

# WYKORZYSTANIE DYNAMICZNYCH MODELI ARDL W BADANIACH Z OBSZARU TRANSPORTU

## WYNIKI BADAŃ POWIĄZAŃ I ZWIĄZKÓW POMIĘDZY TRANSPORTEM DROGOWYM A EMISJĄ CO<sub>2</sub>

DR BŁAŻEJ SUPROŃ

# WPROWADZENIE DO PRZEDMIOTU BADANIA

- FIT FOR 55 I PARYSKIE POROZUMIENIE KLIMATYCZNE
- WPŁYW TRANSPORTU NA EMISJĘ CO<sub>2</sub>
- CELE KLIMATYCZNE, A TRANSPORT
- REDUKCJA ZUŻYCIA PALIW KOPALNIANYCH W TRANSPORCIE
- INSTRUMENTY REALIZACJI POLITYKI KLIMATYCZNEJ



# WPROWADZENIE DO PRZEDMIOTU BADANIA

---

## Pytania badawcze:

1. W jaki sposób wzrost gospodarczy wpływa na emisję CO<sub>2</sub> w transporcie i zużycie energii przez transport drogowy?
2. Czy transport drogowy towarowy ma jednolity wpływ na emisję w poszczególnych krajach Unii Europejskiej?
3. Jakie są skutki gospodarcze i środowiskowe stosowania bardziej ekologicznego taboru w transporcie drogowym ładunków?
4. W jaki sposób poszczególne kraje mogą zredukować emisję CO<sub>2</sub> i zużycia energii przez transport drogowy przy jednoczesnym utrzymaniu rozwoju gospodarczego?

## Cel badania:

Głównym celem było zbadanie zależności pomiędzy zużyciem energii, emisją CO<sub>2</sub> i wzrostem gospodarczym oraz transportem drogowym w różnych regionach Unii Europejskiej oraz dokonanie analizy w jaki sposób na tę zależność wpływają rozwiązania polityki klimatycznej.

# HIPOTEZY BADAWCZE

---

## **H1: ZWIĄZEK MIĘDZY TRANSPORTEM A WZROSTEM GOSPODARCZYM I JEGO IMPLIKACJE ŚRODOWISKOWE**

Istnieje związek pomiędzy zużyciem energii przez transport drogowy, emisją CO<sub>2</sub> oraz wzrostem gospodarczym.

## **H2: HIPOTEZA ZACHOWANIA ZASOBÓW**

Istnieje związek pomiędzy bardziej ekologicznym taborem, zużyciem energii w transporcie drogowym, emisją CO<sub>2</sub> z sektora transportu i wzrostem gospodarczym.

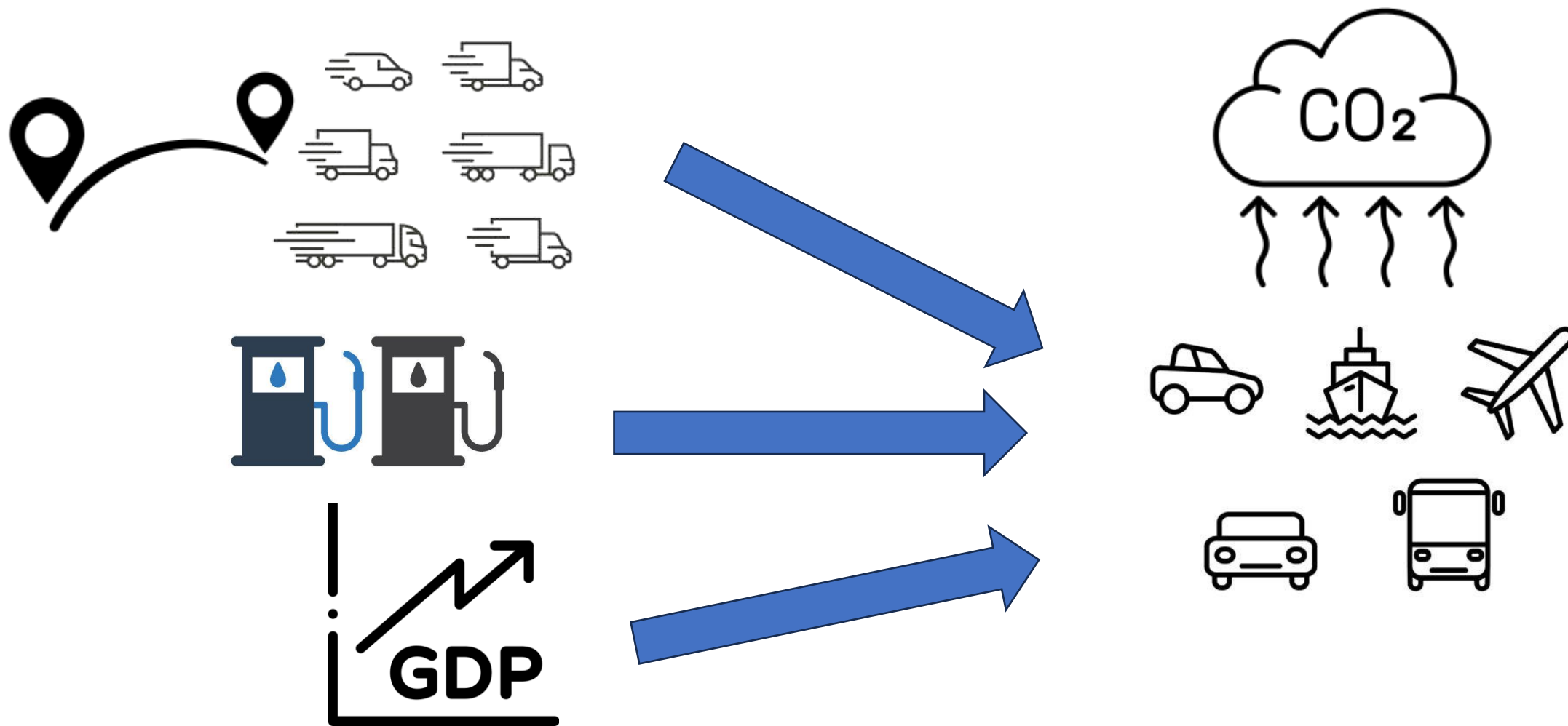
## **H3: HIPOTEZA RÓŻNIC REGIONALNYCH**

Związek między zużyciem energii, wzrostem gospodarczym, pracą przewozową w sektorze transportu drogowego towarów, a emisją CO<sub>2</sub> jest różny w różnych krajach Unii Europejskiej i zależy od lokalnych rozwiązań polityki klimatycznej.

## **H4: HIPOTEZA SPRZĘŻENIA ZWROTNEGO W TRANSPORCIE**

Istnieje dwukierunkowy związek pomiędzy zużyciem energii w transporcie drogowym, a emisją CO<sub>2</sub> z sektora transportu oraz wzrostem gospodarczym, a emisją CO<sub>2</sub> z sektora transportu.

# CEL HIPOTEZY BADAWCZE



# DANE I ZMIENNE

**Tabela 1.** Zmienne, źródła danych i jednostki

Zmienna	Nazwa pełna	Jednostka	Źródło
EC	Zużycie końcowe energii w transporcie drogowym	[Thousand tonnes of oil equivalent]	Eurostat
CO <sub>2</sub>	Emisja CO <sub>2</sub> z transportu	[kt - Kilotons]	OECD
GDP	Realny PKB per capita	[ US\$ constant 2015]	OECD
FRT	Przewozy drogowe towarów	[Mtkm - Million ton-kilometers]	OECD

**Okres badawczy:** 1990 – 2021

**Badanie wstępne:** Kraje Wyszehradzkie

**Badanie pełne:** Kraje Unii Europejskiej

# DOTYCHCZASOWE BADANIA

- Wzrost energii odnawialnej i innowacji zmniejsza emisję CO<sub>2</sub> w sektorze transportu drogowego (model QARDL dla Chin) (Godil et. al., 2021)
- Ceny ropy, energochłonności transportu drogowego, wzrostu gospodarczego i gęstości zaludnienia wpływają na emisję CO<sub>2</sub> (model ARDL dla Pakistanu) (Rasool et. al., 2019)
- Istnieje silny dwukierunkowy związek przyczynowy między wskaźnikiem rygorystyczności polityki środowiskowej, a emisją CO<sub>2</sub> z sektora transportu drogowego (model FMOLS dla 12 krajów Unii Europejskiej) (Georgatz et. al. 2020)
- Długoterminowe zużycie energii z paliw kopalnych ma związek z realnym PKB oraz powoduje wzrost emisji CO<sub>2</sub> z sektora transportu (model FMOLS dla USA) (Umar et. al. 2021)

**Modele:** ARDL, VAR, FMOLS, DOLS



# METODY – BADANIE WSTĘPNE

Model ARDL dla pojedynczego szeregu czasowego i test granic Pesaran et al. (2001)

$$\text{ARDL: } \Delta Y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i \Delta y_{t-i} + \sum_{i=0}^n \delta_i \Delta x_{t-i} + \underbrace{\varphi_1 y_{t-1} + \varphi_2 x_{t-1}} + \mu_t$$

$$\text{ECM: } \Delta Y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i \Delta y_{t-i} + \sum_{i=0}^n \delta_i \Delta x_{t-i} + \underbrace{\varphi z_{t-1}} + \mu_t$$

$$\text{long-run model: } y_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + \varepsilon_t$$



$$\text{Lagged residuals: } z_{t-1} = y_{t-1} - b_0 - b_1 x_{t-1}$$

- W pierwszym etapie dokonuje się estymacji modelu ARDL i porównuje się uzyskaną statystkę F z wartościami krytycznymi (w przypadku małych próbek dopuszcza się estymację metodą bootstrappingu)
- W sytuacji, gdy statystyka testowa przekracza wartość krytyczną przedziału I (1), należy wnioskować o istnieniu kointegracji, w innym wypadku szacuje się jedynie zwykły model okresu krótkiego
- Po wykryciu kointegracji konieczna jest estymacja zwykłego modelu Error Correction Model (ECM)
- Error Correction Term ( $ECT_{t-1}$ ) zastępuje składnik długookresowy i jest szacowany na podstawie reszt modelu długookresowego
- Error Correction Term ( $ECT_{t-1}$ ) wskazuje na szybkość dochodzenia modelu do równowagi długookresowej, po wstrząsach krótkookresowych
- Dobór opóźnień zmiennych określa się na podstawie literatury przedmiotu, wcześniejszych badań, kryteriów informacyjnych AIC, BIC



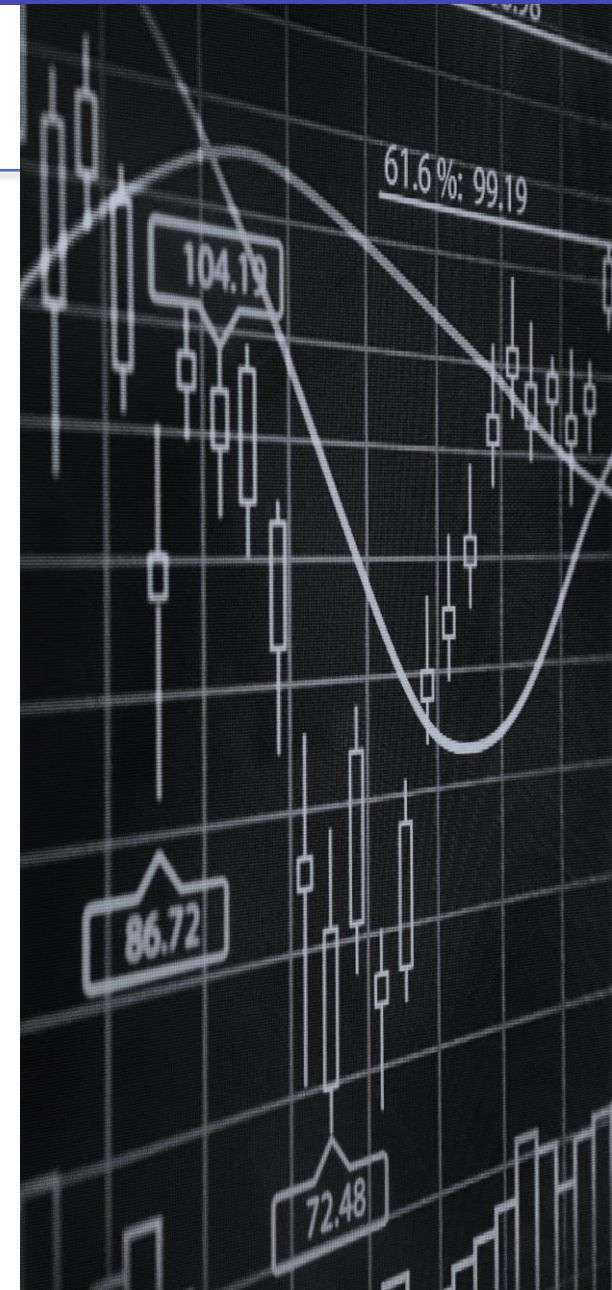
# BADANIA WSTĘPNE – WYNIKI

## Wyniki modeli (wybrane):

- Dla Polski, Czech i Słowacji wykazano, że istnieje kointegracja między zużyciem energii przez transport, a wzrostem gospodarczym, emisją CO<sub>2</sub> oraz wielkością przewożonych ładunków.
- **Wzrost wielkości przewozów** o 1% powoduje **wzrost zużycia energii** przez transport drogowy o 0,41% w przypadku Polski oraz 0,47% w przypadku Czech w długim okresie
- **Wzrost realnego PKB** o 1% powoduje **wzrost zużycia energii** przez transport drogowy o 0,55% dla danych dla Czech oraz 0,79% dla Słowacji w długim okresie
- Emisja CO<sub>2</sub> z transportu w badanych krajach wraca do równowagi w przypadku wystąpienia szoków w krótkim okresie w przeciągu 1,5 roku
- Emisja CO<sub>2</sub> z transportu podlega w badanych krajach dynamicznym zmianom w okresie krótkim
- Na emisję CO<sub>2</sub> z transportu w okresie krótkim największy wpływ miał wzrost gospodarczy oraz zużycie energii
- W przypadku Polski znaczny wpływ na emisję CO<sub>2</sub> w transporcie miał również wzrost pracy przewozowej w transporcie drogowym
- Widoczne są znaczące różnice w oddziaływaniu poszczególnych zmiennych w skali regionalnej

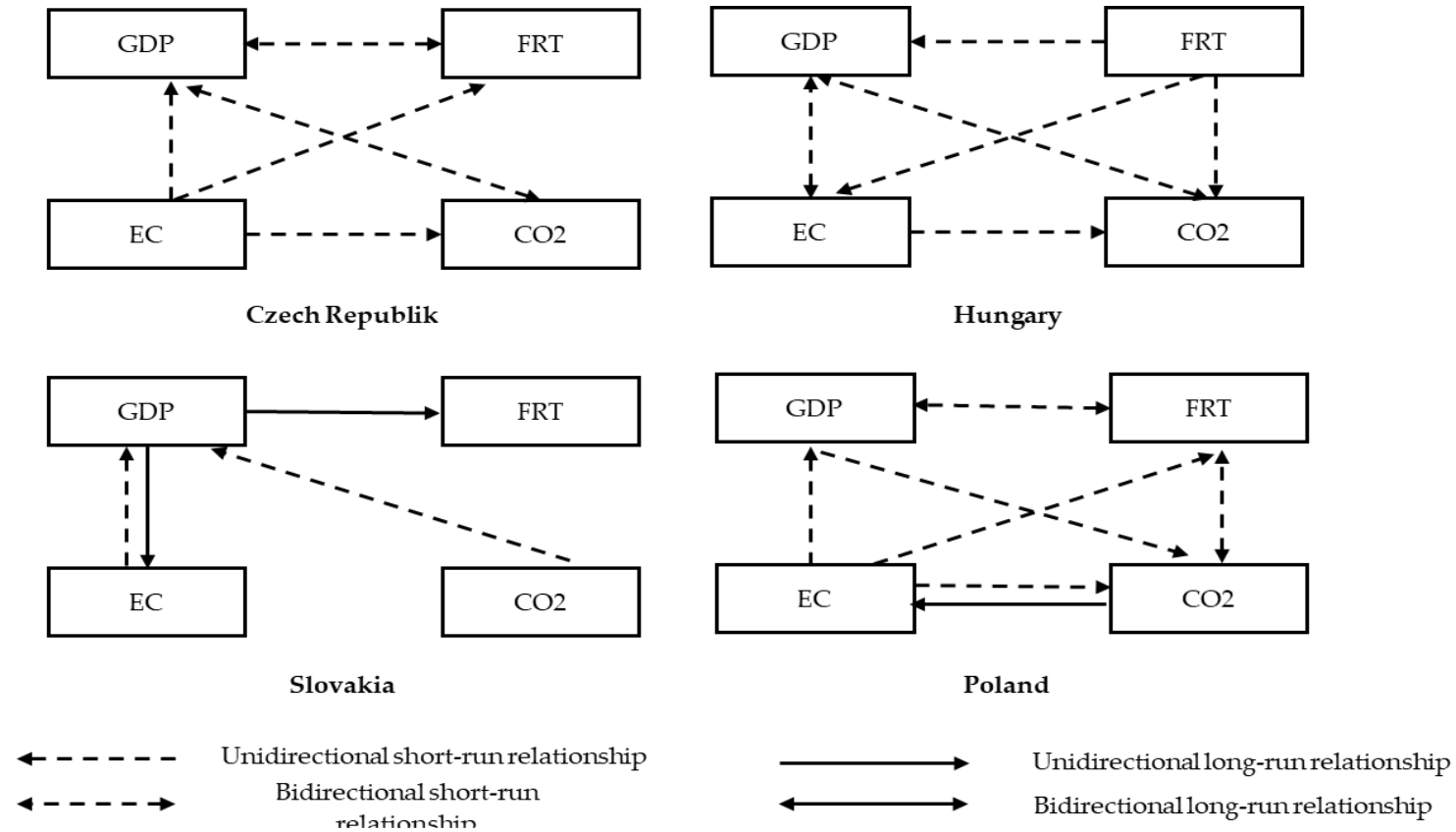
## Pełne wyniki badania:

B. Suproń, I. Łącka. (2023). Research on the Relationship between CO<sub>2</sub> Emissions, Road Transport, Economic Growth and Energy Consumption on the Example of the Visegrad Group Countries. *Energies*, 16(3), 1340; <https://doi.org/10.3390/en16031340>



# BADANIA WSTĘPNE – WNIOSKI

Fig 1. Graficzne przedstawienie przyczynowości dla badanych zmiennych



**GDP** – realny PKB per capita; **EC** – zużycie energii przez transport drogowy; **CO2** – emisja dwutlenku węgla z sektora transportu; **FRT** – praca przewozowa w transporcie drogowym ładunków

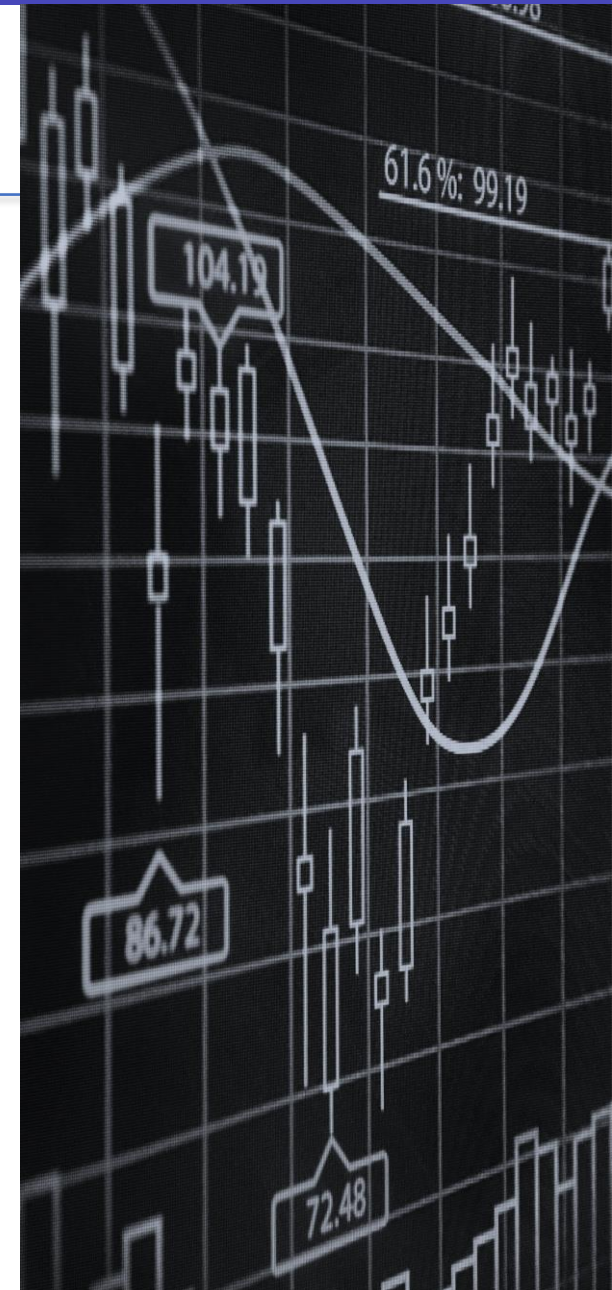
# BADANIA WSTĘPNE – WNIOSKI I IMPLIKACJE

---

- Dążenie do mniejszego zużycia energii w transporcie drogowym, w tym w szczególności energii pochodzącej z ropy naftowej
- Konieczność szybkiej wymiany floty transportowej na pojazdy niskoemisyjne
- Większe korzystające z energii odnawialnej w transporcie drogowym towarów (m.in. biopaliwa)
- Rozwijanie transportu intermodalnego i kombinowanego (obniżenie udziału przewozów drogowych), szczególnie w przypadku Polski
- Transformacja energetyczna jest kluczowa dla utrzymania wzrostu gospodarczego krajów Grupy Wyszehradzkiej oraz sektora transportu drogowego towarów
- Konieczność stosowania oddziaływania fiskalnego na rzecz mniejszego zużycia energii w transporcie oraz wykorzystania innych gałęzi transportu

# BADANIA PANELOWE

1. Specyfikacja modelu, ocena wizualna i statystyczna danych
2. Testy zależności przekrojowej (CSD)
3. Testy skośności
4. Testy przerw strukturalnych
5. Testy pierwiastka jednostkowego
6. Test kointegracji panelowej
7. Estymacja modelu
8. Ocena parametrów modelu oraz wnioskowanie
9. Testy solidności



# METODY – BADANIE PEŁNE

Model panelowy ARDL bazuje na pracach Pesaran et al. (1999) oraz Chudik et. al (2016):

$$\Delta y_{it} = \sum_{k=1}^{p-1} \lambda_{ik}^* \Delta y_{i,t-k} + \sum_{k=0}^{q-1} \delta_{ik}' \Delta X_{i,t-k} + \varphi_i y_{i,t-1} + \beta_i' X_{it} + \omega_i + \varepsilon_{it}$$



Transformacja do modelu ARDL VECM

$$\Delta y_{it} = \sum_{k=1}^{p-1} \lambda_{ik}^* \Delta y_{i,t-k} + \sum_{k=0}^{q-1} \delta_{ik}' \Delta x_{i,t-k} + \varphi_i (y_{i,t-1} + \beta_i' X_{it}) + \omega_i + \varepsilon_{it}$$

- $\lambda_{ik}, \delta_{ik}' =$  współczynnik krótkiego okresu
- $\varphi_i =$  specyficzny dla grupy współczynnik korekcji błędów ( $ECT_{t-1}$ )
- $\beta_i' =$  wektor współczynników długookresowych

# WYNIKI BADAŃ – KLASYFIKACJA KRAJÓW

---

Zastosowano następujące kryteria podziału badanych krajów Unii Europejskiej:

- **SRT** - Udział transportu drogowego ładunków w przewozach ogółem
- **SNV** - Udział nowych pojazdów służących do przewozu ładunków (wiek < 5 lat)
- **SRE** - Udział energii odnawialnej w transporcie
- **SENT** - Udział podatków środowiskowych nakładanych na transport

## Metody klasyfikacji:

Analiza głównych składowych (PCA) oraz klasyfikacja metodą k-średnich

Wskazane cechy zostały ustalone w oparciu o badania Tsemekidi et. al. (2021), którzy dokonali analizy polityki klimatycznej w krajach Unii Europejskiej od 2000 do 2018 r., wskazując obszary zmian w związku z przechodzeniem do bardziej ekologicznego transportu drogowego.

# WYNIKI BADAŃ – KLASYFIKACJA KRAJÓW

Fig 2. Biplot klasyfikacji badanych krajów

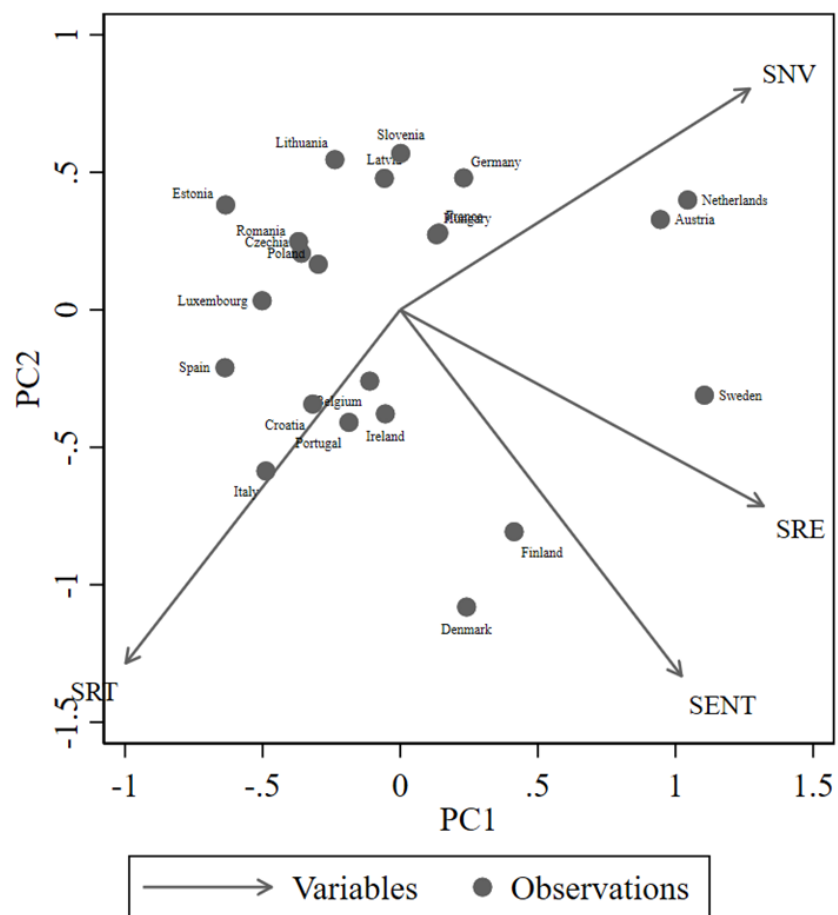


Tabela 2. Podział badanych krajów

GRUPA 1 (MNIJSZY NACISK NA EKOLOGIĘ W TRANSPORCIE)	GRUPA 2 (WIĘKSZY NACISK NA EKOLOGIĘ W TRANSPORCIE)
Czechy	<b>Austria</b>
Estonia	Belgia
Francja	Chorwacja
Niemcy	Dania
Węgry	Finlandia
Łotwa	Irlandia
Litwa	Włochy
Luksemburg	Holandia
Polska	Szwecja
Rumunia	Portugalia
Słowenia	
Hiszpania	

# WYNIKI BADAŃ – PANELOWE TESTY CSD

Zastosowano test CD test zależność przekroju poprzecznego (Pesaran 2004).

**H0:** Nie występuje zależność przekroju poprzecznego w resztach.

*Zależność między jednostkami narusza podstawowe założenie OLS o niezależnym i identycznie rozłożonym terminie błędu.*

**Tabela 3.** Wyniki testu zależność przekroju poprzecznego

Wyszczególniono	lnCO	lnGDP	lnEC	lnFRT
Wszystkie kraje	25.40***	70.53***	21.14***	40.81***
Grupa 1 (NO ECO)	13.19***	43.85***	10.37***	28.65***
Grupa 2 (ECO)	5.16***	13.74***	5.63***	1.79*

\*Istotny na poziomie 10%; \*\*istotne na poziomie 5%; \*\*\*istotne na poziomie 1%.

**Wniosek:** szeregi wykazują zależności przekrojowe



# WYNIKI BADAŃ – PANELOWE TESTY JEDNORODNOŚCI NACHYLENIA

Zastosowano test Blomquist i Westerlund (2013).

**H0:** współczynniki nachylenia są jednorodne.

*Standardowe modele regresji danych panelowych, takie jak FE (fixed-effect) i RE (random effects) zakładają, że parametr będący obiektem badania jest jednorodny. W przypadku występowania niejednorodności nachylenia konieczne jest zastosowanie właściwego estymatora Mean Group lub Common Correlated Effects (CCE).*

**Tabela 4.** Wyniki testu jednorodności nachylenia

Statystyka	Wszystkie kraje	
	Delta	robust p-value
Norm.	4.395	0.001
Adjust.	-8.708	0.003

Zastosowano szacowanie macierzy kowariancji w oparciu o metodę HAC

**Wniosek:** Występuje niejednorodność nachylenia

# WYNIKI BADAŃ – PANELOWE TESTY PRZERW STRUKTURALNYCH

Zastosowano test Ditzen, Karavias & Westerlund (2021).

Występowanie przerw strukturalnych prowadzi do błędnego oszacowania parametrów modelu oraz wartości p i błędów standardowych. Przerwy strukturalne powinny być uwzględnione w modelu jako zmienne fikcyjne (*dummy variables*).

**Tabela 5.** Wyniki testu przerw strukturalnych

Przerwy	Test statistic	Bai & Perron Critical Value		
		1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value
F(1 0)	6,46	6,09	4,66	4,03
F(2 1)	2,62	6,59	5,24	4,64
F(3 2)	0,83	6,92	5,61	4,99
F(4 3)	2,08	7,33	5,87	5,23
F(5 4)	0,28	7,49	6,05	5,45
Wykryta liczba przerw:		1	1	1

Zastosowano szacowanie macierzy kowariancji w oparciu o metodę HAC

**Wniosek:** W danych została wykryta istotna przerwa strukturalna w 2000 r.

# WYNIKI BADAŃ – PANELOWE TESTY PIERWIASTKA JEDNOSTKOWEGO

Zastosowano test CIPS (2007)

Modele regresji wymagają zmiennych stacjonarnych. Modele ARDL wykorzystują zmienne stacjonarne zarówno w wartościach bazowych  $I(0)$  oraz  $I(1)$ . W przypadku danych z zależnościami przekrojowymi konieczne jest zastosowanie testów uwzględniających zależności przekrój.

Tabela 6. Wyniki testu CIPS

Zmienna	Intercept		Intercept + Trend	
	$I(0)$	$I(1)$	$I(0)$	$I(1)$
lnCO2	-1.794	-4.548***	-2.878***	-4.674***
lnGDP	-1.773	-2.853***	-2.210	-3.081***
lnEC	-1.712	-4.693***	-3.035***	-4.902***
lnFRT	-2.497***	-4.746***	-3.018***	-4.912***

\*Istotny na poziomie 10%; \*\*istotne na poziomie 5%; \*\*\*istotne na poziomie 1%.

**Wniosek:** Dane są stacjonarne w sposób mieszany  $I(0)$  oraz  $I(1)$

# WYNIKI BADAŃ – PANELOWE TESTY KOINTEGRACJI

Zastosowano test Westerlund (2007) test kointegracji bazujący na korekcie błędem

Podstawową ideą testu jest sprawdzenie nieobecności kointegracji poprzez określenie, czy istnieje korekcja błędów poszczególnych jednostek panelu i dla panelu jako całości. Wykrycie kointegracji daje możliwość wnioskowania o efektach długookresowych na podstawie modelu ARDL.

**Tabela 6.** Wyniki testu kointegracji Westerlunda

Statystyka	Wszystkie kraje		Grupa 1 (NOECO)		Grupa 2 (ECO)	
	Value	robust p-value	Value	robust p-value	Value	robust p-value
<b>G<math>\tau</math></b>	-3,302	0,006	-3,535	0,005	-2,925	0,045
<b>G<math>\alpha</math></b>	-8,708	0,005	-9,499	0,019	-7,423	0,069
<b>P<math>\tau</math></b>	-12,057	0,051	-10,184	0,085	-6,814	0,095
<b>P<math>\alpha</math></b>	-7,845	0,030	-9,042	0,045	-5,827	0,030

Test szacowany metodą bootstrap (800 replikacji)

**Wniosek:** Występuje silna kointegracja w badanych szeregach.

# WYNIKI ESTYMACJA – ARDL CS

**Tabela 6.** Wyniki estymacji modeli ARDL CS

Zmienna	WSZYSTKIE KRAJE	Grupa 1 (NOECO)	Grupa 2 (ECO)
<b>LONG-RUN</b>			
lnEC	0,929*** [0,011]	0,957*** [0,013]	0,912*** [0,015]
lnFRT	0,280*** [0,006]	0,311*** [0,006]	0,196*** [0,009]
lnGDP	-0,095*** [0,029]	-0,104*** [0,030]	-0,213*** [0,057]
<b>SHORT-RUN</b>			
ECT <sub>t-1</sub>	-0,390*** [0,097]	-0,424*** [0,133]	-0,373* [0,219]
ΔlnCO <sub>t-1</sub>	0,143* [0,080]	0,136 [0,106]	0,130 [0,121]
ΔlnEC	0,547*** [0,099]	0,554*** [0,137]	0,515*** [0,213]
ΔlnEC <sub>t-1</sub>	-0,142 [0,077]	-0,149 [0,103]	-0,105 [0,127]
ΔlnFRT	0,127* [0,011]	0,191* [0,016]	0,050* [0,009]
ΔlnFRT <sub>t-1</sub>	0,052* [0,011]	0,082* [0,011]	0,041* [0,010]
ΔlnGDP	0,071* [0,020]	0,082** [0,025]	0,060* [0,027]
Const.	-1,157*** [0,296]	-1,349*** [0,432]	-0,640*** [0,373]
Trend	0,001*** [0,001]	0,001*** [0,001]	0,002*** [0,001]
Break <sub>2000</sub>	0,505*** [0,088]	2,144*** [0,431]	0,163*** [0,046]

\*Istotny na poziomie 10%; \*\*istotne na poziomie 5%; \*\*\*istotne na poziomie 1%; w nawiasach [] oznaczono błędy standardowe

Metoda estymacji ARDL CS, błędy standardowe i przedziały ufności szacowane metodą bootstrap (800 replikacji)

# WYNIKI BADAŃ – DŁUGI OKRES

---

## Wszystkie kraje

- Wzrost zużycia energii w transporcie drogowym o 1% prowadzi do wzrostu emisji CO<sub>2</sub> z transportu o 0,92%
- Wzrost realnego PKB o 1% prowadzi do spadku emisji CO<sub>2</sub> z transportu o 0,09%
- Wzrost pracy przewozowej w transporcie drogowym towarów o 1% prowadzi do wzrostu emisji CO<sub>2</sub> z transportu o 0,28%

## Grupa 1 (NO ECO)

- Wzrost zużycia energii w transporcie drogowym o 1% prowadzi do wzrostu emisji CO<sub>2</sub> z transportu o 0,96%
- Wzrost realnego PKB o 1% prowadzi do spadku emisji CO<sub>2</sub> z transportu o 0,10%
- Wzrost pracy przewozowej w transporcie drogowym towarów o 1% prowadzi do wzrostu emisji CO<sub>2</sub> z transportu o 0,31%

## Grupa 2 (ECO)

- Wzrost zużycia energii w transporcie drogowym o 1% prowadzi do wzrostu emisji CO<sub>2</sub> z transportu o 0,91%
- Wzrost realnego PKB o 1% prowadzi do spadku emisji CO<sub>2</sub> z transportu o 0,21%
- Wzrost pracy przewozowej w transporcie drogowym towarów o 1% prowadzi do wzrostu emisji CO<sub>2</sub> z transportu o 0,20%

# WYNIKI BADAŃ – KRÓTKI OKRES

---

## Wszystkie kraje

- Wzrost zużycia energii w transporcie drogowym o 1% prowadzi do wzrostu emisji CO<sub>2</sub> z transportu o 0,54%
- Wzrost realnego PKB o 1% prowadzi do wzrostu emisji CO<sub>2</sub> z transportu o 0,07%
- Wzrost pracy przewozowej w transporcie drogowym towarów o 1% prowadzi do wzrostu emisji CO<sub>2</sub> z transportu o 0,12%

## Grupa 1 (NO ECO)

- Wzrost zużycia energii w transporcie drogowym o 1% prowadzi do wzrostu emisji CO<sub>2</sub> z transportu o 0,55%
- Wzrost realnego PKB o 1% prowadzi do wzrostu emisji CO<sub>2</sub> z transportu o 0,08%
- Wzrost pracy przewozowej w transporcie drogowym towarów o 1% prowadzi do wzrostu emisji CO<sub>2</sub> z transportu o 0,19%

## Grupa 2 (ECO)

- Wzrost zużycia energii w transporcie drogowym o 1% prowadzi do wzrostu emisji CO<sub>2</sub> z transportu o 0,52%
- Wzrost realnego PKB o 1% prowadzi do wzrostu emisji CO<sub>2</sub> z transportu o 0,06%
- Wzrost pracy przewozowej w transporcie drogowym towarów o 1% prowadzi do wzrostu emisji CO<sub>2</sub> z transportu o 0,05%

# WYNIKI BADAŃ – SZYBKOŚĆ REGULACJI

---

## Wszystkie kraje

- ECTt-1 wynosi -0,390, co oznacza że w przypadku wystąpienia szoków, emisja CO<sub>2</sub> z sektora transportu wraca do normy **po 2 latach i 6 miesiącach**

## Grupa 1 (NO ECO)

- ECTt-1 wynosi -0,424, co oznacza że w przypadku wystąpienia szoków, emisja CO<sub>2</sub> z sektora transportu wraca do normy **po 2 latach i 4 miesiącach**

## Grupa 2 (ECO)

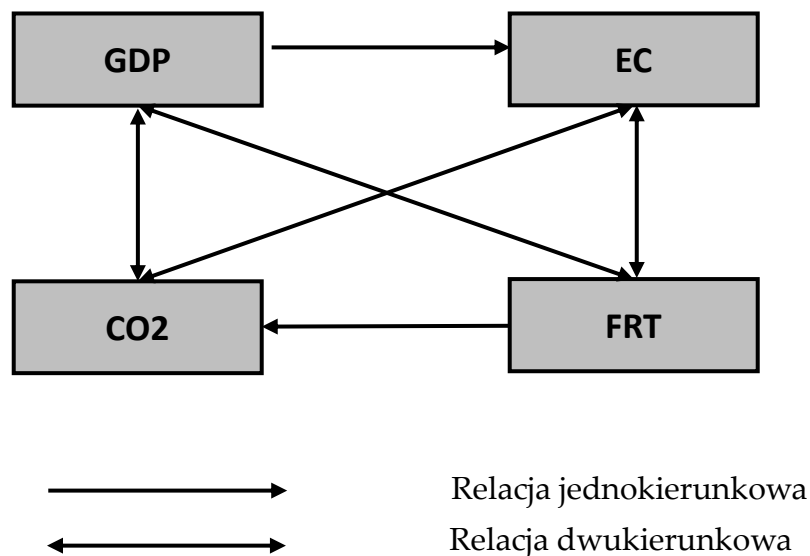
- ECTt-1 wynosi -0,373, co oznacza że w przypadku wystąpienia szoków, emisja CO<sub>2</sub> z sektora transportu wraca do normy **po 2 latach i 7 miesiącach**



# WYNIKI BADAŃ – PRZYCZYNOWOŚĆ

Zastosowano test Dumitrescu-Hurlin Panel Causality Tests

**Fig 3.** Graficzne przedstawienie przyczynowości dla badanych zmiennych



Przyczynowość	W-Stat.	Zbar-Stat.	Prob.
FRT → GDP	3,053	1,815	0,070
GDP → FRT	7,234	10,451	0,000
EC → GDP	2,866	1,430	0,153
GDP → EC	13,498	23,390	0,000
CO2 → GDP	3,155	2,026	0,043
GDP → CO2	6,139	8,189	0,000
EC → FRT	3,493	2,725	0,006
FRT → EC	6,433	8,796	0,000
CO → FRT	2,876	1,515	0,126
FRT → CO2	5,837	7,565	0,000
CO2 → EC	3,571	2,885	0,004
EC → CO2	3,764	3,284	0,001

**GDP** – realny PKB per capita; **EC** – zużycie energii przez transport drogowy; **CO2** – emisja dwutlenku węgla z sektora transportu; **FRT** – praca przewozowa w transporcie drogowym ładunków

# WNIOSKI

---

- Badanie wykazało, że istnieje związek pomiędzy zużyciem energii w transporcie drogowym, wzrostem gospodarczym w krajach, a emisją CO<sub>2</sub> z sektora transportu Unii Europejskiej (**Hipoteza H1**).
- Skutki oddziaływania badanych zmiennych w długiej perspektywie są większe niż w okresie krótkim.
- Wzrost gospodarczy w krótkim okresie indukuje pozytywny wpływ na emisję CO<sub>2</sub> z transportu, natomiast w okresie długim prowadzi do spadku emisji CO<sub>2</sub> z transportu.
- Wzrost pracy przewozowej w przewozie ładunków, w krótkim okresie generuje większy wpływ na emisję CO<sub>2</sub> z transportu niż w okresie długim.
- Rozwiązania w zakresie polityki klimatycznej, takie jak podatki środowiskowe oraz energia odnawialna mogą skutecznie ograniczać emisję CO<sub>2</sub> z transportu drogowego oraz zużycie energii (**Hipoteza H2**).
- Kraje, w których wykorzystuje się w transporcie nowsze pojazdy, charakteryzują się mniejszym zużyciem energii i emisją CO<sub>2</sub> w długim i krótkim okresie (**Hipoteza H3**).
- Polityka klimatyczna połączona ze wzrostem gospodarczym w długim okresie skutecznie prowadzi do ograniczenia emisji CO<sub>2</sub> z transportu.
- Emisja CO<sub>2</sub> z transportu wraca do normy po wstrząsach – szybciej jednak wraca równowaga w krajach o rozwiązaniach mniej ekologicznych.
- Istnieje dwukierunkowy związek pomiędzy zużyciem energii w transporcie drogowym ładunków, a wzrostem gospodarczym oraz emisją CO<sub>2</sub> (**Hipoteza H4**).

# PODSUMOWANIE I IMPLIKACJE

---

**Polityka klimatyczna:** Wyniki badania potwierdzają potrzebę podjęcia zdecydowanych środków polityki klimatycznej w celu ograniczenia emisji CO<sub>2</sub> transportu. Mogłoby to obejmować takie działania jak: zwiększanie podatków środowiskowych, opłaty za poruszanie się po drogach uzależnione od norm emisji spalin, podatek od emisji CO<sub>2</sub>.

**Wzrost gospodarczy:** Badanie sugeruje, że istnieje kompromis pomiędzy wzrostem gospodarczym, a emisjami CO<sub>2</sub> z drogowego transportu. Badanie wykazało, że polityka klimatyczna może pomóc w ograniczeniu emisji, jednocześnie umożliwiając wzrost gospodarczy. Wzrost gospodarczy wpływa jednocześnie na ograniczanie emisji CO<sub>2</sub> z transportu poprzez wzrost zamożności i świadomości obywateli oraz postęp technologiczny.

**Innowacje:** Badanie podkreśla potrzebę innowacji w sektorze transportu w celu zmniejszenia emisji CO<sub>2</sub>. Może to obejmować rozwój nowych technologii, takich jak pojazdy elektryczne i biopaliwa.

**Równość:** Badanie wykazało, że związek między zużyciem energii, emisją CO<sub>2</sub> i wzrostem gospodarczym jest silniejszy w krajach o niższym poziomie transportu przyjaznego dla środowiska. Sugeruje to, że politykę klimatyczną należy opracować w taki sposób, aby nie obciążała nieproporcjonalnie gospodarstw domowych i przedsiębiorstw o niskich dochodach.

# KONTAKT I WSPÓŁPRACA NAUKOWA

---

W przypadku pytań lub współpracy naukowej zapraszam do kontaktu

E-mail: [bsupron@zut.edu.pl](mailto:bsupron@zut.edu.pl)



# BIBLIOGRAFIA

---

1. Godil, D.I.; Yu, Z.; Sharif, A.; Usman, R.; Khan, S.A.R. Investigate the Role of Technology Innovation and Renewable Energy in Reducing Transport Sector CO2 Emission in China: A Path toward Sustainable Development. *Sustainable Development* 2021, 29, 694–707, doi:10.1002/SD.2167
2. Rasool, Y.; Zaidi, S.A.H.; Zafar, M.W. Determinants of Carbon Emissions in Pakistan's Transport Sector. *Environmental Science and Pollution Research* 2019, 26, 22907–22921, doi:10.1007/S11356-019-05504-4/TABLES/7.
3. Georgatzi, V. V.; Stamboulis, Y.; Vetsikas, A. Examining the Determinants of CO2 Emissions Caused by the Transport Sector: Empirical Evidence from 12 European Countries. *Econ Anal Policy* 2020, 65, 11–20, doi:10.1016/J.EAP.2019.11.003.
4. Umar, M.; Ji, X.; Kirikkaleli, D.; Alola, A.A. The Imperativeness of Environmental Quality in the United States Transportation Sector amidst Biomass-Fossil Energy Consumption and Growth. *J Clean Prod* 2021, 285, 124863, doi:10.1016/J.JCLEPRO.2020.124863.
5. Pesaran, M.H.; Shin, Y. An Autoregressive Distributed-Lag Modelling Approach to Cointegration Analysis. *Econometrics and Economic Theory in the 20th Century* 1999, 371–413, doi:10.1017/CCOL521633230.011.
6. Pesaran, M.H.; Shin, Y.; Smith, R.J. Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships. *Journal of Applied Econometrics* 2001, 16, 289–326, doi:10.1002/JAE.616.
7. Tsemekidi Tzeiranaki, S.; Economidou, M.; Bertoldi, P.; Thiel, C.; Fontaras, G.; Clementi, E.L.; Franco De Los Rios, C. "The Impact of Energy Efficiency and Decarbonisation Policies on the European Road Transport Sector." *Transp Res Part A Policy Pract* 2023, 170, 103623, doi:10.1016/J.TRA.2023.103623.
8. Chudik, A., Mohaddes, K., Pesaran, M.H. and Raissi, M. (2016), "Long-Run Effects in Large Heterogeneous Panel Data Models with Cross-Sectionally Correlated Errors", *Essays in Honor of man Ullah (Advances in Econometrics, Vol. 36)*, Emerald Group Publishing Limited, Leeds, pp. 85-135. <https://doi.org/10.1108/S0731-905320160000036013>.
9. Ditzen J., Karavias Y. and Westerlund J. (2021), "Testing and Estimating Structural Breaks in Time Series and Panel Data in Stata," Discussion Papers 21-14, Department of Economics, University of Birmingham.