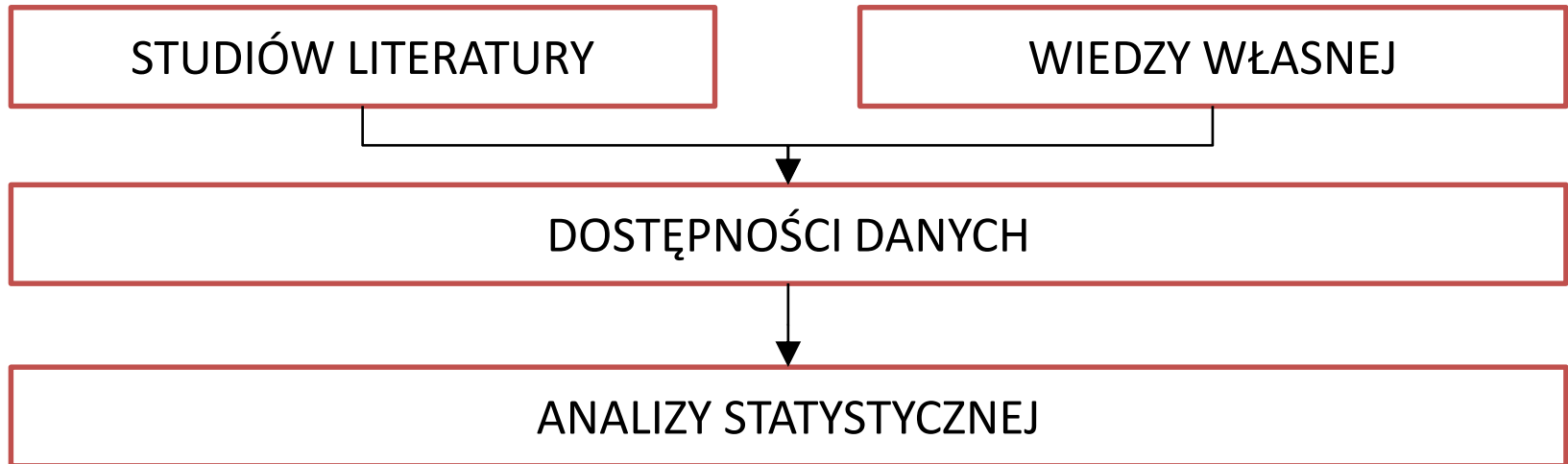
---



# IDENTYFIKACJA CZYNNIKÓW WPŁYWAJĄCYCH NA ZMIANĘ POZIOMU MOTORYZACJI

---

Zmienne, które mogą być zastosowane do modelowania wskaźnika motoryzacji dobrano na podstawie:





# BAZA DANYCH

---

Zebrano dane:

- dla 4 poziomów podziału terytorialnego: kraj, województwa, podregiony, powiaty,
- na podstawie GUS, OECD, Penn World Table wersja 9.0.

Na czterech poziomach podziału terytorialnego (kraj, województwo, podregion, powiat):

- powierzchni obszaru z podziałem na grunty orne oraz zabudowane i zurbanizowane,
  - ludności z podziałem na ludność miast i wsi,
  - wielkości PKB na mieszkańca,
  - liczby pojazdów ogółem oraz liczby pojazdów osobowych.
  - powierzchnia lasów,
-



# BAZA DANYCH

---

**Zakres czasowy** zbioru danych:

- na poziomie kraju obejmował dane od roku 1980,
- na poziomie województw od 1998,
- na poziomie podregionów i powiatów od 2000 r.

Zakres czasowy danych demograficznych, obszarowych i ekonomicznych rozszerzony do 2050 r.:

- dla danych demograficznych wg prognoz GUSu,
  - dla danych obszarowych o wielkości stałe jak dla roku bazowego 2015,
  - dla danych ekonomicznych - stały wzrost wartości PKB o 3% rocznie.
-

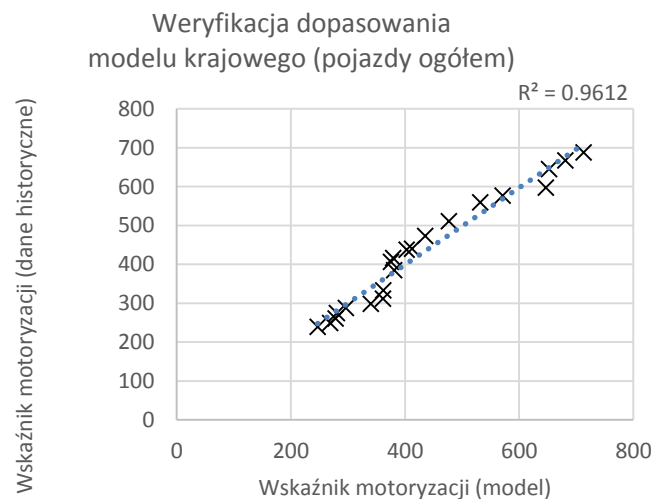
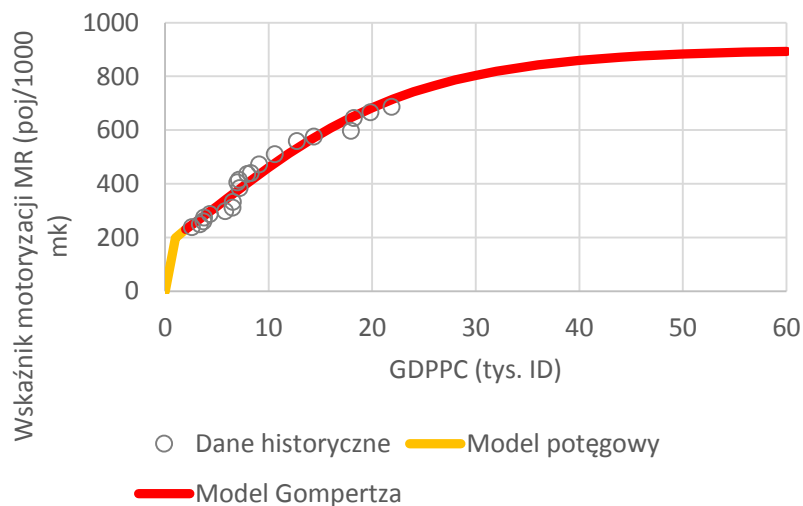


# POZIOM KRAJOWY

## Modele prognozowania wskaźnika motoryzacji na poziomie krajowym

### POJAZDY OGÓŁEM

$$MR = \begin{cases} 900 \cdot e^{-1,629 \cdot e^{-0,089 \cdot GDPPC}} & \text{dla } GDPPC < 5 \text{ tys. } \frac{ID}{mk}/r \text{ ok} \\ 900 \cdot GDPPC^{0,297} & \text{dla } GDPPC \geq 5 \text{ tys. } \frac{ID}{mk}/r \text{ ok} \end{cases}$$



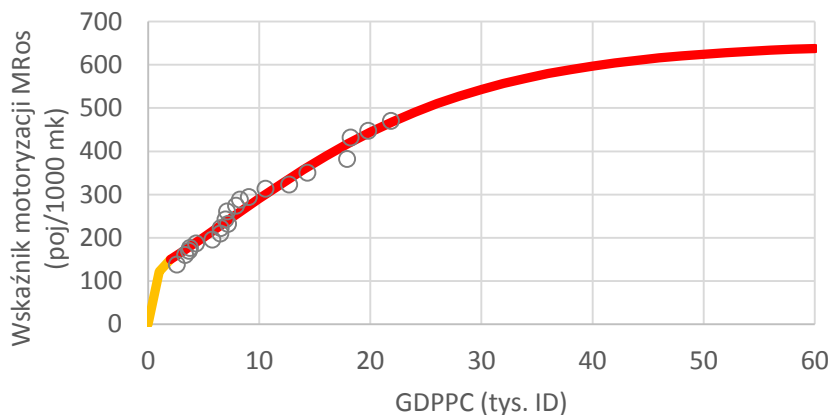


# POZIOM KRAJOWY

## Modele prognozowania wskaźnika motoryzacji na poziomie krajowym

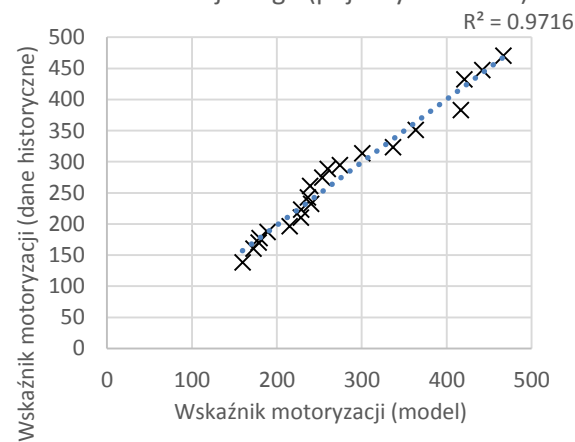
### POJAZDY OGÓŁEM

$$MR = \begin{cases} 650 \cdot e^{-1,707 \cdot e^{-0,075 \cdot GDPPC}} & \text{dla } GDPPC < 5 \text{ tys. } \frac{ID}{mk}/r \text{ ok} \\ 650 \cdot GDPPC^{0,347} & \text{dla } GDPPC \geq 5 \text{ tys. } \frac{ID}{mk}/r \text{ ok} \end{cases}$$



○ Dane historyczne — Model potęgowy — Model Gompertza

Weryfikacja dopasowania modelu krajowego (pojazdy osobowe)





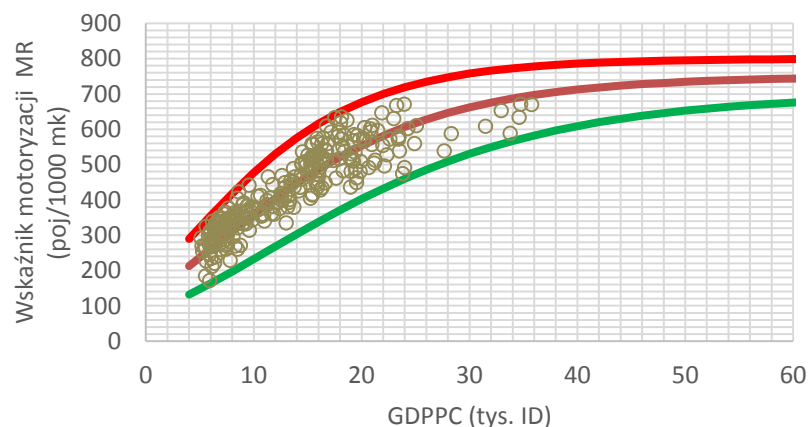
# POZIOM WOJEWÓDZKI



# DOBÓR POZIOMU NASYCENIA

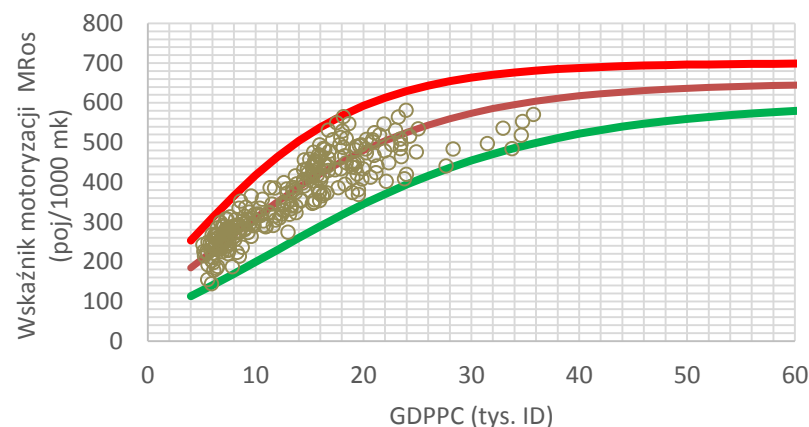
Trendy rozwoju wskaźnika motoryzacji – poziom wojewódzki

## POJAZDY OGÓŁEM



- Dane historyczne
- Najwyższe warunki rozwoju motoryzacji
- Średnie warunki rozwoju motoryzacji
- Najniższe warunki rozwoju motoryzacji

## POJAZDY OSOBOWE



- Dane historyczne
- Najwyższe warunki rozwoju motoryzacji
- Średnie warunki rozwoju motoryzacji
- Najniższe warunki rozwoju motoryzacji



# DOBÓR POZIOMU NASYCENIA

## Dobór poziomu nasycenia pojazdami

$$MR_{max} = 900 \cdot t + 39,24 \cdot (DP_{50}^{-0,876} + UL_{50}^{-1,24}) \cdot CMD$$

$$MRoS_{max} = 650 \cdot t + 76,0 \cdot (DP_{50}^{-0,28} + UL_{50}^{-0,423}) \cdot CMD$$

$MR_{max}$  - prognozowany poziom nasycenia motoryzacji (pojazdy ogółem)

$MRoS_{max}$  - prognozowany poziom nasycenia motoryzacji (pojazdy osobowe)

$DP_{50}$  - prognozowana gęstość zaludnienia dla roku 2050

$UL_{50}$  - prognozowany udział ludności zamieszkałej w miastach dla roku 2050

$CMD$  – warunki rozwoju motoryzacji dla województwa

$$t = \begin{cases} 0,889 \cdot CMD, & \text{dla pojazdów ogółem} \\ 0,769 \cdot CMD, & \text{dla pojazdów osobowych} \end{cases}$$

Grupa	Województwa	Wartość CMD
1	Podkarpackie, Warmińsko-Mazurskie, Mazowieckie, Dolnośląskie, Podlaskie	0.94
2	Śląskie, Lubelskie, Małopolskie, Świętokrzyskie, Kujawsko-Pomorskie, Pomorskie, Łódzkie	1.01
3	Lubuskie, Opolskie, Wielkopolskie	1.07

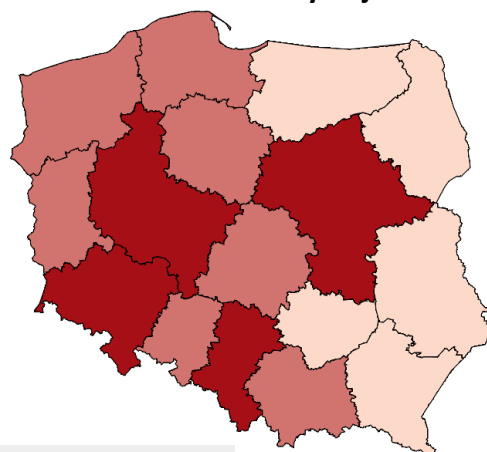


# DOBÓR ZMIENNYCH NIEZALEŻNYCH

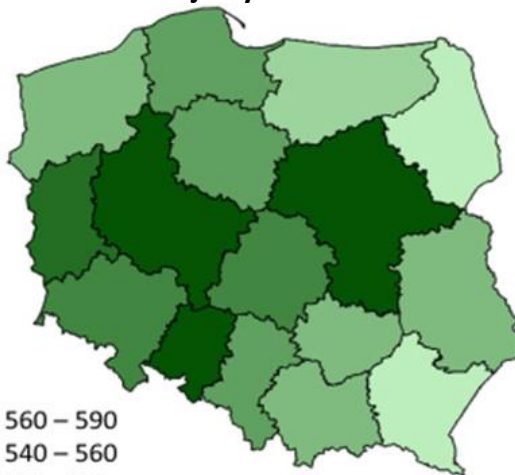
Na poziomie wojewódzkim do analizowanych zmiennych z uwagi na dostępność danych zaliczono:

- **Produkt Krajowy Brutto na mieszkańca (GDPPC) [tys. ID],**
- **gęstość zaludnienia (DP) [100 mieszk/km<sup>2</sup>],**
- **poziom urbanizacji (UL)** – udział mieszkańców mieszkających w miastach [-],
- udział gruntów rolnych (SAA) [-],
- wskaźnik bezrobocia (UE) [-].

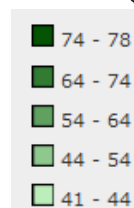
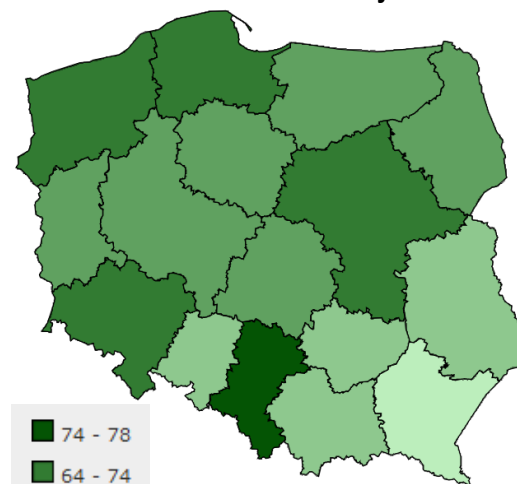
Wskaźnik motoryzacji



Produkt Krajowy Brutto na mieszk.



Udział ludności zamieszkałej w miastach



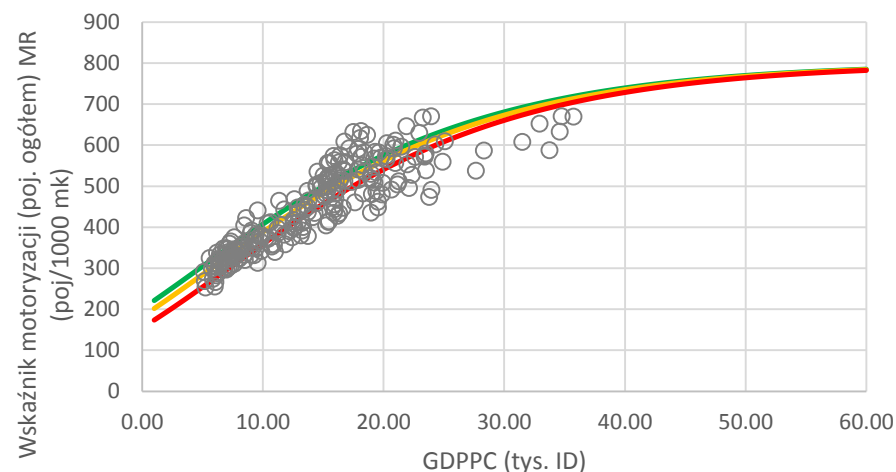
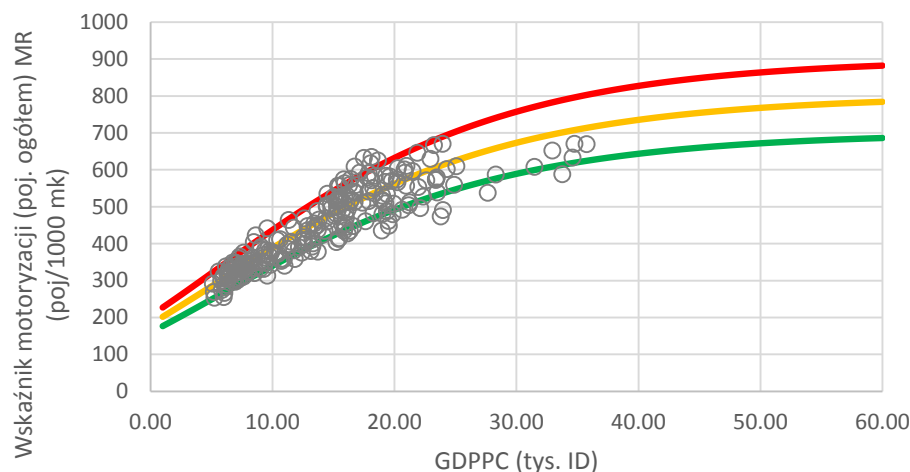
Źródło: Portal geostatyczny  
na podstawie BDL, GUS



# MODEL PROGNOZOWANIA WSKAŹNIKA MOTORYZACJI NA POZIOMIE WOJEWÓDZTW

## Pojazdy ogółem

$$MR = MR_{max} \cdot e^{\beta_0} \cdot e^{\beta_1 \cdot GDPPC + \beta_3 \cdot UL}$$



○ Dane historyczne    — MRmax=700    — MRmax=800    — MRmax=900

○ Dane historyczne    — UL=0.3    — UL=0.5    — UL=0.8

### Weryfikacja dopasowania modelu regionalnego (pojazdy ogółem)



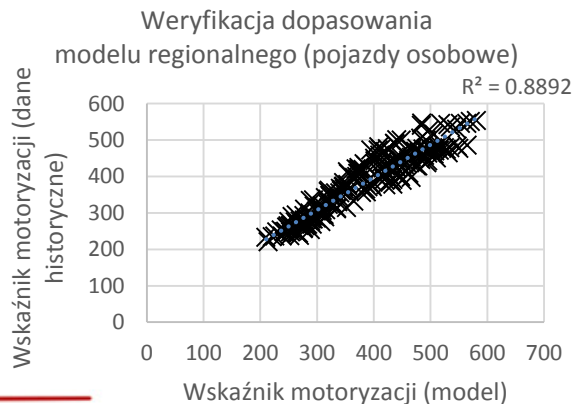
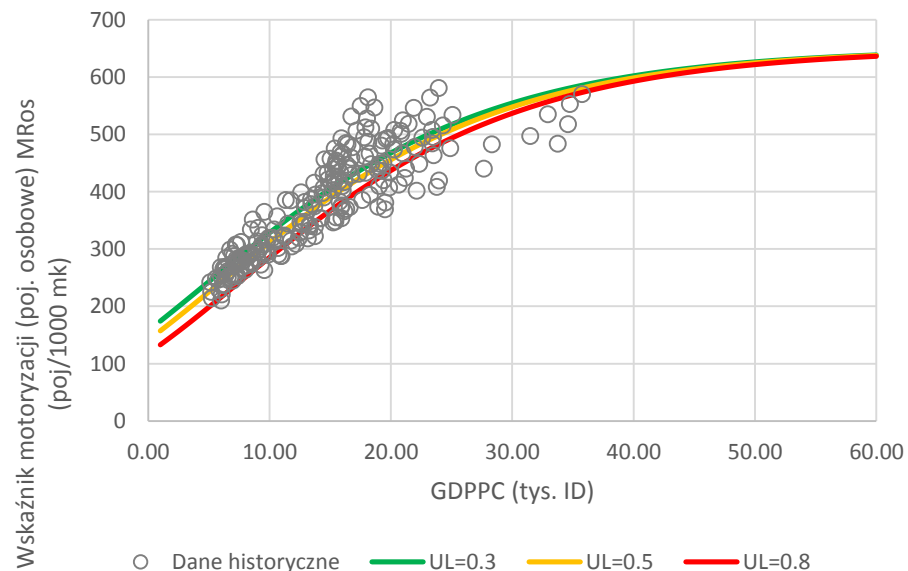
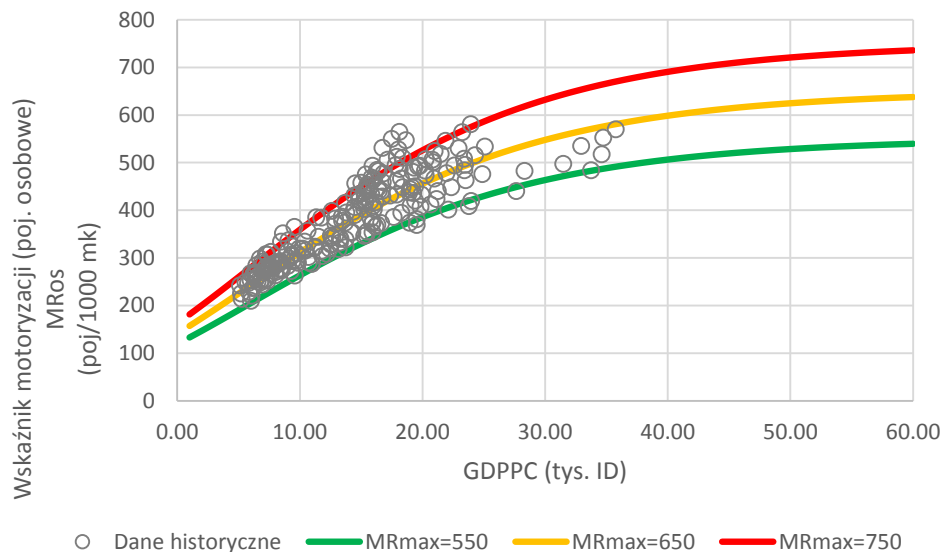
	Ocena	Błąd std.	t	p	Dolna gr. ufności	Górna gr. ufności
<b>b0</b>	-1.24446	0.080505	-15.4582	0.000000	-1.40311	-1.08581
<b>b1</b>	-7.16083	0.210874	-33.9578	0.000000	-7.57640	-6.74526
<b>b3</b>	0.34561	0.109277	3.1627	0.001782	0.13025	0.56096



# MODEL PROGNOZOWANIA WSKAŹNIKA MOTORYZACJI NA POZIOMIE WOJEWÓDZTW

## Pojazdy osobowe

$$MRos = MRos_{max} \cdot e^{\beta_0 \cdot e^{\beta_1 \cdot GDP_{PC} + \beta_3 \cdot UL}}$$



	Ocena	Błąd std.	t	p	Dolna gr. ufności	Górna gr. ufności
<b>b0</b>	-1.26599	0.088963	-14.2306	0.000000	-1.44131	-1.09067
<b>b1</b>	-7.29486	0.229021	-31.8524	0.000000	-7.74620	-6.84353
<b>b3</b>	0.37400	0.118622	3.1529	0.001840	0.14023	0.60777

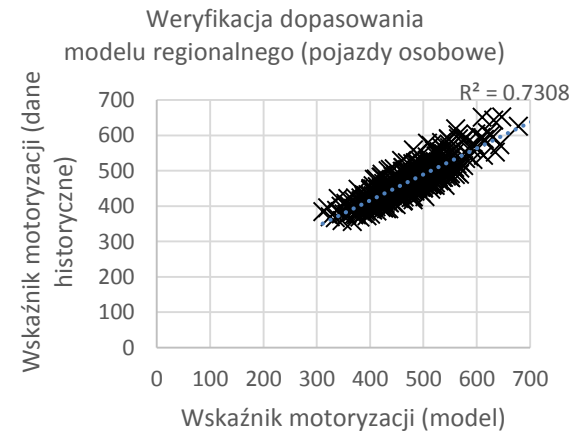
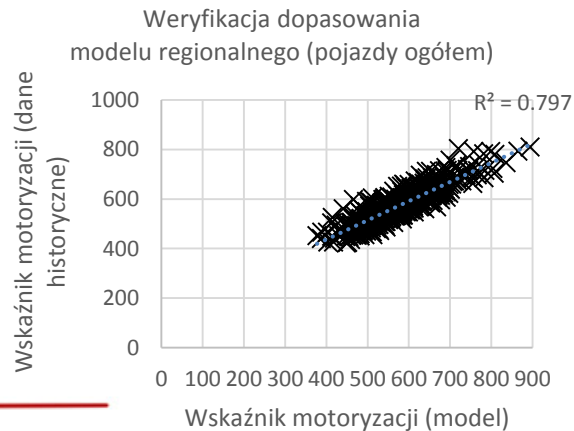
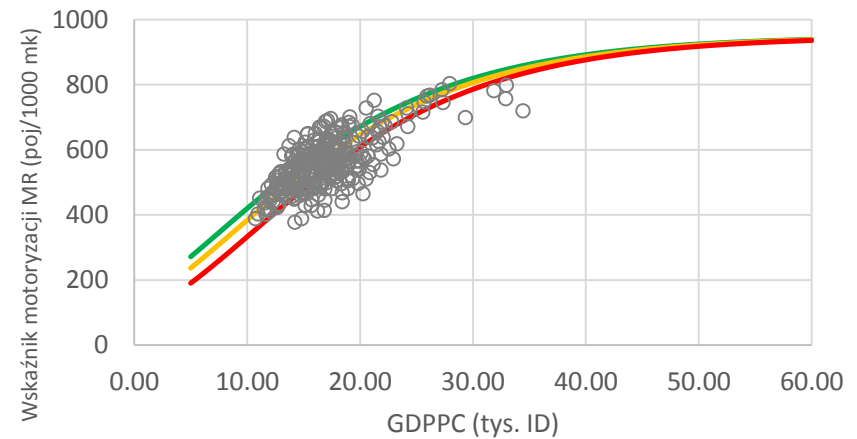
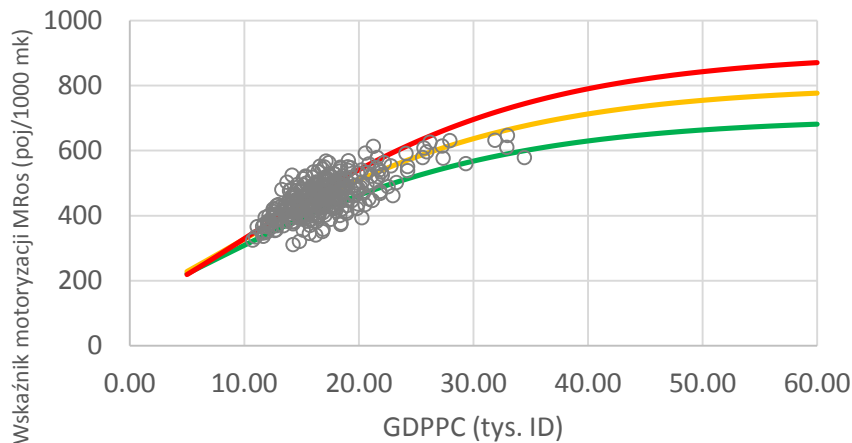


# **POZIOM PODREGIONALNY**



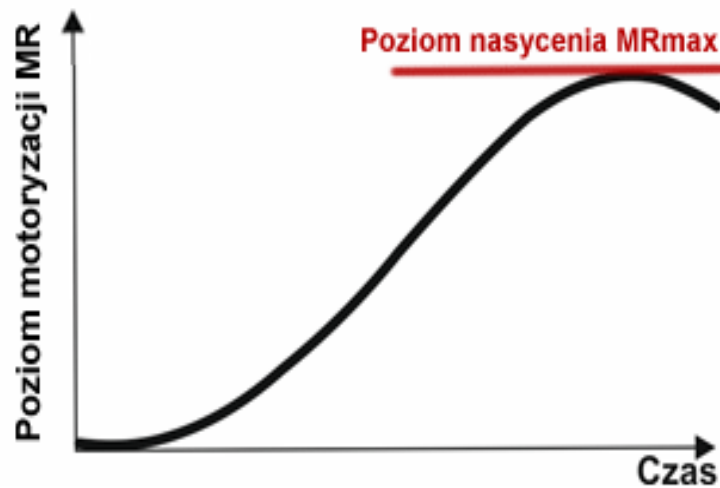
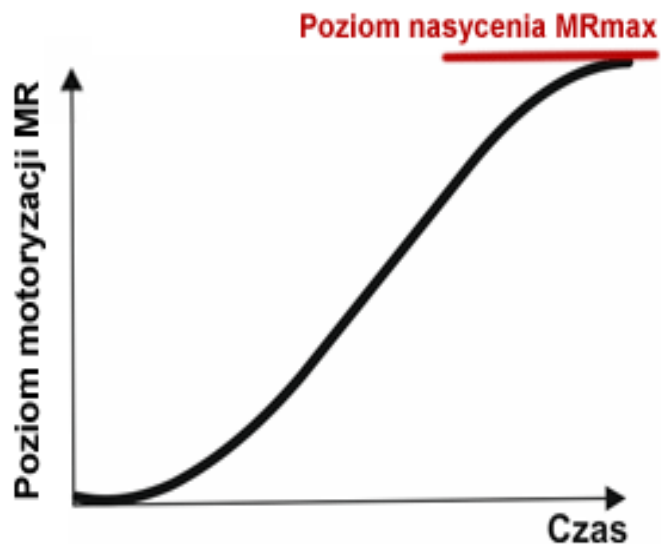
# MODEL PROGNOZOWANIA WSKAŹNIKA MOTORYZACJI NA POZIOMIE PODREGIONALNYM

$$MR = MR_{max} \cdot e^{\beta_0 \cdot e^{\beta_1 \cdot GDPPC + \beta_2 \cdot DP + \beta_3 \cdot UL}}$$





# ZMIANA TRENDU?





# UWZGLĘDNIENIE WPŁYWU POLITYKI TRANSPORTOWEJ NA ZMIANĘ TRENDU

$$MR_Y = f(x) \cdot TP_Y$$

$$TP_Y = 1 - \frac{E_m}{1 + 30e^{-\frac{7}{T}(Y-Y_{TP})}}$$

gdzie:

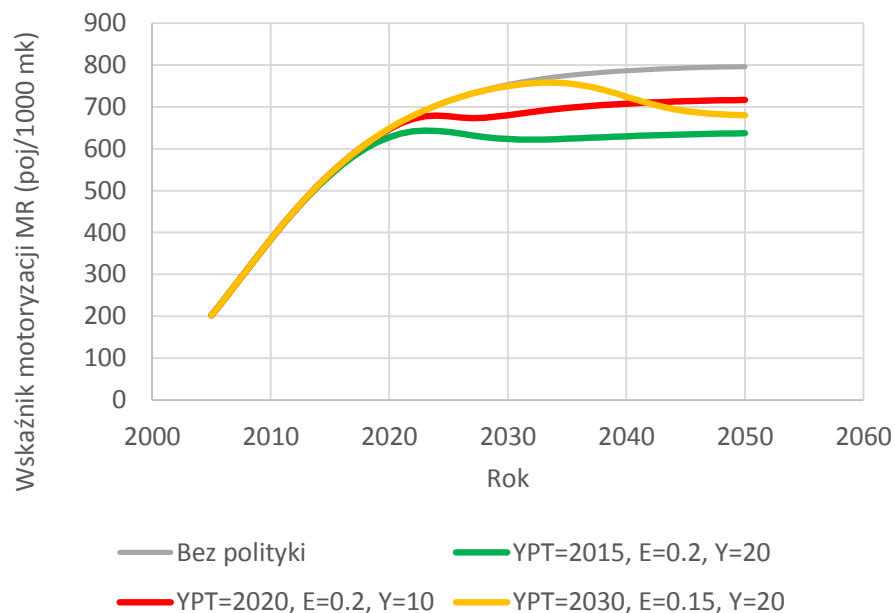
$TP_Y$  – wskaźnik wpływu polityki transportowej dla roku  $Y$ ,

$E_m$  – oczekiwany maksymalny efekt działań związanych z polityką transportową wyrażony w stopniu zmniejszenia wskaźnika motoryzacji,

$T$  – zakładany okres czasu, po którym osiągnięty zostanie oczekiwany maksymalny efekt działań związanych z polityką transportową, liczony od roku wdrożenia działań, wyrażany w latach [rok],

$Y$  – rok, dla którego liczony jest wskaźnik,

$Y_{TP}$  – rok wdrożenia działań związanych z polityką transportową.





# WNIOSKI

---

Uzyskane wyniki przeprowadzonych studiów i analizy upoważniają do sformułowania następujących wniosków:

1. Liczba pojazdów rośnie wraz ze wzrostem potencjału ekonomicznego.
2. Dla potrzeb szacowania i prognozowania poziomu motoryzacji prowadzi się modelowanie liczby pojazdów **dla potrzeb organizacji międzynarodowych, rządów poszczególnych krajów, firm produkujących samochody, firm paliwowych, firm ubezpieczeniowych itp.**

W wielu krajach opracowano modele prognozowania liczby pojazdów wykorzystując modele zmian wskaźnika motoryzacji. Niestety **w Polsce brakowało tego typu modeli**, który mogłyby być stosowane powszechnie do prognozowania liczby pojazdów zarówno w krótkich jak i długich przedziałach czasu na poziomie kraju i województwa.

---



# WNIOSKI

---

3. Opracowanie modelu szacowania wskaźnika motoryzacji wymaga rozwiązania następujących problemów:
    - określenie **poziomu nasycenia** motoryzacją analizowanego obszaru,
    - **dobór funkcji** zmian poziomu motoryzacji,
    - **identyfikacja** i **dobór zbioru czynników** wpływające na zmianę poziomu motoryzacji.
  4. **Poziom nasycenia** motoryzacją analizowanego obszaru dla warunków polskich najlepiej opisuje model potęgowy uwzględniający wpływ **gęstości zaludnienia**, **poziomu urbanizacji** i **wskaźnik warunków rozwoju motoryzacji**.
  5. Im **większa gęstość mieszkańców** i im **większy poziom urbanizacji** obszaru tym **mniejszy wskaźnik motoryzacji**, co wynika między innymi z krótszych podróży w obszarach zurbanizowanych i związanym z częstszym wyborem alternatywnego środka transportu.
-



# WNIOSKI

---

6. Przebiegi rzeczywistych zmienności wskaźnika motoryzacji wskazują na **"esowy" przebieg funkcji aproksymującej** dane rzeczywiste, tzn. po początkowym okresie wzrostu krzywej zależności następuje jej przegięcie, a potem następuje proces stopniowego wygaszania przyrostu.
  7. Z przeprowadzonych analizy wynika, że najlepiej tą zależność opisuje **funkcja Gompertza**, uwzględniający jednostkowy produkt krajowy brutto jako miarę rozwoju społeczno- gospodarczego analizowanego obszaru, oraz udział ludności zamieszkałej w miastach.
  8. **Przeprowadzone studia i analizy uwidoczniły braki w dostępnych bazach i sposobach gromadzenia danych:**
    - czym niższy podział terytorialny tym **mniej dostępność danych** w ramach GUS;
    - **zmiany administracyjne oraz metodologiczne**, wpływają na zachwianie ciągłości dostępu do danych;
    - zmiany administracyjne oraz metodologiczne, mogą wpływać na wartości danych i przyczynić się do niewłaściwego wyciągania wniosków (przypadek Berlina).
-



---

**DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ**

---