

# **Wykorzystanie metody obwiedni danych (DEA) w analizie równoważenia rozwoju społeczno-gospodarczego krajów UE**

**dr Janusz Rosiek**

**Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie**

**Ośrodek Badań Europejskich im. J. Retingera**

# Plan wystąpienia

1. Wprowadzenie. Zrównoważony rozwój społeczno-gospodarczy – wybrane aspekty teoretyczne.
2. Kluczowe wyzwania równoważenia rozwoju krajów UE.
3. Istota metody DEA.
4. Wyniki analiz empirycznych.
5. Wnioski końcowe.

# Wprowadzenie

W ujęciu współczesnym, zrównoważony rozwój obejmuje trzy ściśle ze sobą powiązane aspekty: ekonomiczny, społeczny oraz ekologiczny. Ogólne, a także szczegółowe cele zrównoważonego rozwoju oraz sposoby ich realizacji zostały określone w dokumentach strategicznych UE, w szczególności w strategii Europa 2020. Dla określania i monitorowania postępów w zakresie implementacji tych celów konieczna jest jednak nie tylko analiza publikowanych obecnie wskaźników, ale także przeprowadzanie pogłębionych badań w zakresie efektywności ich realizacji.

# Wprowadzenie. Trzy podstawowe filary rozwoju społeczno-gospodarczego oraz powiązania pomiędzy nimi

## Filary gospodarcze (ekonomiczne):

- wzrost gospodarczy
- efektywność ekonomiczna
- stabilność ekonomiczna

*równość międzypokoleniowa  
podstawowe potrzeby/środki  
utrzymania*

*waluacja/internalizacja  
zakres oddziaływania*

ubóstwo  
równość  
równoważenie  
ko-ewolucja

**równość międzypokoleniowa  
wartości/kultura**

## Filary społeczne:

- wzrost zaangażowania społecznego
- włączenie/konsultacje społeczne
- rządzenie

## Filary środowiskowe:

- odporność/bioróżnorodność
- zasoby naturalne
- zanieczyszczenie

# Kluczowe wyzwania równoważenia rozwoju krajów UE

Kwestie równoważenia rozwoju społeczno-gospodarczego stanowią obecnie jedno z kluczowych wyzwań dla gospodarki światowej. Również Unia Europejska, doświadczająca poważnych problemów rozwojowych i instytucjonalnych, uznaje te problemy za priorytetowe, twierdząc, że ich rozwiązanie przyczyni się do złagodzenia narastających napięć pomiędzy krajami członkowskimi.

# Kluczowe wyzwania równoważenia rozwoju krajów UE

Z tego powodu, w opracowaniu podjęto, przy pomocy metody DEA (należącej do grupy metod nieparametrycznych), próbę analizy efektywności nakładów, ponoszonych przez kraje UE na zrównoważony rozwój, z ich efektami. Na tej podstawie sformułowano wnioski oraz rekomendacje dla prowadzonych przez nie polityk wspierania zrównoważonego rozwoju.

# Istota podejścia DEA

Każdy obiekt decyzyjny (DMU) zużywa określone ilości  $m$  różnych nakładów, w celu wytworzenia  $s$  różnych efektów (rezultatów). W szczególności obiekt  $DMU_j$  zużywa ilość  $x_{ij}$  określonego nakładu  $i$  wytwarzając przy ich pomocy wielkość  $y_{rj}$  efektu (rezultatu)  $r$ .

# Istota podejścia DEA

Powiedzmy, że obiekty gospodarcze przekształcają nakłady  $X_1, X_2, \dots, X_N$  w rezultaty  $Y_1, Y_2, \dots, Y_R$ . Zadanie polega na określeniu tzw. **technologicznej efektywności poszczególnych obiektów**, czyli ich **sprawności w przekształcaniu wiązki nakładów w wiązkę rezultatów**. Podejmując się określenia efektywności, należy ustalić:

- zbiór ocenianych obiektów  $O_1, \dots, O_J$ ,
- zestaw  $N$  nakładów, a także zestaw  $R$  rezultatów działalności, w sensie których oceniana będzie efektywność obiektów,
- wielkości poszczególnych rezultatów oraz poszczególnych nakładów w poszczególnych obiektach:

$y_{rj}$  – wielkość rezultatu  $r$ -tego rodzaju ( $r = 1, \dots, R$ ) w obiekcie  $j$ -tym ( $j = 1, \dots, J$ ),

$x_{nj}$  – wielkość nakładu  $n$ -tego rodzaju ( $n = 1, \dots, N$ ) w obiekcie  $j$ -tym.

O zbiorze obiektów zakłada się zazwyczaj, że jest on (prawie) jednorodny.



# Istota podejścia DEA

Rozwiązanie modelu DEA (w ujęciu CCR – czyli przy założeniu stałych korzyści skali) pozwala ustalić:

- obiekty efektywne oraz obiekty nieefektywne (w sensie efektywności Farrella),
- ranking obiektów nieefektywnych,
- technologie optymalne i formuły benchmarkingowe dla obiektów nieefektywnych,
- nadwyżki nakładów oraz deficyty rezultatów w obiektach nieefektywnych,
- typ korzyści skali,
- technologie „docelowe” (optymalne) dla obiektów nieefektywnych,
- strukturę technologii optymalnych.

# Podstawowe rodzaje modeli w podejściu DEA

- ▶ **CCR** - stałe korzyści skali, zorientowany na nakłady,
- ▶ **CCR** - stałe korzyści skali, zorientowany na efekty,
- ▶ **BCC** - zmienne korzyści skali, zorientowany na nakłady,
- ▶ **BCC** - zmienne korzyści skali, zorientowany na efekty.

# Istota podejścia DEA

Model obwiedni danych typu BCC (zorientowany na efekty (rezultaty)) jest określony w oparciu o następujące zależności (Thanassoulis, 2001):

$$\text{Max } z + \varepsilon \left[ \sum_{i=1}^{m=1} I_i + \sum_{r=1}^s O_r \right], \quad (1)$$

z zastrzeżeniem:

$$\sum_{j=1}^N \alpha_j x_{ij} = x_{ij_0} - I_i \quad i = 1 \dots m, \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^N \alpha_j y_{rj} = O_r - zy_{rj_0} \quad r = 1 \dots s, \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^N \alpha_j = 1, \quad (4)$$

gdzie:

$\varepsilon$  – nie-Archimedesowa stała (nieskończenie mała),

$I_i$ ,  $O_r$  – tzw. luzy (ang. *slacks*) oznaczające dodatkowe zmniejszenie nakładów bądź też zwiększenie efektów (rezultatów).

# Całkowita efektywność techniczna (ang. Overall Technical Efficiency (OTE)), Czysta efektywność techniczna (ang. Pure Technical Efficiency (PTE)), Efektywność skali (ang. Scale Efficiency (SE))

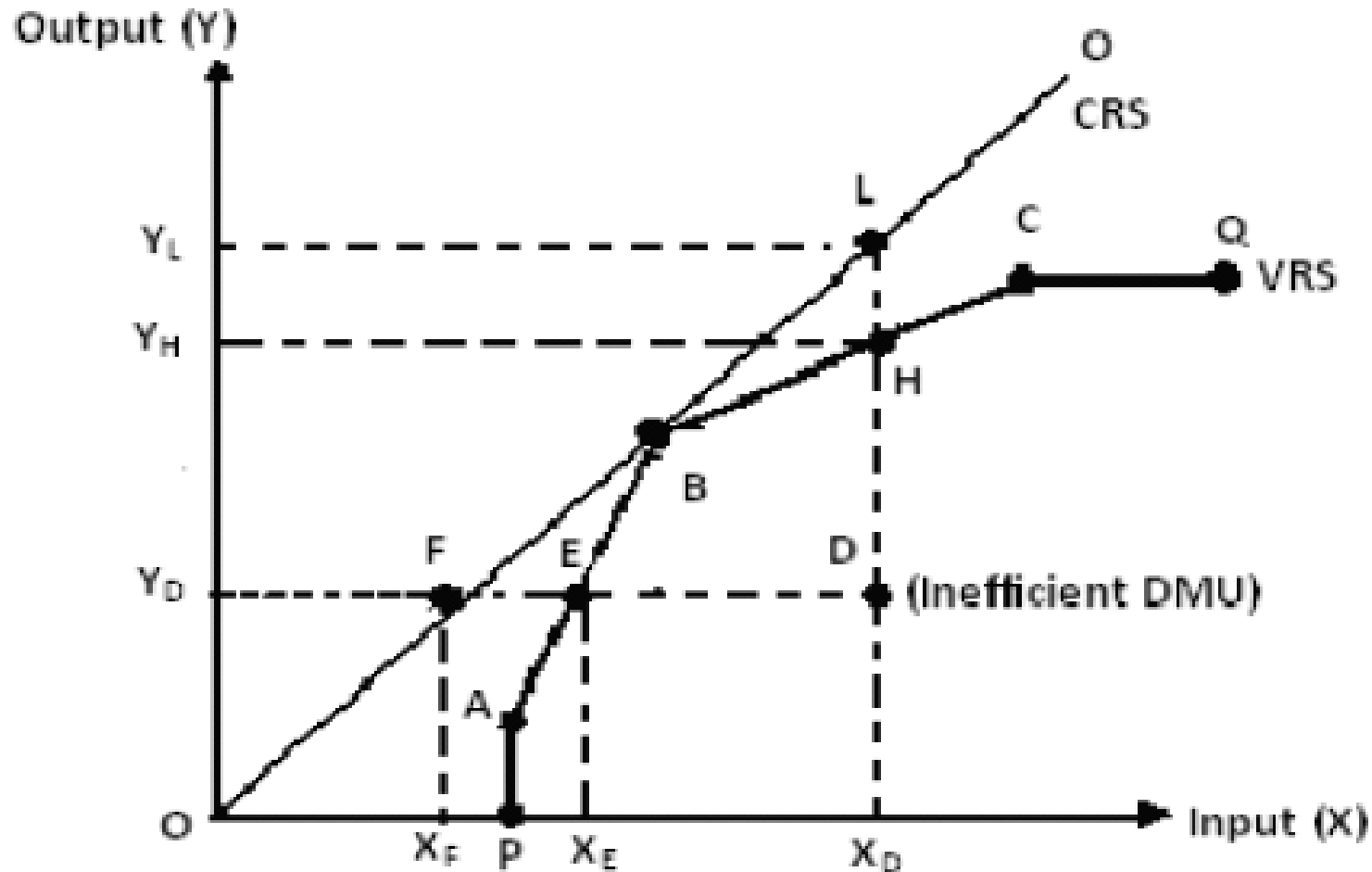
▶ (Całkowita) efektywność techniczna (ang. Overall Technical Efficiency (OTE)) - odnosi się do produktywności nakładów (Sathye, 2001). Stanowi porównawczą miarę tego, jak efektywnie jednostka decyzyjna (DMU) przekształca nakłady (ang. inputs) w efekty/rezultaty (ang. outputs), w odniesieniu do jej maksymalnego potencjału ilustrowanego przez granicę możliwości produkcyjnych (ang. Production Possibility Frontier - PPF) (Barros and Mascarenhas, 2005). Miarą tego rodzaju efektywności jest OTE, obliczana przy założeniu stałych korzyści skali. Miara ta pozwala na identyfikację nieefektywności, która wynika z niewłaściwej struktury nakładów i efektów bądź też z nieodpowiedniej skali operacji. OTE może być rozłożona na dwa nieaddytywne elementy: PTE i SE, dzięki czemu możliwe staje się określenie źródeł nieefektywności.

▶ Czysta efektywność techniczna (ang. Pure Technical Efficiency (PTE)) - uzyskiwana jest poprzez określenie granicy możliwości produkcyjnych, przy założeniu zmiennych korzyści skali (ang. Variable Returns to Scale - VRS). Jest to miara efektywności technicznej pomijająca efektywność skali (SE) i odzwierciedlająca wydajność zarządzania nakładami w procesie produkcyjnym/przy prowadzeniu polityki wspierania zrównoważonego rozwoju społeczno-gospodarczego (Kumar, Gulati, 2008)

▶ Efektywność skali (ang. Scale Efficiency (SE)) - stanowi relację  $OTE/PTE$  i pokazuje zdolność kadry zarządzającej/rządu do wybierania optymalnych rozmiarów nakładów.

Całkowita efektywność techniczna (ang. Overall Technical Efficiency (OTE)), Czysta efektywność techniczna (ang. Pure Technical Efficiency (PTE)), Efektywność skali (ang. Scale Efficiency (SE))

Figure 2: OTE, PTE, and SE measures



# Zalety metody DEA

- ▶ Możliwość badania obiektów opisanych wieloma nakładami i wieloma rezultatami.
- ▶ Brak konieczności dysponowania informacjami o tak wysokim stopniu szczegółowości, jakimi muszą dysponować inne metody wskaźnikowe, czy też modele ekonometryczne.
- ▶ Stworzenie możliwości ustalenia, z jaką efektywnością wielowymiarowy układ nakładów przekształcany jest w wielowymiarowy układ rezultatów.
- ▶ Nakłady i rezultaty mogą być wyrażane w swoich jednostkach naturalnych, a nie tylko w jednostkach pieniężnych.

# Wady metody DEA

- ▶ Wysoka wrażliwość wyników na nietypowe dane w obiektach wzorcowych
- ▶ Zaskakujące i niestabilne wyniki uzyskiwane w sytuacji znaczącego skorelowania oraz występowania zależności liniowych w obrębie rezultatów lub w obrębie rezultatów, bądź też pomiędzy nakładami a rezultatami.
- ▶ Nadmierność (redundancja) obiektów efektywnych, przede wszystkim na tradycyjnych modelach DEA opartych na metodzie CCR.
- ▶ Słabo rozwinięta teoria nieliniowych zależności pomiędzy nakładami a rezultatami.
- ▶ Względny charakter efektywności obiektu, związany na tym, że jest ona określana w odniesieniu do pozostałych obiektów. W niektórych przypadkach może to prowadzić do pojawiania się sytuacji, w której jednostka o niezbyt dużej sprawności funkcjonowania może okazać się w pełni efektywna, ponieważ inne są jeszcze gorsze; bądź też do sytuacji, w której obiekt o bardzo wysokiej sprawności zostanie uznany za nieefektywny, bo inne są tylko nieco lepsze. Ponadto efektywność obiektu ustalana jest dla ściśle określonego zestawu nakładów i rezultatów, którego zmiana może powodować zmianę otrzymywanych wyników.

The background features abstract, overlapping geometric shapes in various shades of green, ranging from light lime to dark forest green. These shapes are primarily located on the right side of the page, creating a modern, dynamic feel. The text is centered on a white background.

# **WYNIKI PRZEPROWADZONYCH ANALIZ EMPIRYCZNYCH**



# Dane wykorzystane w analizie

W analizie wykorzystano dwa rodzaje danych pochodzących przede wszystkim z bazy Eurostatu:

Lata analizy: 2014, 2015 lub 2016 (w zależności od dostępności danych).

## I. Wskaźniki nakładów:

1. Całkowite wydatki na ochronę socjalną (per capita).
2. Całkowite wydatki na B+R.
3. Wpływy z podatków ekologicznych.
4. Wydatki publiczne na finansowanie polityk rynku pracy.
5. Inwestycje sektorów instytucjonalnych.
6. Indeks nakładów na ekoinnowacje składający się z trzech subindeksów:
  - 6.1. Wydatki rządowe na ochronę środowiska i energetykę (w % PKB)
  - 6.2. Całkowity personel (wraz z badaczami) zatrudniony w sektorze B+R
  - 6.3. Całkowita wartość zielonych inwestycji znajdujących się w początkowej fazie (USD per capita)
7. Organizacje zarejestrowane w EMAS (Eco-Management and Audit Schemes)
8. Licencje ekologiczne.

# Dane wykorzystane w analizie

## II. Wskaźniki efektów:

1. Produktywność w pracy w przeliczeniu na przepracowaną godzinę (indeks, 2010 = 100).
2. Wielkość emisji gazów cieplarnianych per capita (tony ekwiwalentu CO<sub>2</sub> per capita).
3. Produktywność zasobów (w przeliczeniu na kilogram, obliczona wg parytetu siły nabywczej (PSN)).
4. Indeks efektów ekoinnowacji składający się z trzech subindeksów:
  - 4.1. Ilość patentów związanych z ekoinnowacjami (w przeliczeniu na milion mieszkańców).
  - 4.2. Publikacje naukowe związane z działalnością w zakresie ekoinnowacji (w przeliczeniu na milion mieszkańców).
  - 4.3. Ilość mediów związanych z działalnością ekoinnowacyjną (w przeliczeniu na ilość mediów elektronicznych)
5. Ilość ludzi narażonych na ryzyko ubóstwa/wykluczenia społecznego (procent całkowitej populacji).
6. Wskaźnik deprivacji (procent całkowitej populacji).
7. Wielkość zatrudnienia (mierzona przy pomocy stopy zatrudnienia).
8. PKB per capita (wg parytetu siły nabywczej (PSN)).

## Procedura badawcza (etapy):

- ▶ Zebranie, przygotowanie i pogrupowanie danych statystycznych (inputs, outputs)
- ▶ Standaryzacja danych.
- ▶ Agregacja danych.
- ▶ Wykonanie różnych wariantów obliczeń w programie MaxDEA.

# Całkowita efektywność techniczna (ang. Overall Technical Efficiency - OTE; input oriented)

Wyniki osiągnięte przez badane kraje w oparciu o kształtowanie się współczynnika czystej efektywności technicznej (ang. *Pure Technical Efficiency - PTE*) zostały przedstawione w tabeli 1. Jak się spodziewano, duża liczba ilość krajów UE jest efektywna. Są to:

- ▶ Rumunia
- ▶ Cypr
- ▶ Czechy
- ▶ Irlandia
- ▶ Litwa
- ▶ Luksemburg
- ▶ Słowacja
- ▶ Szwecja

Pozycje	Kraje	Całkowita efektywność techniczna		Benchmark
			OPE	
1	Cypr		1,00	18
2	Czechy		1,00	15
3	Irlandia		1,00	6
4	Litwa		1,00	0
5	Luksemburg		1,00	5
6	Rumunia		1,00	19
7	Słowacja		1,00	1
8	Szwecja		1,00	3
9	Bułgaria		0,73	
10	W.Brytania		0,72	
11	Łotwa		0,70	
12	Malta		0,67	
13	Polska		0,66	
14	Chorwacja		0,66	
15	Grecja		0,56	
16	Holandia		0,51	
17	Portugalia		0,42	
18	Estonia		0,41	
19	Niemcy		0,38	
20	Dania		0,38	
21	Węgry		0,37	
22	Hiszpania		0,37	
23	Włochy		0,36	
24	Austria		0,36	
25	Finlandia		0,36	
26	Słowenia		0,36	
27	Belgia		0,35	
28	Francja		0,34	

# Całkowita efektywność techniczna (ang. Overall Technical Efficiency - OTE, input oriented)

Można przypuszczać, że z powodu ujednoczenia polityki ekologicznej i społecznej, mającej na celu wspieranie zrównoważonego rozwoju społeczno-gospodarczego, na skutek implementacji przez kraje członkowskie ustawodawstwa UE w tym zakresie, relatywnie duża ilość krajów osiągnęła pełną efektywność w tym zakresie. Za najbardziej efektywne kraje można uznać Rumunię, który była benchmarkiem dla 19 innych krajów, Cypr (18) i Czechy (15). Kraje te najprawdopodobniej będą stanowiły najlepszy wzorzec do naśladowania dla mniej krajów efektywnych, ponieważ stosowane przez nie praktyki operacyjne i środowisko są ściśle powiązane z większością DMU, niż w przypadku innych efektywnych w sensie Pareto krajów, które są rzadko dobrymi wzorcami.

# Czysta efektywność techniczna (ang. *Pure Technical Efficiency - PTE*, input oriented)

Współczynnik ten pokazuje skalę (nie)efektywności zarządzania (ang. *managerial underperformance*) narzędziami wykorzystywanymi w ramach polityki równoważenia rozwoju społeczno- *wspierania*

Wyniki osiągnięte przez badane kraje w oparciu o kształtowanie się współczynnika czystej efektywności technicznej (ang. *Pure Technical Efficiency - PTE*) zostały przedstawione w tabeli 2. Jak się spodziewano, duża liczba ilość krajów UE jest efektywna. Są to:

- ▶ Cypr
- ▶ Czechy
- ▶ Grecja
- ▶ Irlandia
- ▶ Litwa
- ▶ Luksemburg
- ▶ Rumunia
- ▶ Słowacja
- ▶ Szwecja

Pozycje	Kraje	Czysta efektywność techniczna	Benchmark
		PTE	
1	Cypr	1,00	13
2	Czechy	1,00	17
3	Grecja	1,00	8
4	Irlandia	1,00	4
5	Litwa	1,00	9
6	Luksemburg	1,00	7
7	Rumunia	1,00	15
8	Słowacja	1,00	4
9	Szwecja	1,00	1
10	W.Brytania	0,95	
11	Bułgaria	0,89	
12	Chorwacja	0,88	
13	Łotwa	0,83	
14	Polska	0,80	
15	Malta	0,71	
16	Estonia	0,65	
17	Węgry	0,63	
18	Portugalia	0,57	
19	Holandia	0,52	
20	Słowenia	0,49	
21	Belgia	0,45	
22	Włochy	0,41	
23	Dania	0,39	
24	Austria	0,39	
25	Niemcy	0,39	
26	Hiszpania	0,37	
27	Finlandia	0,37	
28	Francja	0,34	



## Efektywność skali i korzyści skali (ang. *Scale Efficiency - SE, input oriented*)

W tabeli 3 przedstawiono współczynniki efektywności skali, korzyści skali (ang. *Returns to Scale - RTS*) oraz intensywność nieefektywności skali. Efektywność skali odzwierciedla wpływ skali prowadzonej polityki wspierania równoważenia rozwoju społeczno-gospodarczego na jej efektywność danym kraju (DMU). Im większa rozbieżność ocen efektywności skali, tym niższa jest efektywność skali i bardziej niekorzystny wpływ skali na efektywność (Thanassoulis, 2001).

Informacje o korzyściach skali są bardzo ważne dla podejmowania decyzji w zakresie pożądanych rozmiarów tej polityki. Jeśli dany kraj znajduje się w punkcie, w którym mamy do czynienia z rosnącymi korzyściami skali, to w celu uzyskania większych korzyści, warto zwiększyć skalę prowadzonej polityki, ponieważ wzrost nakładów związanych z jej prowadzeniem będzie z nawiązką zrekompensowany wzrostem wielkości uzyskiwanych efektów/rezultatów.

Pozycje	Kraje	Efektywność skali	Rodzaj korzyści skali
		SE	RTS
1	Cypr	1,00	stałe
2	Czechy	1,00	stałe
3	Irlandia	1,00	stałe
4	Litwa	1,00	stałe
5	Luksemburg	1,00	stałe
6	Rumunia	1,00	stałe
7	Słowacja	1,00	stałe
8	Szwecja	1,00	stałe
9	Francja	1,00	stałe
10	Hiszpania	1,00	stałe
11	Niemcy	0,99	rosnące
12	Holandia	0,99	rosnące
13	Finlandia	0,98	rosnące
14	Dania	0,96	rosnące
15	Malta	0,94	rosnące
16	Austria	0,93	rosnące
17	Włochy	0,88	rosnące
18	Łotwa	0,85	rosnące
19	Polska	0,82	rosnące
20	Bułgaria	0,82	rosnące
21	Belgia	0,77	rosnące
22	W. Brytania	0,76	rosnące
23	Chorwacja	0,75	rosnące
24	Portugalia	0,74	rosnące
25	Słowenia	0,73	rosnące
26	Estonia	0,63	rosnące
27	Węgry	0,59	rosnące
28	Grecja	0,56	rosnące

# Efektywność skali i korzyści skali (ang. *Scale Efficiency - SE, input oriented*)

Dziesięć rozpatrywanych krajów ujawnia rosnące korzyści skali, co sugeruje konieczność rozszerzania dotychczasowych rozmiarów ich działalności w zakresie prowadzonej polityki wspierania równoważenia rozwoju społeczno-gospodarczego. Są to:

- ▶ Cypr
- ▶ Czechy
- ▶ Irlandia
- ▶ Litwa
- ▶ Luksemburg
- ▶ Rumunia
- ▶ Słowacja
- ▶ Szwecja
- ▶ Francja
- ▶ Hiszpania

# Wnioski (1)

Przeprowadzone w niniejszym opracowaniu analizy pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

- ▶ Relatywnie duża ilość krajów UE charakteryzuje się wysokimi wskaźnikami efektywności,
- ▶ Irlandia, Rumunia, Słowacja, Czechy, Litwa, Luksemburg, Szwecja, Cypr są liderami w rankingu opracowanym na podstawie badań, ponieważ posiadają gospodarki o wysokim poziomie rozwoju ekologicznego i społecznego. Ponadto kraje te rozwinęły systemy instytucjonalne sprzyjające rozwojowi ekoinnowacji oraz rozwojowi społecznemu,
- ▶ Dominujące pozycje w rankingu zajmują trzy kraje EŚW (Rumunia, Litwa, Czechy, Słowacja); przyczyną może być relatywnie szybkie tempo implementacji polityki ekologicznej i społecznej UE przez ww. kraje,
- ▶ Szwecja jest jedynym w pełni efektywnym krajem skandynawskim, ale Finlandia i Dania osiągają wskaźniki niewiele odbiegające od poziomu optymalnego,
- ▶ Generalnie wszystkie analizowane kraje charakteryzują się wysokimi wskaźnikami efektywności, co świadczy o wysokiej skuteczności implementacji polityki równoważenia rozwoju prowadzonej przez UE,
- ▶ Zwraca uwagę niewielka wrażliwość uzyskanych wyników na dobór konkretnej postaci modelu DEA.

## Wnioski (2)

- ▶ wyniki przeprowadzonych analiz muszą być traktowane z dużą dozą ostrożności, przede wszystkim z powodu ograniczeń metody DEA związanych głównie z ilością wykorzystywanych zmiennych, jak również jej wrażliwości na dobór zmiennych wejściowych (nakładów) oraz wyjściowych (efektów/rezultatów),
- ▶ istnieje potrzeba prowadzenia dalszych badań przy użyciu innych metod ekonometrycznych i statystycznych. Uzyskane dzięki ich przeprowadzeniu wyniki pozwolą na przynajmniej częściową weryfikację zaprezentowanej w niniejszym opracowaniu analizy efektywności.

**Uprzejmie Państwu dziękuję za  
uwagę !!!**

