



ENERGIA ODNAWIALNA I NIEODNAWIALNA, A EMISJA CO₂ W KRAJACH GRUPY WYSZEHRADZKIEJ DOWODY EMPIRYCZNE Z ZASTOSOWANIA MODELU NARDL-PMG

Dr Błażej Suproń

Katedra Ekonomii, Finansów i Rachunkowości

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

XII Ogólnopolska Konferencja Naukowa im. Profesora Zbigniewa Czerwińskiego
„Matematyka i informatyka na usługach ekonomii”



Wydział
Ekonomiczny

22 września 2023 r.



Zachodniopomorski
Uniwersytet
Technologiczny
w Szczecinie



Wprowadzenie do przedmiotu badania

- Globalne wyzwania energetyczne i środowiskowe
- Wpływ źródeł produkcji energii na środowisko
- Implikacje ekonomiczne i społeczne transformacji energetycznej
- Umowy i zobowiązania międzynarodowe związane z redukcją
- Korzyści gospodarcze i społeczne wynikające ze zrównoważonej energii
- Grupa Wyszehradzka w obliczu zmian polityki energetycznej



Dotychczasowe badania i metody

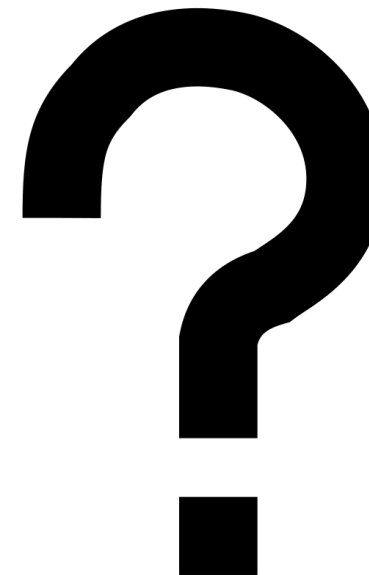
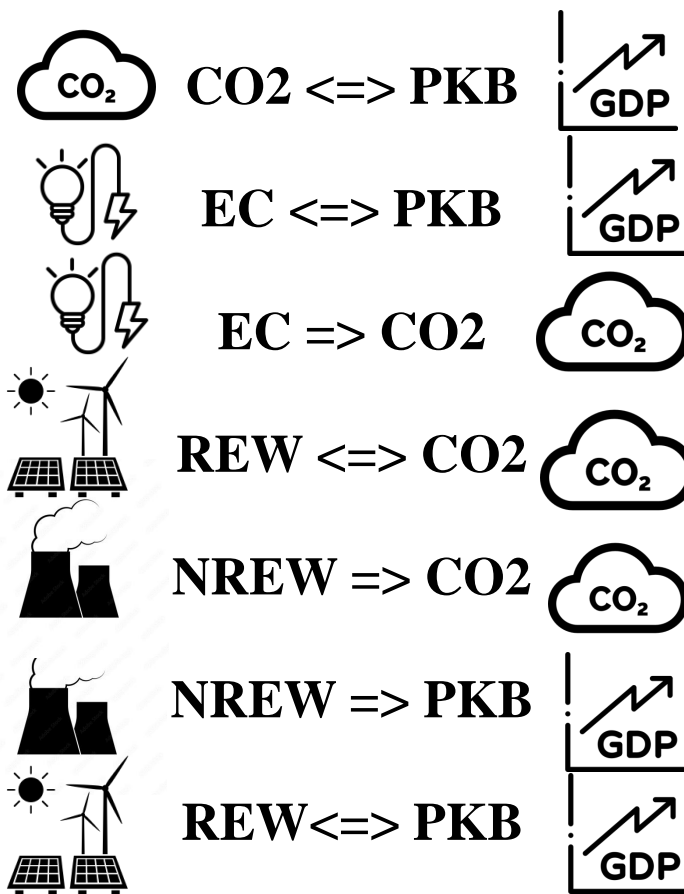
Badania pojedynczych krajów oraz badania panelowe m.in:

- BRICS
- Unia Europejska
- OECD
- Kraje afrykańskie
- Bliski wschód
- Pakistan, Arabia Saudyjska, Indie

Metody: ECM, OLS, VAR, VECM, ARDL, FMOLS, DOLS

Długość szeregów: zróżnicowana od 1970 r. - 2020 r.

Dotychczasowe wnioski



*REW – konsumpcja/produkcja energii z odnawialnych źródeł energii

**NREW – konsumpcja/produkcja energii z nieodnawialnych źródła energii

***EC – konsumpcja/produkcja energii

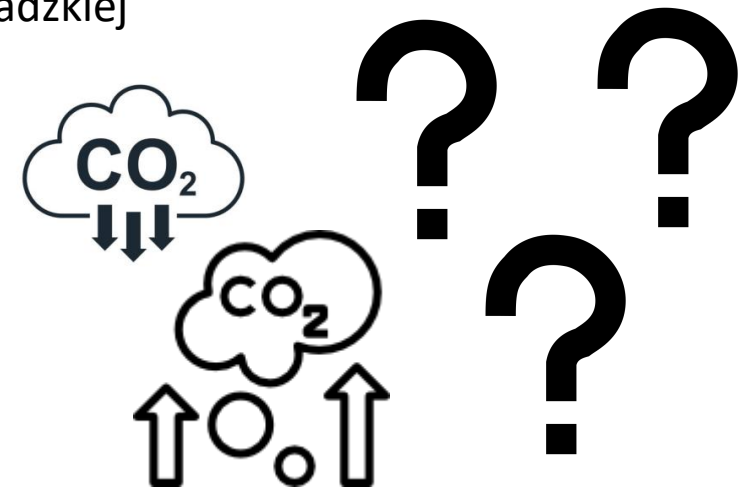
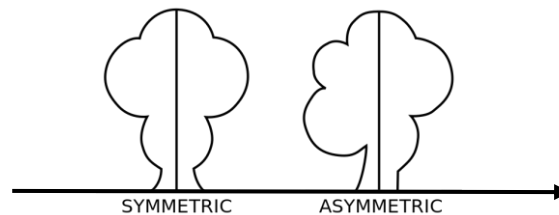
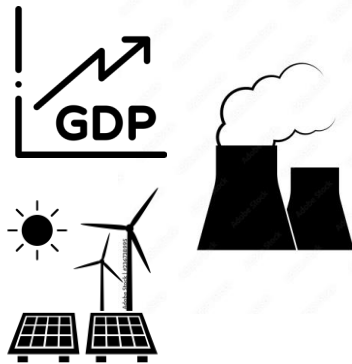
Wprowadzenie do przedmiotu badania

Cel badania:

Celem badania było ustalenie krótko- i długoterminowego oddziaływania produkcji energii z odnawialnych i nieodnawialnych źródeł oraz wzrostu gospodarczego na emisję CO₂ w krajach V4 z uwzględnieniem efektów nieliniowych

Hipoteza:

Istnieją istotne związki długookresowe między produkcją energii z odnawialnych i nieodnawialnych źródeł, wzrostem gospodarczym a emisją CO₂ w krajach Grupy Wyszehradzkiej



Dane

Zakres geograficzny: Kraje Grupy Wyszehradzkiej

Okres badawczy: od 1991 r. do 2021 r.

Tabela 1. Opis danych i zmiennych wykorzystanych w badaniu

Zmienna	Pełna nazwa	Jednostka	Źródło
CO2	Emisję dwutlenku węgla (CO2) per capita	tony metryczne na mieszkańca	WDI
GDP	PKB per capita	PKB na mieszkańca w stałych dolarach amerykańskich z 2015 roku	WDI
REW	Zużycie energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych	w tonach ekwiwalentu ropy naftowej (per capita)	EEA
NREW	Zużycie energii elektrycznej ze źródeł nieodnawialnych	w tonach ekwiwalentu ropy naftowej (per capita)	EEA

Etapy badania

Badanie stacjonarności szeregów w oparciu o testy pierwiastka jednostkowego (unit root test) za pomocą testu IPS, CIPS oraz Levin, Lin & Chut (Im i in., 2003)

Badanie kointegracji w oparciu o test kointegracji reszkowej Pedroniego (2004) oraz testy kointegracyjny Kao (1999).

Estymacja modeli przy wykorzystaniu metody ARDL-PMG

Analiza uzyskanych wyników, ocena efektów asymetrycznych oraz związków długo i krótkookresowych

Metodologia

Modele i metody

- Kointegracja została zbadana przy pomocy testów panelowych – Kao i Pedroniego
- W badaniu wykorzystano nieliniowy model autoregresyjny z rozproszonymi opóźnieniami (NARDL)
- Zastosowano estymator danych panelowych *Pooled Mean Group* (PMG)

$$\Delta CO2_t = f(GDP, REW, NREW)$$

$$\ln CO2_t = \beta_0 + \beta_{1t} \ln GDP_t + \beta_{2t} \ln REW_t + \beta_{3t} \ln NREW_t + \varepsilon_t$$

$$y_t = \sum_{i=1}^p \lambda_i y_{t-i} + \sum_{i=0}^q (\delta_j^{+'} x_{t-i}^+ + \delta_{t-i}^{-'} x_{t-i}^-) + \varepsilon_t$$

Gdzie:

β_0 są parametrami regresji do oszacowania ε_t jest terminem błędu.

Parametry relacji krótkoterminowej ze składnikami asymetrii: $\lambda_i, \delta^+, \delta^-$

Parametry relacji długoterminowej ze składnikami asymetrii: $\rho, \varphi^+, \varphi^-$

Metodologia

- Kointegracja została zbadana przy pomocy testów panelowych – Kao i Pedroniego
- W badaniu wykorzystano nieliniowy model autoregresyjny z rozproszonymi opóźnieniami (NARDL)
- Zastosowano estymator danych panelowych *Pooled Mean Group* (PMG)

$$\Delta CO2_t = f(GDP, REW, NREW)$$

$$\ln CO2_t = \beta_0 + \beta_{1t} \ln GDP_t + \beta_{2t} \ln REW_t + \beta_{3t} \ln NREW_t + \varepsilon_t$$

$$y_t = \sum_{i=1}^p \lambda_i y_{t-i} + \sum_{i=0}^q (\delta_j^{+'} x_{t-i}^+ + \delta_{t-i}^{-'} x_{t-i}^-) + \varepsilon_t$$

Gdzie:

β_0 są parametrami regresji do oszacowania ε_t jest terminem błędu.

Parametry relacji krótkoterminowej ze składnikami asymetrii: $\lambda_i, \delta^+, \delta^-$

Parametry relacji długoterminowej ze składnikami asymetrii: $\rho, \varphi^+, \varphi^-$

Testy pierwiastka jednostkowego

Tabela 2. Testy pierwiastka jednostkowego danych panelowych

Zmienna	Poziom [I 0]			Pierwsza różnica [I 1]		
	CIPS	Levin, Lin & Chu t	IPS	CIPS	Levin, Lin & Chu t	IPS
lnCO2	-2.16	-1.93**	-2.16	-5.63*	-4.97*	-4.48*
lnGDP	-1.55	-1.93**	0.97	-3.60*	-4.97*	-4.48*
lnNREW	-2.07	-1.58*	-0.78	-4.94*	-4.51*	-5.25*
lnREW	-1.24	0.27	0.67	-3.34*	-5.28*	-5.38*

CO2 – emisja CO2 per capita; GDP – PKB per capita; NREW – zużycie energii nieodnawialnej; REW – zużycie energii odnawialnej

Testy kointegracji

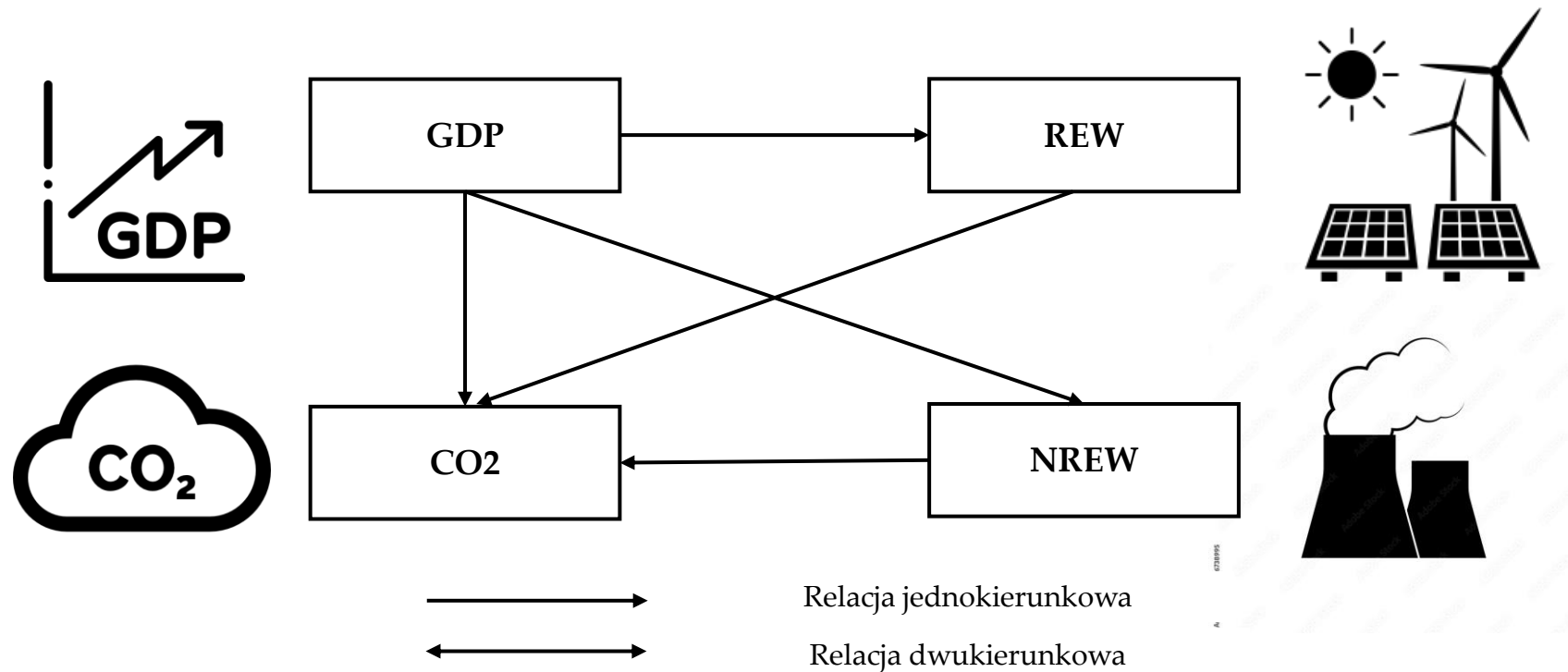
Tabela 2. Testy kointegracji Pedroni oraz Kao

Test	Statistic	Weighted Statistic
Within-Dimension		
v-Statistic panel	1.25***	1.34***
rho-Statistic panel	-0.67	-0.30
PP-Statistic panel	-1.84**	-1.46***
ADF-Statistic Panel	-2.22**	-2.47*
Between-Dimension		
Group rho-Statistic	0.62	
Group PP-Statistic	-2.20**	
Group ADF-Statistic	-2.99*	
Kao-cointegration test		
ADF	-2.37*	

Przyczynowość

Metoda: Panelowy test przyczynowości Dumitrescu-Hurlin

Hipoteza 0: X nie powoduje jednorodnie Y



CO₂ – emisja CO₂ per capita; GDP – PKB per capita; NREW – zużycie energii nieodnawialnej;
REW – zużycie energii odnawialnej

Testy asymetrii

Tabela 3. Wyniki testu asymetrii modelu NARDL (*Wald test*)

Zmienna	Statystyka	Wartość	Prawdopodobieństwo
lnGDP	F-statistic	4.594	0.034
	Chi-square	4.595	0.032
lnNREW	F-statistic	2.833	0.095
	Chi-square	2.834	0.092
lnREW	F-statistic	1.182	0.279
	Chi-square	1.183	0.276

CO2 – emisja CO2 per capita; GDP – PKB per capita; NREW – zużycie energii nieodnawialnej; REW – zużycie energii odnawialnej

Model długookresowy (long-run)


Tabela 4. Wyniki modelu długookresowego

Zmienna	Współczynnik	Błąd standardowy	Statystyka t	Prawdopodobieństwo
lnREW	-0.045	0.016	-2.831	0.005
φ^+ lnNREW	0.269	0.158	1.700	0.092
φ^- lnNREW	0.637	0.098	6.496	0.000
φ^+ lnGDP	0.208	0.062	3.340	0.001
φ^- lnGDP	1.022	0.339	3.014	0.003
Const.	1.442	0.098	14.588	0.000

φ^+ , φ^- - parametry relacji długoterminowej ze składnikami asymetrii

CO2 – emisja CO2 per capita; GDP – PKB per capita; NREW – zużycie energii nieodnawialnej; REW – zużycie energii odnawialnej

Interpretacja wyników (long-run)



Asymetria	<u>Wzrost zużycia</u> energii ze źródeł nieodnawialnych o 1% prowadzi do <u>wzrostu emisji CO2</u> o 0,26% $1\% \uparrow NREW \rightarrow 0,26\% \uparrow CO2$
	<u>Spadek zużycia</u> o 1% energii ze źródeł nieodnawialnych generuje <u>spadek emisji CO2</u> o 0,63% $1\% \downarrow NREW \rightarrow 0,63\% \downarrow CO2$
Asymetria	<u>Wzrost PKB</u> o 1% przekłada się natomiast na <u>zwiększenie emisji CO2</u> o 0,21% $1\% \uparrow PKB \rightarrow 0,21\% \uparrow CO2$
	<u>Spadek PKB</u> o 1% przekłada się natomiast na <u>zmniejszenie emisji CO2</u> o 1,02% $1\% \downarrow PKB \rightarrow 1,02\% \downarrow CO2$
	<u>Spadek zużycia</u> energii ze źródeł odnawialnych o 1% wiąże się ze <u>spadkiem emisji CO2</u> o 0,05% $1\% \downarrow REW \rightarrow 0,05\% \downarrow CO2$

Zmiany zużycia energii z odnawialnych źródeł i ich wpływ na emisję CO2 z w długim okresie nie wykazuje istotnej statystycznie asymetrii.

Model krótkookresowy (short-run)

Tabela 5. Wyniki modelu długookresowego

Zmienna	Współczynnik	Błąd standardowy	Statystyka t	Prawdopodobieństwo
ECT_{t-1}	-0,614	0,312	-1,970	0,032
$\Delta \ln CO2_{t-1}$	0,168	0,186	0,905	0,368
$\Delta \ln CO2_{t-2}$	-0,063	0,137	-0,459	0,647
$\Delta \ln CO2_{t-3}$	-0,118	0,226	-0,521	0,604
$\Delta \ln REW$	-0,029	0,041	-0,700	0,486
$\Delta \ln REW_{t-1}$	-0,038	0,026	-1,421	0,159
$\Delta \ln REW_{t-2}$	0,012	0,038	0,304	0,762
$\Delta \ln REW_{t-3}$	-0,003	0,036	-0,080	0,936
$\Delta \ln NREW$	0,355	0,190	1,868	0,065
$\Delta \ln GDP$	0,512	0,258	1,985	0,050
$\Delta \ln GDP_{t-1}$	0,083	0,195	0,428	0,670
$\Delta \ln GDP_{t-2}$	0,205	0,049	4,138	0,000
$\Delta \ln GDP_{t-3}$	0,236	0,342	0,691	0,491

CO2 – emisja CO2 per capita; GDP – PKB per capita; NREW – zużycie energii nieodnawialnej; REW – zużycie energii odnawialnej

Interpretacja wyników (short-run)

W okresie krótkim wzrost PKB o 1% prowadzi do wzrostu emisji CO₂ o 0,51%

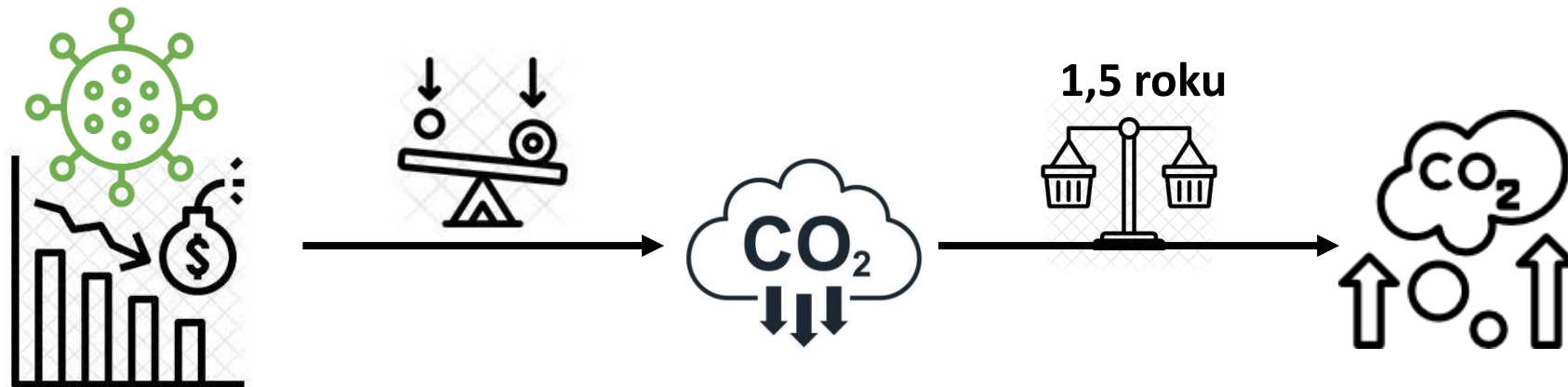
$$1\% \uparrow PKB \rightarrow 0,51\% \uparrow CO_2$$

W okresie krótkim wzrost zużycia energii ze źródeł nieodnawialnych prowadzi do wzrostu emisji CO₂ o 0,35%

$$1\% \uparrow NREW \rightarrow 0,35\% \uparrow CO_2$$

W badanym modelu **współczynnik korekcji błędem** (ECT_{t-1}) **wyniósł -0,61**,

W krajach grupy V4 emisja CO₂ stosunkowo szybko dostosowuje się, do równowagi długookresowej w obliczu szoków (około 1,5 roku).



Wnioski

1. Wpływ energii nieodnawialnej na emisję CO2

Spadek zużycia energii z nieodnawialnych źródeł ma większy wpływ na redukcję emisji CO2, niż wzrost na jej zwiększenie

To sugeruje, że inwestycje w odnawialne źródła energii i redukcja wykorzystania źródeł nieodnawialnych mogą przyczynić się do obniżenia emisji CO2 w badanych krajach.

2. Wpływ PKB na emisję CO2

Spadek PKB ma znacznie większy wpływ na redukcję emisji CO2, niż wzrost na jej zwiększenie

To sugeruje, że w przypadku spadku aktywności gospodarczej (produkcji), emisja CO2 może znacząco maleć. Jednocześnie nieodpowiednio prowadzona transformacja energetyczna może doprowadzić do spadku produkcji kosztem redukcji CO2.

3. Energia odnawialna i jej wpływ na emisję CO2

Wzrost, jak i spadek zużycia energii z odnawialnych źródeł mają przewidywalny, symetryczny wpływ na emisję CO2

Wzrost zużycia energii odnawialnej nie przekłada się w znaczący sposób na redukcję emisji CO2 w porównaniu do redukcji zużycia energii ze źródeł nieodnawialnych.

Wnioski

- 4. Krótkoterminowe efekty wzrostu PKB i zużycia energii nieodnawialnej:** W okresie krótkim wzrost PKB i wzrost zużycia energii z nieodnawialnych źródeł prowadzą do wzrostu emisji CO₂.

W krótkim okresie wzrost gospodarczy i zwiększone zużycie źródeł nieodnawialnych mogą skutkować większą emisją CO₂.

- 4. Współczynnik korekcji błędem:** Wartość współczynnika korekcji błędem (ECTt-1) wynosząca -0,61 wskazuje na stosunkowo szybkie dostosowywanie się emisji CO₂ do równowagi długookresowej po wystąpieniu szoków.

Emisja CO₂ ma tendencję do powrotu do stanu równowagi w długim okresie

Implikacje polityczne

1. Dywersyfikacja źródeł energii
2. Zrównowazona transformacja energetyczna
3. Monitorowanie i reakcja na zmiany krótkookresowe
4. Kształtowanie polityk skoncentrowanych na długookresowym zrównowazonym rozwoju
5. Utrzymywanie wzrostu gospodarczego vs transformacja energetyczna
6. Bezpieczeństwo energetyczne, a wzrost gospodarczy



Podsumowanie

- 1. Energia nieodnawialna:** Zwiększenie zużycia energii z nieodnawialnych źródeł przyczynia się do wzrostu emisji CO₂, a spadek ma silniejszy efekt na redukcję emisji. Inwestycje w źródła odnawialne mogą skutkować zmniejszeniem emisji CO₂.
- 2. Wzrost gospodarczy:** Wzrost PKB zazwyczaj prowadzi do wzrostu emisji CO₂, ale spadek gospodarczy może przyczynić się do jej zmniejszenia. Efekt ten jest istotny w kontekście walki ze zmianami klimatycznymi.
- 3. Energia odnawialna:** Zużycie energii z odnawialnych źródeł wykazuje liniowy wpływ na emisję CO₂ w długim okresie, co jest korzystne dla planowania działań związanych z odnawialnymi źródłami energii.



Kontakt i współpraca naukowa

W przypadku pytań lub współpracy naukowej zapraszam do kontaktu

E-mail: bsupron@zut.edu.pl

