

## Wpływ infrastruktury na produktywność w gospodarce Polski\*\*

### Wprowadzenie

Udział poszczególnych czynników produkcji w wytwarzaniu produktu jest jedną z podstawowych kwestii w teorii ekonomii sektora realnego. Udział ten jest szacowany na podstawie funkcji produkcji. Najprostszą i najczęściej szacowaną jest dwuczynnikowa funkcja produkcji, uwzględniająca kapitał i pracę. Jednak w wielu badaniach rozróżnia się więcej niż dwa czynniki. Oprócz kapitału fizycznego i pracy bierze się pod uwagę np. kapitał ludzki, ziemię czy też materiały. Wszystkie te czynniki są nakładami, których kombinacja, przy danej technologii w trakcie procesu produkcyjnego przekształcana jest w końcowy produkt. Jednakże od początku lat 90. ubiegłego wieku zainteresowanie badaczy wzbudziła rola innego, różnego od „standardowych”, czynnika infrastruktury. Infrastruktura nie jest typowym czynnikiem produkcji. Jest ona czasem postrzegana jako czynnik wspomagający pozostałe czynniki produkcji. Wydaje się, że związek pomiędzy infrastrukturą a produktem i produktywnością jest bardziej skomplikowany. W literaturze można wymienić trzy podstawowe efekty, jakie może mieć infrastruktura (por. [Shanks, Barnes, 2008]):

1. infrastruktura (publiczna), z której korzystanie jest darmowe, stanowi bezpośredni nakład w procesie produkcyjnym. Wpływ infrastruktury można w tym przypadku określić jako efekt darmowego nakładu,
2. infrastruktura (publiczna i prywatna) ułatwia innowacje (prowadząc do poprawy czy też umożliwiając nowy proces produkcyjny), dzięki czemu pośrednio wpływa na produkcję i produktywność,
3. infrastruktura (publiczna i prywatna) może wpływać na produktywność innych czynników produkcji. Infrastruktura może być substytucyjna lub komplementarna względem innych czynników i w ten sposób zmieniać ich produktywność. Ten wpływ infrastruktury można określić jako efekt „skrzywienia” czynników.

---

\* Autorka jest pracownikiem Instytutu Badań nad Gospodarką Rynkową w Warszawie, e-mail: joanna.mackiewicz@ibngr.pl. Artykuł wpłynął do redakcji w styczniu 2010 r.

\*\* Artykuł stanowi rozszerzenie badania przeprowadzonego na potrzeby projektu „Wpływ realizacji polityki spójności na kształtowanie się głównych wskaźników dokumentów strategicznych – Narodowego Planu Rozwoju 2004-2006 i Narodowej Strategii Spójności 2007-2013 oraz innych wybranych wskaźników makroekonomicznych na poziomie krajowym i regionalnym” realizowanego na zlecenie Ministerstwa Rozwoju Regionalnego.

Infrastruktura stwarza zatem pewien pozytywny efekt zewnętrzny dla produkcji. Powinno tak być niezależnie od tego czy jest to infrastruktura publiczna czy też infrastruktura prywatna.

Czym jednak jest sama infrastruktura i jak ją można zdefiniować? Słownik języka polskiego podaje następującą definicję pojęcia „infrastruktura”: „urządzenia i instytucje usługowe niezbędne do należytego funkcjonowania społeczeństwa i produkcyjnych działów gospodarki”. Natomiast pod hasłem „infrastruktura ekonomiczna” znajduje się objaśnienie: „infrastruktura obejmująca usługi w zakresie transportu, komunikacji, energetyki itp.” Oprócz pojęcia „infrastruktury ekonomicznej” słownik zawiera także pojęcie „infrastruktury społecznej”, które oznacza „infrastrukturę obejmującą usługi w dziedzinie prawa, oświaty, służby zdrowia itp.”

Jak łatwo zauważyć samo pojęcie infrastruktury jest bardzo szerokie i ogólne. Dlatego m.in. stosuje się koncepcyjny podział infrastruktury na pewne kategorie, np. właśnie na infrastrukturę ekonomiczną i społeczną czy też infrastrukturę publiczną i prywatną.

Ze względu na to, że infrastruktura ekonomiczna obejmuje ten jej zakres, który w bezpośredni sposób wpływa na produkcję i produktywność, w większości badań empirycznych poświęconych związkowi infrastruktury ze wzrostem i produktywnością autorzy skupiają się właśnie na tej kategorii. Jednak patrząc na słownikową definicję infrastruktury ekonomicznej łatwo zauważyć, że i to pojęcie nie jest do końca sprecyzowane, na co wskazuje kończąca definicję „itp.”. Oznacza to, że nie ma pewnego stałego zestawu zmiennych traktowanego jako infrastruktura w badaniach empirycznych, a przyjmowana miara infrastruktury może być bardzo różna między badaniami. Dodatkowym ograniczeniem jest fakt, że dla wielu krajów nie ma dostępnych danych dla dłuższego okresu czasu, umożliwiających przeprowadzenie rzetelnych estymacji. Stąd zapewne wynikają, nieraz znaczne, różnice rezultatów między poszczególnymi badaniami.

W niniejszym artykule podjęta została tematyka wpływu wyposażenia w infrastrukturę na wzrost i produktywność czynników produkcji w Polsce. W tym celu zastosowane zostały dwie miary infrastruktury, przy czym nie czyniono rozróżnienia na infrastrukturę publiczną i prywatną. Oszacowania dokonano na podstawie danych regionalnych (wojewódzkich). W dalszej części artykułu (rozdział 2) zostały przedstawione podstawy teoretyczne badanego zagadnienia, przede wszystkim dotyczące postaci funkcji produkcji wykorzystywanych w badaniach, oraz przegląd badań empirycznych. W rozdziale trzecim przedstawione są wybrane charakterystyki poszczególnych województw, istotne z punktu widzenia problematyki pracy oraz wyniki oszacowania funkcji produkcji. Natomiast rozdział czwarty zawiera wnioski.

### **Związek infrastruktury z produktywnością**

We wprowadzeniu wymienione zostały trzy kanały, poprzez które infrastruktura może wpływać na produktywność. W niniejszym artykule uwaga zostanie skoncentrowana przede wszystkim na dwóch spośród wymienionych

mechanizmów: na bezpośrednim efekcie dla produktywności, czyli efekcie darmowego nakładu oraz na wpływie na inne czynniki produkcji, czyli efekcie „skrzywienia czynników”. Efekt darmowego nakładu w bezpośredni sposób podnosi produktywność. Efekt ten powstaje głównie w przypadku infrastruktury publicznej, za korzystanie z której nie są pobierane żadne opłaty. Infrastruktura stanowi wówczas dodatkowy, bezpłatny czynnik produkcji. Mechanizm stojący za powstaniem efektu darmowego produktu może zostać wyjaśniony w następujący sposób: jeśli krańcowy produkt kapitału publicznego<sup>1</sup> jest dodatni oznacza to, że zwiększenie wyposażenia w ten kapitał (w infrastrukturę publiczną) obniża koszty produkcyjne sektora prywatnego, a co za tym idzie prowadzi to do zwiększenia produkcji sektora prywatnego [Nadiri, Mamuenas, 1996]. Łatwo sobie wyobrazić, że np. nowa droga skracająca czas dostarczenia towarów i obniżająca koszty ich dostarczenia obniży jednostkowy koszt produkcji, a tym samym podniesie produktywność [Shanks, Barnes, 2008]. Pobieranie opłat za korzystanie z infrastruktury może wyeliminować bądź zmniejszyć ten bezpośredni efekt dla produktywności. Efekt ten powstaje jako wynik różnicy między wartością „usług” dawanych przez infrastrukturę a opłatą za korzystanie z niej.

Drugim badanym w niniejszym artykule związkiem między infrastrukturą a produktywnością jest efekt pośredni. Infrastruktura wpływa bowiem na produktywność innych czynników produkcji. W literaturze dominuje pogląd, iż infrastruktura podnosi produktywność kapitału prywatnego i pracy, czyli jest w stosunku do nich czynnikiem komplementarnym. Wyniki badań empirycznych sugerują jednak niekiedy co innego. Może się tak dzieć m.in. dlatego, że inwestycje publiczne mogą do pewnego stopnia wypierać inwestycje prywatne – wówczas efekt ten będzie działał w odwrotnym kierunku. Mniej niejasności jest w przypadku związku infrastruktury i pracy – uważa się, iż infrastruktura jest komplementarna względem pracy, czyli podnosi jej produktywność.

Co ciekawe, pomimo uznania istnienia związku między infrastrukturą a produktywnością w literaturze ekonomicznej, jak zauważają Romp i de Haan [2005], nie stworzono dotąd formalnych modeli wpływu infrastruktury na produktywność. Można więc uznać ten zakres wiedzy ekonomicznej za wciąż pozostający do rozwinięcia.

### **Funkcja produkcji z infrastrukturą jako czynnikiem produkcji**

W badaniu wpływu infrastruktury na łączną produktywność czynników produkcji często stosowanym podejściem jest szacowanie funkcji produkcji<sup>2</sup>. Najbardziej popularną postacią funkcji produkcji jest funkcja Cobba-Douglasa. Infrastruktura wchodzi w skład funkcji jako jeden z czynników produkcji.

<sup>1</sup> W wielu badaniach infrastruktura jest utożsamiana z kapitałem publicznym.

<sup>2</sup> Innym podejściem do badania omawianego problemu jest szacowanie funkcji kosztów. W niniejszym artykule jednak zastosowane zostało tylko podejście od strony funkcji produkcji. Przegląd badań dotyczących funkcji kosztów można znaleźć np. w Romp i de Haan [2005].

$$Q_t = A_t L_t^\alpha K_t^\beta I_t^\gamma, \quad (1)$$

gdzie:

$Q$  – oznacza wielkość produkcji,

$L$  – zasoby pracy,

$K$  – kapitał fizyczny,

$I$  – infrastrukturę.

Funkcja Cobba-Douglasa zakłada, że elastyczność substytucji czynników produkcji jest stała i równa 1. Stała jest również elastyczność produkcji względem poszczególnych czynników produkcji.

Funkcję produkcji Cobba-Douglasa często szacuje się wyrażając poszczególne wielkości w wartościach na mieszkańca. Można ją w łatwy sposób sprowadzić do postaci liniowej poprzez zlogarytmowanie. Po zlogarytmowaniu i podzieleniu przez  $L$  (przy założeniu stałych efektów skali) funkcja ta przyjmuje postać:

$$q_t = a_t + \beta k_t + \gamma i_t, \quad (2)$$

gdzie  $q_t = \ln\left(\frac{Q_t}{L_t}\right)$ ,  $a_t = \ln(A_t)$ ,  $k_t = \ln\left(\frac{K_t}{L_t}\right)$ ,  $i_t = \ln\left(\frac{I_t}{L_t}\right)$ .

Parametr  $\gamma$  w powyższych równaniach jest elastycznością produkcji względem infrastruktury.

Funkcja produkcji Cobba-Douglasa jest bardzo wczesnym modelem analizy produkcji (1928 r.), na który nałożonych jest wiele założeń i restrykcji. Rozwinięcie teorii produkcji i zniesienie niektórych restrykcji modelu doprowadziło do powstania tzw. giętkich form funkcyjnych (ang. *flexible functional forms*). Formy funkcyjne zawierające restrykcje są więc najczęściej szczególnymi przypadkami giętkich form funkcyjnych. Jedną z najczęściej stosowanych giętkich form funkcyjnych jest funkcja translogarytmiczna, w skrócie nazywana funkcją translog. Funkcję tę można zatem postrzegać jako uogólnienie funkcji Cobba-Douglasa. Trzyczynnikowa funkcja translog, uwzględniająca infrastrukturę, ma następującą postać:

$$\ln(Y_t) = \alpha_0 + \alpha_1 t + \beta_1 \ln(K_t) + \beta_2 \ln(L_t) + \beta_3 \ln(I_t) + \beta_4 \ln(K_t)^2 + \beta_5 \ln(L_t)^2 + \beta_6 \ln(I_t)^2 + \beta_7 \ln(K_t) \ln(L_t) + \beta_8 \ln(K_t) \ln(I_t) + \beta_9 \ln(L_t) \ln(I_t). \quad (3)$$

Zaletą tej funkcji jest możliwość analizowania, czy dane czynniki produkcji są względem siebie substytucyjne czy komplementarne. Jest też możliwe pokazanie, czy dany czynnik produkcji wykazuje malejące czy rosnące przychody skali. Analiza taka jest możliwa dzięki temu, że funkcja translog zawiera kwadraty logarytmów zmiennych oraz wzajemne interakcje zmiennych.

Wreszcie, w niektórych badaniach do analizy procesu produkcyjnego stosuje się formę funkcyjną CES (*Constant Elasticity of Substitution*). Trzyczynnikowa

funkcja produkcji CES (zawierająca kapitał, pracę i infrastrukturę) ma następującą postać:

$$Y = \gamma(\alpha_1 \cdot K^\rho + \alpha_2 \cdot L^\rho + \alpha_3 \cdot I^\rho)^{\frac{1}{\rho}}, \quad (4)$$

przy czym  $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$ .

Funkcja CES charakteryzuje się stałą krańcową stopą substytucji. Stanowi ona uogólnienie funkcji Cobba-Douglasa. W przeciwieństwie do funkcji Cobba-Douglasa funkcja ta pozwala na modelowanie różnych zależności między czynnikami produkcji zarówno komplementarności, jak i substytucyjności. Natomiast w obydwu funkcjach produkcji mamy do czynienia ze stałym efektem skali.

Jak zauważają Romp i de Haan [2005] w dokonany przez nich przeglądzie badań dotyczących wpływu kapitału publicznego (infrastruktury) na wzrost gospodarczy, podstawowym problemem związanym z szacowaniem funkcji produkcji jest kwestia odwrotnej przyczynowości. Z jednej strony badany jest bowiem wpływ wyposażenia w infrastrukturę na produkt, z drugiej strony jednak możliwa jest także relacja odwrotna – wielkość produktu może wpływać na wyposażenie w infrastrukturę. Występowanie problemu odwrotnej przyczynowości komplikowałoby interpretację uzyskanych wyników. Jednym ze stosowanych rozwiązań tego problemu jest przeprowadzenie testów w celu sprawdzenia, w którym kierunku przebiega zależność. Innym proponowanym rozwiązaniem było m.in. szacowanie modeli panelowych. Np. Canning i Bennathan [2000] argumentują, że podejście takie (zastosowanie danych panelowych) może wystarczyć do poradzenia sobie z problemem odwrotnej przyczynowości. Wreszcie, kolejną metodą stosowaną w literaturze na ominięcie tego problemu było zastosowanie zmiennych instrumentalnych oraz równań symultanicznych (por. przegląd badań empirycznych w [Romp, de Haan, 2005]).

### **Przeгляд badań empirycznych**

Największe zainteresowanie wpływem infrastruktury na wzrost produktu i produktywność w literaturze empirycznej można było zaobserwować w latach 90., po opublikowaniu słynnego artykułu Aschauera [1989]. Aschauer oszacował funkcję produkcji Cobba-Douglasa, wprowadzając do niej, jako dodatkowy czynnik produkcji, kapitał publiczny wyrażający wyposażenie w infrastrukturę. Badanie to zostało przeprowadzone dla gospodarki Stanów Zjednoczonych w latach 1945-1985. Było ono krytykowane pod wieloma względami. Przede wszystkim oszacowane wartości elastyczności produkcji względem infrastruktury wydawały się bardzo wysokie – uzyskane wyniki wahały się bowiem w przedziale od 0,36 do 0,39. Dodatkowo krytykowana była sama metoda estymacji. Zwracano uwagę na to, że mogą się pojawiać problemy z przyczynowością, które komplikowałyby interpretację uzyskanych wyników. Na fali tej krytyki pojawiły się kolejne badania mające na celu weryfikację wyników uzyskanych przez Aschauera (m.in. [Munnell, 1990a], [Ford, Poret, 1991]). W pracach tych

częściowo uzyskano bardzo zbliżone wyniki do elastyczności uzyskanych przez Aschauera.

Ze względu na możliwe problemy z estymacją specyfikacji szacowanej przez Aschauera, zaczęto stosować także bardziej elastyczne formy funkcyjne w miejsce funkcji Cobba-Douglasa (opisana wyżej funkcja translog) oraz wprowadzano do badania pewne zmienne kontrolne, np. reprezentujące fazę cyklu koniunkturalnego. Mimo to otrzymywane w badaniach empirycznych wyniki należały do bardzo szerokiego przedziału. Z przeglądu badań empirycznych dokonanego przez Rompa i de Haana [2005] można wywnioskować, iż szacunki parametrów dla infrastruktury wahały się od nieistotnego, zaniedbywalnego wpływu aż po wartość 0,65, a nawet więcej. Stosunkowo najczęściej w badaniach otrzymywano jednak współczynniki z przedziału 0,10-0,30. Warto przy tym podkreślić, iż zazwyczaj niższe współczynniki otrzymywane były w badaniach przeprowadzonych na danych panelowych niż na szeregach czasowych. W wielu przypadkach zwracano także uwagę na problemy ze współliniowością zmiennych, co może prowadzić do regresji pozornej. Tablica 1 przedstawia zestawienie wyników badań empirycznych, w których szacowano funkcję produkcji.

Tablica 1

## Zestawienie wyników badań empirycznych (wybór)

Badanie	Kraj i zakres danych	Specyfikacja	Wniosek dotyczący wpływu infrastruktury na produkcję
Bonaglia et al. [2000]	Włochy (regiony), 1970-1994	Funkcja produkcji Cobba-Douglasa	Elastyczność 0,05 (nieistotna statystycznie) dla Włoch, duża rozbieżność dla regionów
Cadot et al. [2002]	Francja (regiony), 1985-1992	Funkcja produkcji Cobba-Douglasa z równaniem dla infrastruktury transportowej	Elastyczność 0,08
Calderón i Servén [2002]	101 krajów, 1960-1997	Funkcja produkcji Cobba-Douglasa z różnymi typami infrastruktury	Elastyczność 0,16
Canning i Pedroni [1999]	Panel krajów, 1950-1992	Dynamiczny model korekty błędem	Istnieje długookresowy wpływ infrastruktury na wzrost, jednak wyniki różnią się w zależności od krajów i rodzaju infrastruktury
Canning i Bennathan [2000]	62 kraje, 1960-1990	Funkcja produkcji Cobba-Douglasa i translog, z różnymi rodzajami infrastruktury	Tylko w krajach o niskim i średnim dochodzie można zauważyć korzyści z infrastruktury
Charlot i Schmidt [1999]	Francja (regiony), 1982-1993	Funkcja produkcji Cobba-Douglasa i translog	Elastyczność 0,3 dla funkcji Cobba-Douglasa i 0,4 dla funkcji translog, lecz wyniki zależne od regionu i okresu

cd. tablicy 1

Badanie	Kraj i zakres danych	Specyfikacja	Wniosek dotyczący wpływu infrastruktury na produkcję
Connolly i Fox [2006]	Australia (sektory przemysłowe), 1966-2002	Funkcja produkcji Cobba-Douglasa	Elastyczności dla dwóch sektorów 0,15 i 0,71, dla pozostałych nieistotne statystycznie
Everaert i Heylen [2004]	Belgia (regiony), 1965-1996	Funkcja produkcji translog	Elastyczność 0,31
Kamps [2006]	22 kraje OECD, 1960-2001	Funkcja produkcji Cobba-Douglasa (dla poszczególnych krajów oraz panel)	Elastyczność 0,22 dla panelu, natomiast znacznie wyższa dla pojedynczych krajów
Kammerling i Stephan [2002]	87 niemieckich miast, lata: 1980, 1986 i 1988	Funkcja produkcji Cobba-Douglasa, z równaniem dla infrastruktury transportowej oraz funkcji inwestycji dla prywatnego kapitału	Stopa zwrotu z infrastruktury wynosi 16%
Munnell [1990a]	USA (48 stanów), 1948-1987	Funkcja produkcji Cobba-Douglasa	Elastyczność od 0,34 do 0,41
Munnell [1990b]	USA (48 stanów), 1970-1986	Funkcja produkcji Cobba-Douglasa	Elastyczność 0,15
Shijoji [2001]	USA (stany), 1963-1993 i Japonia (regiony), 1955-1995; (dane co 5 lat)	Model CGE z funkcją produkcji Cobba-Douglasa	Elastyczność 0,10-0,15
Stephan [2000]	Niemcy Zachodnie (regiony), 1970-1995 i Francja (regiony), 1978-1992	Funkcja produkcji Cobba-Douglasa oraz funkcja produkcji translog	W przypadku funkcji Cobba-Douglasa elastyczność 0,11; w przypadku funkcji translog problem ze współliniowością
Stephan [2003]	Niemcy Zachodnie (regiony), 1970-1996	Funkcja produkcji Cobba-Douglasa	Elastyczność między 0,38 (w pierwszych różnicach) a 0,65 (w poziomach logarytmów)
Wang [2002]	7 krajów Azji Wschodniej, 1979-1998	Dynamiczny model 2 sektorów	Elastyczność 0,2-1,5 (w długim okresie)

Źródło: Romp i de Haan [2005], Shanks i Barnes [2008]



Mimo istniejących kontrowersji dotyczących wyników badań empirycznych w omawianym zakresie i znacznej rozbieżności oszacowań, wydaje się, iż celowym jest przeprowadzenie takiego badania również dla Polski. Jest to temat dotychczas w Polsce mało zbadany, a biorąc pod uwagę dorobek literatury światowej pod tym względem, warto skonfrontować obraz wyłaniający się z badania dla gospodarki polskiej z wynikami uzyskanymi dla innych krajów. Ze względu na krótki szereg czasowy danych dla gospodarki polskiej oraz mniejszą wiarygodność wyników uzyskanych na zagregowanych danych, niniejsze badanie zostało przeprowadzone na danych panelowych obejmujących 16 województw<sup>3</sup>. Wprowadzenie aspektu regionalnego ma cel techniczny: zwiększenia liczby obserwacji dostępnych przy szacowaniu funkcji produkcji. Ze względu na dostępną liczbę obserwacji niemożliwa jest jednak interpretacja zróżnicowania elastyczności produkcji względem infrastruktury w poszczególnych województwach, a zastosowany model wychwytuje jedynie tzw. efekty stałe (zróżnicowaniu regionalnemu podlega tylko wyraz wolny funkcji produkcji, a nie elastyczność produkcji względem infrastruktury). Szczegółowy opis uzyskanych wyników znajduje się w kolejnej części artykułu.

## Wyniki badania

### Podstawowe charakterystyki polskich województw

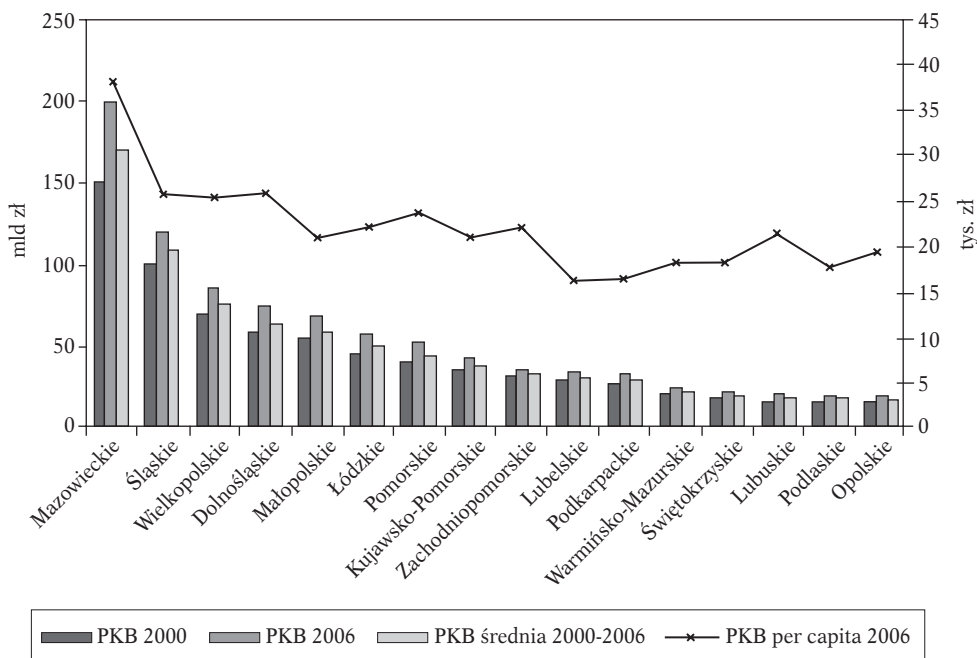
Polskie województwa różnią się między sobą zarówno pod względem dochodów, jak i wyposażenia w infrastrukturę. Wykres 1 obrazuje realne PKB w poszczególnych województwach. Różnice pod względem wytwarzanego PKB między regionami są bardzo duże. W 2006 r. województwo mazowieckie, będące na pierwszym miejscu pod względem wielkości gospodarki, miało PKB prawie 10 razy większe niż województwo opolskie, znajdujące się na ostatnim miejscu pod tym względem. Pod względem wielkości *per capita* rozbieżności te są również znaczne, ale już istotnie mniejsze. W 2006 r. województwo mazowieckie było 2,4 razy bogatsze od będącego na końcu rankingu województwa lubelskiego.

Głównym przedmiotem zainteresowania w niniejszym badaniu jest to, czy stan infrastruktury wpływa na wzrost gospodarczy. Między rokiem 2000 a 2006 PKB wzrósł najszybciej w województwie mazowieckim – o 32,5% (w latach 2000-2006 średni wzrost wyniósł 4,8%). Szybkie tempo wzrostu odnotowały również województwa dolnośląskie, małopolskie i pomorskie – odpowiednio 26,3% (średnia 4%), 25,6% (średnia 3,9%) oraz 24,8% (średnia 3,8%). Najwolniej PKB rósł w województwie zachodniopomorskim (10,8% ze średnią 1,7%). Porównując kolejność województw pod względem wielkości PKB w 2000 i 2006 roku łatwo zauważyć, iż ich kolejność się nie zmieniła, z wyjątkiem województwa lubuskiego, które wyprzedziło województwo podlaskie.

<sup>3</sup> Regionalne funkcje produkcji dla Polski szacował Tokarski (2008). Celem tego badania nie było jednak zbadanie wpływu infrastruktury na proces produkcyjny.

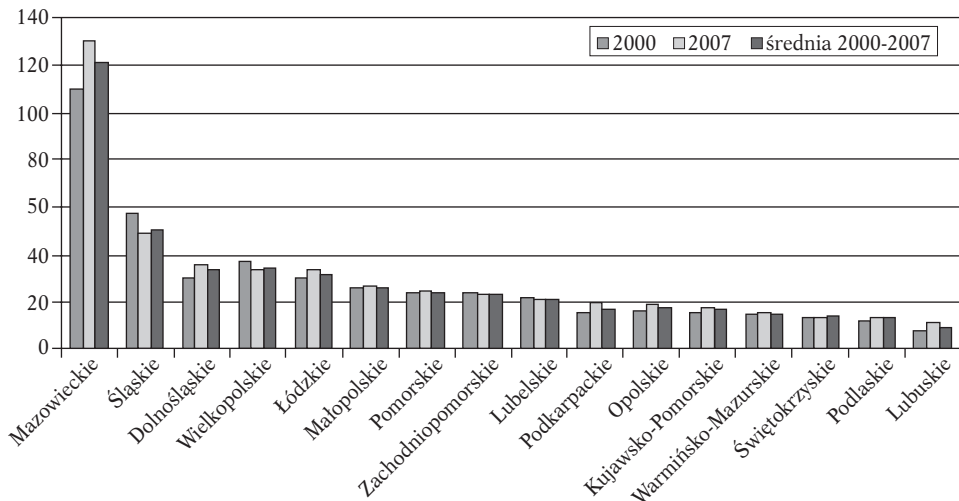


**Wykres 1. PKB (lewa oś) i PKB per capita (prawa oś), ceny stałe z 2000 r.**



Źródło: obliczenia własne na podstawie danych GUS

**Wykres 2. Infrastruktura jako wartość środków trwałych w sektorach: transport i łączność oraz wytwarzanie i zaopatrywanie w wodę, energię elektryczną oraz gaz (w mld zł, ceny stałe z 2000 r.)**

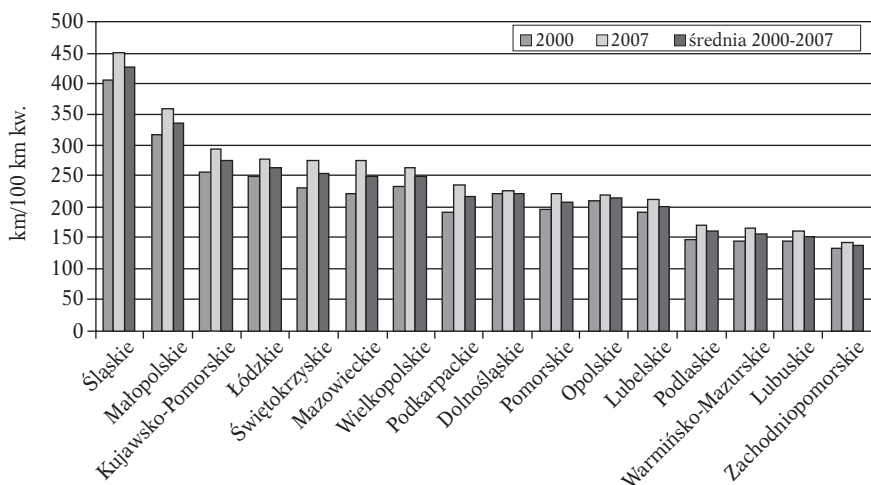


Źródło: obliczenia własne na podstawie danych Urzędów Statystycznych poszczególnych województw

Kolejne wykresy (wykres 2 i 3) przedstawiają dwie zastosowane w badaniu miary infrastruktury. Porównanie tych wykresów z danymi dotyczącymi tempa

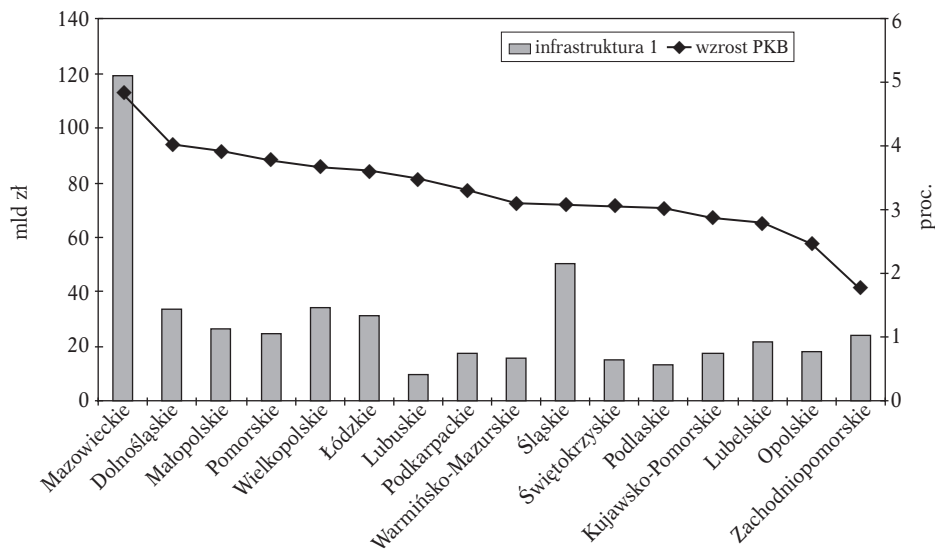
wzrostu PKB w poszczególnych województwach (wykresy 4 i 5) nie pozwala wprawdzie na potwierdzenie prostej zależności między tymi dwiema wielkościami, jednak wydaje się, iż ogólnie można dostrzec prawidłowość, że w województwach relatywnie bardziej zasobnych w infrastrukturę, wzrost PKB był wyższy.

**Wykres 3. Infrastruktura jako liczba kilometrów dróg, linii kolejowych, wodociągów i kanalizacji na 100 km<sup>2</sup> województwa**

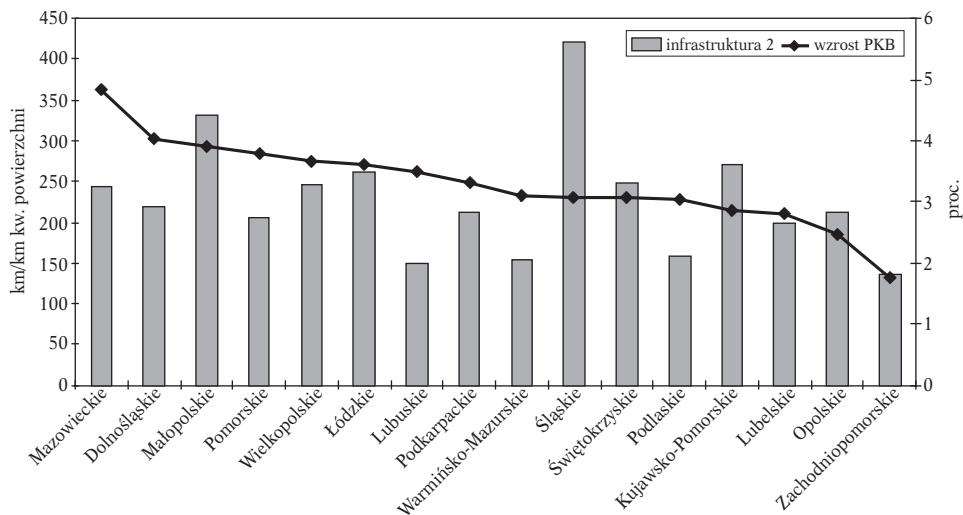


Źródło: obliczenia własne na podstawie danych GUS

**Wykres 4. Pierwsza miara infrastruktury (średnia w latach 2000-2006, lewa oś) oraz wzrost PKB (średnia w latach 2000-2006, prawa oś)**



Źródło: obliczenia własne na podstawie danych GUS

**Wykres 5. Druga miara infrastruktury (średnia w latach 2000-2006, lewa oś) oraz wzrost PKB (średnia w latach 2000-2006, prawa oś)**

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych GUS

Na wykresach 2 i 3 wyraźnie zaznaczają się różnice między dwiema stosowanymi w badaniu miarami infrastruktury (opis miar znajduje się w Aneksie). Po pierwsze, nieco inna jest kolejność województw pod względem wyposażenia w infrastrukturę. W przypadku miary opartej na wartości brutto środków trwałych w wybranych sektorach gospodarki wyraźnie wybija się województwo mazowieckie. W następnym w kolejności województwie śląskim wartość ta jest już o ponad połowę niższa. Do grupy województw stosunkowo bogatych w infrastrukturę zgodnie z omawianą miarą należą także województwa dolnośląskie, wielkopolskie i łódzkie. Do grupy średnio wyposażonych w infrastrukturę (umownie grupa województw z wartością brutto środków trwałych w wybranych sektorach niższą niż 30 mld i wyższą niż 20 mld zł) należą województwa małopolskie, pomorskie, zachodniopomorskie oraz lubelskie. Wreszcie, do najslabiej wyposażonych w infrastrukturę województw (wartość brutto środków trwałych w wybranych sektorach poniżej 20 mld zł) należą województwa podkarpackie, opolskie, kujawsko-pomorskie, warmińsko-mazurskie, świętokrzyskie, podlaskie oraz lubuskie.

W przypadku miary opartej o wyposażenie poszczególnych województw w łączną długość dróg, linii kolejowych, wodociągów i kanalizacji (w km w przeliczeniu na 100 km<sup>2</sup> powierzchni) kolejność województw przedstawia się nieco inaczej. Do najlepiej wyposażonych w tak wyrażoną infrastrukturę województw zaliczają się (wartość powyżej 270 km w ostatnim uwzględnionym w zestawieniu roku 2007) województwa śląskie, małopolskie, kujawsko-pomorskie, łódzkie, świętokrzyskie i mazowieckie. Widać tu wyraźną różnicę w porównaniu z pierwszą miarą infrastruktury, według której województwa kujawsko-pomorskie i świętokrzyskie należą do regionów najslabiej wyposażo-

nych w infrastrukturę. Według drugiej miary do województw średnio wyposażonych w infrastrukturę (umownie wartości miary z przedziału 270-220) należą województwa wielkopolskie, podkarpackie, dolnośląskie oraz pomorskie. Natomiast okazuje się, iż najsłabszą infrastrukturą dysponują województwa opolskie, lubelskie, podlaskie, warmińsko-mazurskie, lubuskie i zachodniopomorskie. Jak widać, częściowo wnioski na temat relatywnego wyposażenia w infrastrukturę powtarzają się w przypadku obydwu zastosowanych w badaniu miar, niemniej jednak różnice są na tyle wyraźne, iż trudno uznać obie miary za spójne. Zwraca również uwagę fakt, iż rozbieżność między poszczególnymi województwami jest znacznie większa w przypadku miary pierwszej (ponad 10-krotna przewaga województwa najzasobniejszego w infrastrukturę nad najmniej zasobnym) niż w przypadku miary drugiej (nieco ponad 3-krotna przewaga). Stąd też decyzja o wykorzystaniu przy przeprowadzaniu estymacji na dalszym etapie badania obydwu miar, zwłaszcza iż brak w literaturze zgody co do tego, jak infrastruktura powinna być wyrażana i stosowane są różne jej miary w zależności od dostępności danych i uznania autorów.

### **Wyniki estymacji funkcji produkcji z uwzględnieniem infrastruktury jako czynnika produkcji**

Poniżej przedstawione zostaną wyniki oszacowania trzyczynnikowej funkcji produkcji. Wykorzystano w tym celu dwie z postaci funkcyjnych omówionych w poprzedniej części artykułu, mianowicie funkcje Cobba-Douglasa oraz translog, które są najczęściej stosowane w podobnych badaniach empirycznych przeprowadzonych dla innych krajów. Funkcje oszacowano na danych wojewódzkich z lat 2000-2006. Ujęcie takie umożliwiło dokonanie obliczeń mimo krótkiego szeregu danych (dane roczne z 7 lat).

Jak już zostało zaznaczone, badanie ma pokazać rolę infrastruktury jako czynnika produkcji. Ze względu na wspomniane problemy z pomiarem infrastruktury do oszacowania funkcji produkcji stosowane były dwie miary – jedna opierająca się na wartości środków trwałych w wybranych sektorach gospodarki, druga obliczona na podstawie wyposażenia danego województwa w sieć drogową oraz sieć komunalną (opis danych w Aneksie). Pomimo wyraźnych niekiedy różnic w wynikach uzyskanych z zastosowaniem obydwu miar, w przeważającej większości przypadków przytaczane są wszystkie otrzymane wyniki, ze względu na to, iż obie miary trudno uznać za precyzyjne<sup>4</sup>. Wydaje się jednak, iż bardziej wiarygodna jest miara druga.

Pierwszą z szacowanych w niniejszym badaniu funkcji produkcji była trzyczynnikowa funkcja Cobba-Douglasa. Jak już wspomniano, funkcja Cobba-Douglasa jest najprostszą postacią funkcji produkcji, zawierającą wiele restrykcji.

<sup>4</sup> Ilekroć przedstawiane są równoległe wyniki oszacowania tą samą metodą z zastosowaniem dwóch alternatywnych miar infrastruktury, model z oznaczeniem (ś.t.) oznacza model oszacowany z miarą infrastruktury obliczoną na podstawie wartości środków trwałych, natomiast model z oznaczeniem (d.k.) oznacza model oszacowany z miarą infrastruktury obliczoną na podstawie wyposażenia w sieć drogową i komunalną.

Jednak, np. Gradzewicz i Kolasa [2004] twierdzą, na przykładzie dwuczynnikowej funkcji produkcji zawierającej kapitał i pracę, iż taka postać funkcyjna dobrze odpowiada polskiej gospodarce. Na potrzeby niniejszego artykułu szacowana była funkcja produkcji, po zlogarytmowaniu, z uwzględnieniem trendu czasowego następującej postaci:

$$\ln(Y_{it}) = \alpha + \beta_1 t + \beta_2 \ln(K_{it}) + \beta_3 \ln(L_{it}) + \beta_4 \ln(I_{it}). \quad (5)$$

Przeprowadzony test Hausmana wskazał, iż model powinien zostać oszacowany z wykorzystaniem efektów stałych<sup>5</sup>. Wyniki przedstawia tablica 2.

Tablica 2

## Wyniki estymacji funkcji [5]

Zmienna	Model 1 (ś.t.)		Model 2 (d.k.)	
	Ocena parametru	t-stat	Ocena parametru	t-stat
Stała	5.647720***	4.839861	4.930338***	4.115389
Trend	0.034439***	12.20968	0.029394***	7.857009
Kapitał	0.147794*	1.643112	0.190848**	2.027645
Praca	0.195307***	6.334986	0.208648***	6.872588
Infrastruktura	0.060853	1.388176	0.138645*	1.674674
Efekty stałe				
LO--C	0.130437		0.084615	
MAZ--C	0.916635		0.911802	
MAL--C	0.220004		0.162811	
SL--C	0.646118		0.542464	
LUB--C	-0.225484		-0.203581	
PKA--C	-0.224848		-0.246611	
PLA--C	-0.510102		-0.451425	
SW--C	-0.455984		-0.482364	
LU--C	-0.424322		-0.338694	
WLK--C	0.400705		0.378018	
ZA--C	-0.065840		0.019567	
DS--C	0.315498		0.319118	
OP--C	-0.505147		-0.498119	
KP--C	0.012534		-0.037023	
POM--C	0.109993		0.116254	
WM--C	-0.340198		-0.276835	

Oznaczenia: LO – łódzkie, MAZ – mazowieckie, MAL – małopolskie, SL – śląskie, LUB – lubelskie, PKA – podkarpackie, PLA – podlaskie, SW – świętokrzyskie, LU – lubuskie, WLK – wielkopolskie, ZA – zachodniopomorskie, DS – dolnośląskie, OP – opolskie, KP – kujawsko-pomorskie, POM – pomorskie, WM – warmińsko-mazurskie. \*\*\* istotność na poziomie istotności 1%, \*\* istotność na poziomie istotności 5%, \* istotność na poziomie istotności 10%.

Źródło: opracowanie własne

<sup>5</sup> Wyniki testu dostępne są na życzenie od autorki.

Okazuje się, że wyniki otrzymane z dwóch modeli oszacowanych z wykorzystaniem odmiennych miar infrastruktury są bardzo zbliżone. Jedyne współczynnik właśnie przy infrastrukturze okazał się być znacznie wyższy w przypadku modelu 2 niż modelu 1. W modelu 1 infrastruktura nie jest istotna statystycznie. W modelu 2 współczynnik przy infrastrukturze wyniósł 0,14. Stanowi to wartość zbliżoną do wartości tego współczynnika uzyskiwanej w przytaczanych badaniach empirycznych, przeprowadzonych dla innych krajów. Niemniej jednak, wartość ta jest niższa od oszacowania uzyskanego pierwotnie przez Aschauera, uważanego za zbyt wysokie<sup>6</sup>.

Kolejną z oszacowanych funkcji produkcji jest funkcja translog. Niewątpliwą zaletą tej postaci funkcji, z punktu widzenia interpretacji ekonomicznej, jest możliwość pokazania zależności między poszczególnymi czynnikami produkcji – mianowicie czy są one względem siebie komplementarne czy substytucyjne. Szacowana funkcja miała postać taką jak w równaniu (3). Otrzymane wyniki przedstawia tablica 3.

Ze względu na to, iż bezpośrednio z tabeli można odczytać wyniki dotyczące interakcji między poszczególnymi czynnikami produkcji, te wnioski zostaną omówione w pierwszej kolejności. Dodatni współczynnik przy składniku będącym iloczynem dwóch czynników produkcji oznacza komplementarność tych czynników względem siebie, natomiast ujemny współczynnik oznacza, iż dane dwa czynniki są względem siebie substytutami. Na podstawie powyższego oszacowania okazuje się zatem, że kapitał i praca są względem siebie komplementarne. W przypadku obydwu modeli współczynnik przy zmiennej oznaczającej interakcję tych dwóch czynników produkcji jest dodatni i statystycznie istotny. W przypadku pozostałych zależności uzyskane wyniki okazały się niejednoznaczne. Na podstawie oszacowanych współczynników należałoby wnioskować, iż praca i infrastruktura są względem siebie raczej substytutami, w modelu 4 współczynnik jest bowiem ujemny i istotny statystycznie. W modelu 3 współczynnik jest wprawdzie dodatni, ale wynik ten jest statystycznie nieistotny.

<sup>6</sup> Ze względu na to, że część zmiennych modelu (PKB, kapitał i infrastruktura) są zmiennymi niestacjonarnymi, oszacowana została także zależność krótkookresowa. Zależność krótkookresowa została obliczona na różnicach uwzględnionych w badaniu zmiennych, z mechanizmem korekty błędem (*error correction mechanism*). Jako zależność długookresowa została wykorzystana oszacowana funkcja produkcji Cobba-Douglasa. Wyniki testu pokazały, że zmienne wchodzące w skład tego równania są skointegrowane. W obydwu oszacowanych modelach współczynnik przy składniku ECM okazał się być ujemny i istotny statystycznie na poziomie istotności 0,01%. Ujemny i istotny statystycznie współczynnik przy składniku ECM oznacza, iż domyka się luka między produktem a produktem potencjalnym wyznaczonym na podstawie funkcji produkcji. Produkt może się odchylić od swojej wartości równowagi w wyniku różnych zaburzeń, jednak zbliża się do stanu długookresowej równowagi. Wysokość oszacowanego współczynnika oznacza szybkość dostosowań odchyleń od długoterminowej zależności spowodowanych przez zaburzenia w gospodarce. Współczynniki oszacowane dla obydwu modeli są wysokie, co oznacza, że szybkość powrotu do równowagi jest duża. Wyniki te potwierdzają występowanie silnej długookresowej zależności między produktem a czynnikami produkcji w postaci przedstawionej w tablicy 2. Niezamieszczone w artykule wyniki obliczeń dostępne są na życzenie od autorki.



W przypadku związku między kapitałem a infrastrukturą brak statystycznie istotnej relacji, a współczynniki oszacowane dla dwóch analizowanych modeli mają przeciwne znaki.

Tablica 3

## Wyniki estymacji funkcji [3]

Zmienna	Model 3 (ś.t.)		Model 4 (d.k.)	
	Ocena parametru	t-stat	Ocena parametru	t-stat
Trend	0.039606***	13.76545	0.028057***	7.277520
Kapitał (K)	-2.962958***	-2.745833	-3.253745	-1.597111
Praca (L)	1.406643	1.536010	0.649507	0.871952
Infrastruktura (I)	-0.572316	-0.599078	0.816943	0.743365
K-K	0.096784	0.841815	-0.064616	-0.593568
L-L	-0.183478***	-2.989160	-0.114893**	-2.130460
I-I	0.079251	0.827895	0.006367	0.096093
K-L	0.237411*	1.628642	0.309946***	2.741181
K-I	-0.235721	-1.319163	0.150086	1.154116
L-I	0.121723	1.310903	-0.175628**	-2.055707
Efekty stałe				
LO--C	17.97662		19.73400	
MAZ--C	18.65653		20.37305	
MAL--C	18.09594		19.79725	
SL--C	18.48247		20.07490	
LUB--C	17.62223		19.46725	
PKA--C	17.62939		19.41397	
PLA--C	17.25894		19.19537	
SW--C	17.30799		19.14038	
LU--C	17.34382		19.30732	
WLK--C	18.26636		20.00166	
ZA--C	17.79116		19.75799	
DS--C	18.20258		19.98180	
OP--C	17.26024		19.14783	
KP--C	17.86873		19.61045	
POM--C	17.99118		19.79462	
WM--C	17.46043		19.39778	

Źródło: opracowanie własne

Na podstawie powyższych wyników warto także przeanalizować, jaki wpływ na elastyczność PKB względem danego czynnika produkcji ma relatywna zasobność województwa w dany czynnik. Mówi o tym współczynnik przy kwadracie zmiennej reprezentującej dany czynnik produkcji. Dodatni współczynnik oznacza, że im więcej danego czynnika produkcji, tym staje się

on bardziej produktywny, natomiast ujemny współczynnik oznacza sytuację odwrotną. W przypadku niniejszego oszacowania istotne statystycznie wyniki zostały uzyskane jedynie dla pracy. Okazuje się przy tym, iż im więcej jest tego czynnika produkcji, tym elastyczność PKB względem pracy jest niższa, oszacowany współczynnik jest bowiem ujemny w przypadku obydwu analizowanych modeli. Dla pozostałych dwóch czynników produkcji – kapitału i infrastruktury – nie uzyskano statystycznie istotnych wyników.

Z oszacowania funkcji produkcji translog nie można w bezpośredni sposób odczytać elastyczności wielkości PKB względem poszczególnych czynników produkcji. Można je jednak obliczyć na podstawie uzyskanych wyników. Elastyczności te można bowiem wyrazić za pomocą następujących wzorów:

$$\zeta_{\text{PKB-K}} = \beta_1 + \beta_7 \ln L + \beta_8 \ln I + 2\beta_4 \ln K \quad (6)$$

$$\zeta_{\text{PKB-L}} = \beta_2 + \beta_7 \ln K + \beta_9 \ln I + 2\beta_5 \ln L \quad (7)$$

$$\zeta_{\text{PKB-I}} = \beta_3 + \beta_8 \ln K + \beta_9 \ln L + 2\beta_6 \ln I \quad (8)$$

gdzie współczynniki  $\beta_i$ ,  $i = 1, \dots, 9$ , są oszacowanymi parametrami z równania (3).

Tablica 4 przedstawia obliczone wartości elastyczności. Obliczenia zostały dokonane na podstawie średnich wartości zmiennych L, K, I w latach 2004-2006.

Tablica 4

Elastyczności PKB względem poszczególnych czynników produkcji

Czynnik	Model 3 (ś.t.)	Model 4 (d.k.)
Kapitał	0,116705	0,401709
Praca	0,325859	0,190239
Infrastruktura	0,109419	0,215165

Źródło: obliczenia własne

Jak łatwo zauważyć, otrzymane wyniki różnią się dość znacznie między modelami. W modelu 3 największy wpływ na PKB ma praca. Będący tu przedmiotem zainteresowania wynik dla infrastruktury wyniósł ok. 0,11 w modelu 3, natomiast w modelu 4 okazał się być dwa razy wyższy. Według modelu 4 największy wpływ na produkt spośród wszystkich czynników produkcji ma kapitał.

W wielu innych badaniach wskazywano, iż przy tego rodzaju estymacji część (lub wszystkie) zmienne mogą być endogeniczne, czyli skorelowane z resztami modelu. Przy estymacji MNK może to powodować, że oszacowane współczynniki będą obciążone. Dlatego też, w kolejnym kroku, do oszacowania funkcji translog zastosowana została metoda zmiennych instrumentalnych<sup>7</sup>. Jako

<sup>7</sup> W wyniku obliczeń uzyskano jednak ujemną elastyczność dla infrastruktury w modelu z miarą infrastruktury obliczoną na podstawie wyposażenia w sieć drogową i komunalną. Ujemna elastyczność świadczy o tym, że oszacowana funkcja nie spełnia warunków stawianych funkcjom

zmienne instrumentalne zastosowano opóźnione wartości każdego czynnika produkcji. Wyniki oszacowania funkcji translog tą metodą okazały się odmienne od prezentowanych wyżej w zakresie interakcji między poszczególnymi czynnikami produkcji. Jedynie w przypadku relacji kapitału i pracy wynik jest zbliżony z konkluzjami z tablicy 3. W przypadku infrastruktury wyniki wskazują na to, że jest ona czynnikiem substytucyjnym względem kapitału oraz komplementarnym względem pracy. Uzyskane na podstawie tego modelu wnioski są w tym zakresie nieco odmienne do wyników uzyskanych w innych badaniach (m.in. [Delgado, Alvarez, 2000]). Na niekorzyść tego modelu świadczy również fakt, iż wszystkie obliczone na jego podstawie elastyczności okazały się wyższe niż w oszacowaniu bez zmiennych instrumentalnych. Największa różnica wystąpiła w przypadku infrastruktury. Oszacowana elastyczność jest bardzo wysoka (0,45), co w świetle innych badań wydaje się wielkością niewiarygodną.

### Podsumowanie

W artykule przedstawiono analizę wpływu infrastruktury na produktywność i wzrost gospodarczy w Polsce. Zgodnie z podejściem zapoczątkowanym przez Aschauera [1989] oszacowane zostały w tym celu funkcje produkcji. Wykorzystano dwie postaci funkcji produkcji: funkcje Cobba-Douglasa oraz translog, a uzyskane za ich pomocą wyniki okazały się zbliżone do rezultatów raportowanych dla innych krajów. Analizie poddany został przy tym nie tylko bezpośredni wpływ infrastruktury na produkcję (elastyczność PKB względem infrastruktury), lecz także wpływ pośredni – poprzez wpływ na produktywność pozostałych czynników produkcji: kapitału i pracy.

Uzyskane wyniki świadczą o tym, iż wyposażenie w infrastrukturę jest istotnym czynnikiem wpływającym na produkcję w Polsce. Oszacowana bezpośrednia elastyczność PKB względem infrastruktury wahała się w przedziale od 0,11 do 0,22 w zależności od szacowanej funkcji produkcji i zastosowanych zmiennych. Elastyczność taka jest zgodna z badaniami dla innych krajów, jak również ocenami badaczy. Warto przy tym zwrócić uwagę na to, że ze względu na brak powszechnie uznanej metody wyrażania infrastruktury w badaniach empirycznych, w niniejszym badaniu zastosowano dwie alternatywne miary, czego wynikiem jest większa rozpiętość podanego przedziału. Gdyby wziąć pod uwagę jedynie miarę opartą na wyposażeniu w sieć drogową i komunalną, uznaną tu za nieco bardziej wiarygodną, obliczona elastyczność znajdowałaby się w przedziale od 0,14 do 0,22. W świetle innych badań jest to rozpiętość niewielka. Wyniki należy uznać za zbliżone dla obu postaci funkcji produkcji.

W przypadku pośredniego wpływu infrastruktury na wzrost, poprzez wpływ na produktywność innych czynników produkcji (co jest możliwe do zbadania tylko w przypadku funkcji translog) nie uzyskano jednoznacznych wyników.

---

produkcji, a w związku z tym nie można jej w ten sposób interpretować. Z tego względu w badaniu uwzględniono tylko model ze zmienną obliczoną na podstawie wartości środków trwałych w dwóch sektorach gospodarki.

Jedyną istotną statystycznie interakcją między czynnikami produkcji o tym samym kierunku w przypadku dwóch modeli była komplementarność kapitału i pracy. Uzyskanie bardziej wiarygodnych wyników wymaga dalszego badania przy dłuższym szeregu danych.

Kolejnym obszarem stwarzającym możliwość rozwinięcia niniejszego badania jest próba zróżnicowania elastyczności PKB względem infrastruktury między województwami oraz sprawdzenie czy w przypadku regionów relatywnie bardziej zasobnych w infrastrukturę jej wpływ na PKB oraz produktywność pozostałych czynników produkcji jest większy niż w przypadku regionów mniej zasobnych. Przeprowadzenie takiego badania wymagałoby jednak oszacowania regionalnych funkcji produkcji, do czego niezbędne byłyby dłuższe szeregi i co pozostaje poza przedmiotem zainteresowania tego artykułu.

### Bibliografia

- Aschauer D.A., [1989], *Is public expenditure productive?*, „Journal of Monetary Economics”, 23, s. 177-200.
- Bonaglia F., La Ferrara E., Marcellino M., [2000], *Public capital and economic performance: Evidence from Italy*, IGIER Working Paper No. 163.
- Cadot O., Röller L.H., Stephan A., [2002], *Contribution to productivity or pork barrel? The two faces of infrastructure investment*, WZB Discussion Paper No. 02-09.
- Calderón C., Servén L., [2002], *The output cost of Latin America's infrastructure gap*, Central Bank of Chile Working Paper No. 186.
- Canning D., Bennathan E., [2000], *The social rate of return on infrastructure investments*, World Bank Working Paper, No. 2390.
- Canning D., Pedroni P., [1999], *Infrastructure and long run economic growth*, Center for Analytical Economics Working Paper No. 99-09, Cornell University.
- Charlot S., Schmidt B., [1999], *Public infrastructure and economic growth in France's regions*, ERSA conference paper No. 129.
- Connolly E., Fox K.J., [2006], *The impact of high-tech capital on productivity: Evidence from Australia*, Economic Inquiry, Vol. 44, s. 50-68.
- Delgado M.J., Alvarez I., [2000], *The effect of public infrastructure on private activity: evidence from the Spanish regions*, Documentos del Instituto Complutense de Análisis Económico No. 0103, Universidad Complutense de Madrid.
- Everaert G., Heylen F., [2004], *Public capital and long-term labour market performance in Belgium*, „Journal of Policy Modeling”, Vol. 26, s. 95-112.
- Ford R., Poret P., [1991], *Infrastructure and private-sector productivity*, OECD Economic Studies, No. 17, s. 63-89.
- Gradzewicz M., Kolasa M., [2004], *Szacowanie luki popytowej dla gospodarki polskiej przy wykorzystaniu metody VECM*, Bank i Kredyt, luty 2004.
- Kammerling A., Stephan A., [2002], *The contribution of local public infrastructure to private productivity and its political economy: Evidence from a panel of large German cities*, Public Choice, Vol. 113, s. 403-22.
- Kamps C., [2006], *New estimates of government net capital stocks for 22 OECD countries, 1960-2001*, IMF Staff Papers, Vol. 53, s. 120-50.
- Munnell A.H., [January/February 1990a], *Why has productivity growth declined? Productivity and public investment*, New England Economic Review, s. 2-22.

- Munnell A.H., [September/October 1990b], *How does public infrastructure affect regional economic performance?*, *New England Economic Review*, s. 11-32.
- Nadiri M.I., Mamuenas T.P., [1996], *Contribution of highway capital to industry and national productivity growth*, Report prepared for Apogee Research Inc., for the Federal Highway Administration Office of Policy Development, <http://www.fhwa.dot.gov/reports/growth.pdf>.
- Romp W., de Haan J., [2005], *Public capital and economic growth: a critical survey*, *EIB Papers*, Vol. 10, No.1, s. 40-70.
- Shanks S., Barnes P., [2008], *Econometric modeling of infrastructure and Australia's productivity*, Internal Research Memorandum No. 08-01, Productivity Commission.
- Shijoji E., [2001], *Public capital and economic growth: A convergence approach*, „*Journal of Economic Growth*”, Vol. 6, s. 205-27.
- Stephan A., [2000], *Regional infrastructure policy and its impact on productivity: A comparison of Germany and France*, *Applied Economics Quarterly*, Vol. 46, s. 327-56.
- Stephan A., [2003], *Assessing the contribution of public capital to private production: Evidence from the German manufacturing sector*, *International Review of Applied Economics*, Vol. 17, s. 399-418.
- Tokarski T., [2008], *Oszacowanie regionalnych funkcji produkcji*, „*Wiadomości Statystyczne*” Nr 10, GUS, PTS.
- Wang E.C., [2002], *Public infrastructure and economic growth: a new approach applied to East Asian economic*, „*Journal of Policy Modeling*”, Vol. 24, s. 411-35.

## Aneks

### Dane wykorzystane w badaniu

W celu oszacowania funkcji produkcji dla Polski na panelu danych regionalnych wykorzystano następujące dane:

1. **PKB** – realne PKB (ceny stałe z 2000 r.) GUS publikuje dane o PKB w cenach bieżących w układzie regionalnym. Zostały one wyrażone w cenach z 2000 r., przy wykorzystaniu deflatora PKB dla całej gospodarki polskiej.
2. **Kapitał** – za wartość kapitału w gospodarce polskiej przyjęto wartość środków trwałych brutto w gospodarce narodowej. Źródłem danych są roczniki statystyczne poszczególnych województw, w których publikowane są dane o środkach trwałych brutto w cenach bieżących. Na potrzeby estymacji wartości zostały wyrażone w cenach z 2000 r., przy wykorzystaniu deflatora PKB (przyjęto zatem założenie, że zmiany cen kształtowały się w ten sam sposób we wszystkich sektorach). Jeśli do estymacji były wykorzystywane dane o wartości środków trwałych w dwóch sektorach: transport i łączność oraz wytwarzanie i zaopatrywanie w wodę, energię elektryczną oraz gaz (o czym niżej) jako miernik stanu infrastruktury, do estymacji wykorzystywano, jako miernika kapitału wartość brutto środków trwałych w gospodarce narodowej pomniejszoną o te dwa sektory.
3. **Praca** – jako nakład pracy przyjęto liczbę pracujących w gospodarce narodowej w poszczególnych regionach (baza danych regionalnych GUS). Lepszym wskaźnikiem byłaby liczba przepracowanych roboczogodzin w gospodarce, jednak brak jest dostępnych danych na ten temat.
4. **Infrastruktura** – w badaniu wykorzystano dwie miary infrastruktury. Pierwszą z nich jest wartość środków trwałych w sektorach: transport i łączność oraz wytwarzanie i zaopatrywanie w wodę, energię elektryczną oraz gaz. Źródłem danych były publikacje urzędów statystycznych poszczególnych województw. Dane są publikowane w cenach bieżących, w związku z czym zostały przekształcone i wyrażone w cenach stałych z 2000 r. Cztery województwa nie publikowały danych dotyczących sektora wytwarzanie i zaopatrywanie w wodę, energię elektryczną oraz gaz: łódzkie, lubelskie, pomorskie (tylko od 2005 r., wcześniejsze dane były publikowane) i warmińsko-mazurskie. Wartości te zostały oszacowane poprzez różnicę między wartością środków trwałych w sektorze przemysłowym i wartością środków trwałych w podsektorze przetwórstwo przemysłowe. Ze względu na to, dane mogą być w nieznaczny sposób zawyżone. Drugą metodą wyrażenia stanu infrastruktury było zastosowanie wskaźnika liczby kilometrów dróg, linii kolejowych oraz wodociągów i kanalizacji na 100 km<sup>2</sup> powierzchni.



## THE IMPACT OF INFRASTRUCTURE ON PRODUCTIVITY IN THE POLISH ECONOMY

### Summary

The paper focuses on the link between infrastructure and productivity in the Polish economy. The researcher aims to estimate the direct elasticity of GDP with regard to infrastructure and check the indirect influence of infrastructure on productivity. The adopted research method is based on estimating a three-factor production function for Poland, covering capital, labor and infrastructure. Two forms of the production function were adopted, the Cobb-Douglas function and the translog function. The production function was estimated on the basis of data for Poland's 16 provinces in 2000-2006.

The findings obtained by the author show that infrastructure is an important factor influencing production. The estimated direct elasticity of GDP to infrastructure ranged from 0.11 to 0.22 depending on the production function and the variables used. This level of elasticity is compatible with research findings for other countries, the author says. However, Mackiewicz-Łyziak's research yielded no conclusive findings on the influence of infrastructure on productivity in the case of other production factors.

**Keywords:** infrastructure, productivity, production function, Cobb-Douglas function, translog function, province