

Marcin MICZKA

Instytut Metalurgii Żelaza im. Stanisława Staszica w Gliwicach

Zakład Analiz Ekonomicznych

FUNKCJA PRODUKCJI W MODELOWANIU GOSPODARKI OPARTEJ NA WIEDZY

Streszczenie. W artykule przedstawiono teoretyczne podstawy teorii funkcji produkcji oraz jej empiryczną weryfikację dla danych obejmujących 23 działy polskiego przemysłu w latach 1995-2008. Zastosowano ekonometryczną metodykę analizy szeregów przekrojowo-czasowych, nazywaną badaniami panelowymi. Zweryfikowano siłę i kierunek zależności pomiędzy łączną produktywnością czynników produkcji (*TFP – Total Factor Productivity*) oraz intensywnością działalności badawczo-rozwojowej i poziomem kapitału ludzkiego.

Słowa kluczowe: funkcja produkcji, TFP, przemysł, badania panelowe

PRODUCTION FUNCTION AND KNOWLEDGE BASED ECONOMY MODELING

Summary. The paper presents the foundations of the theory of the production function and its empirical verification of data covering 23 branches of Polish industry in the years 1995-2008. Econometric methodology of time series and cross section data have been used, called panel data analysis. It examined the strength and direction of the relationship between the TFP – Total Factor Productivity and the intensity of R & D activities and the level of human capital.

Keywords: production function, TFP, industry, panel data

1. Wstęp

W ostatnich latach przed naukami ekonomicznymi stanęły wyzwania związane z transformacją współczesnej gospodarki w kierunku gospodarki opartej na wiedzy i innowacji, która przeciwstawiana jest dominującej od XIX wieku gospodarce

przemysłowej. Teoretyczną podstawą budowy modeli, opisujących mechanizmy rozwoju tego rodzaju systemu, zwykle jest endogeniczna teoria wzrostu. Badania empiryczne, nawiązujące do tego nurtu, w przeważającej części dotyczą wyjaśnienia zróżnicowania we wzroście łącznej produktywności czynników produkcji, występującego pomiędzy gospodarkami w skali całego świata. Z reguły jest ono wynikiem różnych możliwości generowania, absorpcji i wykorzystania odpowiednich form kapitału wiedzy¹. Podstawowym narzędziem analizy efektów oddziaływania takiego kapitału jest odpowiednio zmodyfikowana funkcja produkcji².

Przejsie do analiz na niższym poziomie agregacji³, a więc na poziom działów przemysłu, wydaje się być konieczne dla prawidłowego opisu mechanizmów rozwoju gospodarki opartej na wiedzy. Zgodnie ze Strategią Rozwoju UE – Europa 2020 oraz Komunikatem Komisji Europejskiej pt.: „*An Integrated Industrial Policy for the Globalisation Era – Putting Competitiveness and Sustainability at Centre Stage*” z roku 2010, *wzrost gospodarczy oraz wzrost zatrudnienia powinny być oparte na silnym, zróżnicowanym i konkurencyjnym przemyśle europejskim, oferującym dobrze płatne miejsca pracy oraz efektywnie wykorzystującym istniejące zasoby*. Teoretycznym narzędziem opisującym relacje pomiędzy produkcją (wynikami procesu produkcyjnego), zatrudnieniem i kapitałem (zasobami, nakładami w procesie produkcyjnym) jest funkcja produkcji, a analiza na niższym poziomie agregacji, z wykorzystaniem danych przekrojowo-czasowych, dla 23 działów przemysłu polskiego w latach 1995-2008 jest celem niniejszego artykułu.

2. Cechy charakterystyczne gospodarki przemysłowej i gospodarki opartej na wiedzy

Wiek XIX i XX to w nowoczesnych gospodarkach okres dominacji działalności przemysłowej, zapoczątkowany tzw. Rewolucją Przemysłową. Gospodarka zasobami naturalnymi oraz usługi i informacja stanowiły wtedy stosunkowo mniejszy wkład w procesie wytwarzania dóbr i usług. Podstawowe cechy charakterystyczne tych trzech systemów pokazano w tabeli 1.

¹ Welfe W.: Long-term macroeconomic models. The case of Poland. „Economic Modelling”, No. 28, 2011.

² Welfe W. (red.): Makroekonometryczny model gospodarki opartej na wiedzy. Uniwersytet Łódzki, Warszawa 2009.

³ Sztudynger J.J.: Wzrost gospodarczy a kapitał społeczny, prywatyzacja i inflacja. PWN, Warszawa 2005.

Tabela 1

Porównanie cech charakterystycznych systemów społeczno-gospodarczych

	Gospodarka zasobami naturalnymi	Gospodarka przemysłowa	Gospodarka oparta na wiedzy i innowacji
1	2	3	4
Podstawy produkcji	Grunt i ziemia	Fabryki, surowce, kapitał, ludzie jako wartości stowarzyszone	Pomysły, indywidualność, kreatywność
Surowce pierwotne	Plony, później kruszce	Metale, kopalne nośniki energii, kapitał	Informacja, kształcenie
Najważniejsze dobra	Produkty spożywcze, przedmioty rzemieślnicze (rękodzielnicze)	Produkowane masowo artefakty	Wiedza i innowacje technologiczne
Pierwotna struktura społeczna	Zdecentralizowana na wsi	Scentralizowana, narodowa	Zdecentralizowana, zglobalizowana
Pierwotne miejsca pracy	Pola, gospodarstwa domowe	Fabryki, biura, gospodarstwa domowe (kobiety)	Mieszanka składająca się z podróży, domu, biura
Struktura klasowa	Ściśle horyzontalny podział: arystokracja vs. pańszczyzna lub chłopci małorolni	Spółczeństwo klasowe, społeczeństwo masowe	Zindywidualizowane społeczeństwo wieloopcyjne
Pierwotna organizacja rodziny	Rodziny wielodzietne	Małe rodziny	Rozwinięta rodzina typu patchwork
Pierwotna forma zarządzania	Autorytarna hierarchia przemocy	Hierarchia sterowana biurokratycznie	Zarządzanie sieciowe
Polityczna forma organizacji	Feudalizm	Demokracja partyjna lub socjalizm państwowy	Demokracja uczestnicząca
Podstawowa struktura demograficzna	Małe miasta i wsie	Duże miasta	Mobilne, bezmiejskowe style życia
Dynamika demograficzna	Stabilne zaludnienie wskutek wysokiej śmiertelności	Szybki przyrost ludności	Kurczenie się zaludnienia poprzez efekty zindywidualizowania
Demografia wg wieku	Młoda ludność, wysoka umieralność	Dominuje wiek średni (zatrudnieni)	Starzejące się społeczeństwo
Źródła energii	Źródła naturalne, również praca ludzka (niewolnicy)	Nieodnawialna energia, zasoby kopalne	Naturalna energia, high-tech
Pierwotne formy wiary	Wiara w naturę, potężne kościoły	Sekularyzacja	Nowa duchowość
Pierwotna forma wymiany produktów	Handel pożyczkowy i wymienny	Klasyczny handel pieniędzmi	Gospodarka pieniężna i nowe formy handlu wymiennego (barter)
Dominujący typ pracownika	Chłop	Robotnik	Samodzielny pracownik o wysokiej wiedzy
System wychowania	Elitarny, tylko dla arystokracji	Masowe, publiczne kształcenie	Nowe kształcenie indywidualne
Dominujące wartości/Style życia	Honor, wierność, strach przed Bogiem	Sumienność, porządek, dobrobyt materialny	Tolerancja, komunikacja, zdrowie psychospołeczne
Kształtowanie świadomości	Przynależność do klanów, religii, tradycji; animistyczne i magiczne podejście do świata	Racjonalność i funkcjonalność	Open mind (otwarty umysł)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Flejerski S., Wahl P.T.: *Ekonomia globalna, synteza*. Diffin, Warszawa 2003.

Pomimo powszechnie przyjętego terminu „Rewolucja przemysłowa” określającego gwałtowne zmiany w gospodarce, jakie nastąpiły w wieku XIX, początków procesów transformacyjnych można doszukiwać się już w wieku XVI, kiedy ukształtowała się kultura Oświecenia oraz w wiekach XVII-XVIII, kiedy Galileusz, Kartezjusz i Newton stworzyli podstawy nowoczesnej metody naukowej. Niewątpliwie jednak przełom technologiczny związany był z gwałtownymi procesami, jakie zaszły w Wielkiej Brytanii około 200 lat temu.

W okresie tym zaistniała wyjątkowa relacja pomiędzy wynagrodzeniami za pracę i cenami, które miały istotny wpływ na uruchomienie procesów innowacyjnych. Płace w Wielkiej Brytanii były znacząco wyższe od płac oferowanych w pozostałych krajach Europy czy Azji. Jednocześnie ceny kapitału (stopy procentowe) i energii były stosunkowo niskie. Dało to impuls do podjęcia przez przedsiębiorców wysiłków mających na celu zastąpienie ludzkiej pracy przez kapitał rzeczowy i energię⁴, co można uznać za cechę charakterystyczną gospodarki przemysłowej.

Z drugiej strony wysokie wynagrodzenia powodowały, że rósł popyt na towary luksusowe, co również przyczyniło się do uruchomienia procesów innowacyjnych, ponieważ wytwarzanie takich dóbr, zwykle wymaga zastosowania wysokiej techniki i technologii. Stosowanie takich rozwiązań wymagało również nabycia nowych umiejętności przez pracowników.

W fazie transformacji systemu w kierunku gospodarki opartej na wiedzy i innowacji, struktura wytwarzania znowu ulega zmianie. Działalność przemysłowa pozostaje jednak nadal istotnym składnikiem wielu rozwiniętych gospodarek rynkowych. Przemiany zachodzą natomiast w samych przedsiębiorstwach i sektorach, a to wymaga uzupełnienia klasycznego lub wypracowania nowego podejścia do analizy takich organizacji gospodarczych. Wynikiem procesów transformacyjnych jest *fundamentalna zmiana definicji przedsiębiorstwa produkcyjnego, które przestaje być podmiotem wytwarzającym produkty i staje się podmiotem kreującym wiedzę*⁵.

3. Teoria funkcji produkcji

W retrospekcji rozwoju myśli ekonomicznej Mark Blaug stwierdził [Blaug, 2000]:

„W neoklasycznej koncepcji postępu technicznego, jako przesunięć funkcji produkcji roi się od trudności, a samo wyobrażenie funkcji produkcji jako czegoś, co jest zdeterminowane względami czysto technicznymi i w czym nie ma ani śladu wpływu cen czynników wytwórczych, natychmiast się załamuje z chwilą, gdy tylko zaakceptujemy ideę,

⁴ Allen R.C.: Why the industrial revolution was British: commerce, induced invention and scientific revolution. „The Economic History Review”, No. 64, 2011

⁵ Kodama F.: Emerging patterns of Innovation. Sources of Japan's technological edge. Boston 1995.

ze przewidywania przyszłości oddziałują na bieżące decyzje o produkcji. Za podejściem neoklasycznym przemawia to, że dostarcza nam ono znaczącej struktury logicznej, porządkującej naszą wiedzę o postępie technicznym oraz że nie dysponujemy niczym innym, co można by z przekonaniem wstawić na jej miejsce. Jest to obrona, która z dnia na dzień staje się coraz mniej przekonująca. Książki takie, jak Nelsona i Wintera *Evolutionary Theory of Economic Change* (1982) to zaledwie drobne zapowiedzi nowego sposobu patrzenia na przedsiębiorstwa jako złożone organizacje, które w miarę zdobywania wiedzy o nowych technologiach produkcji stale badają nowe możliwe granice produkcji; te dynamiczne teorie zachowania się przedsiębiorstw czerpią inspirację nie z Hicksa i Harroda, ale raczej z Josepha A. Schumpetera i Herberta Simona”.

W 1994 roku P.M. Romer wyróżnił podejście neoschumpeterowskie, jako jedno z najważniejszych w rozwoju neoklasycznej, endogenicznej teorii wzrostu gospodarczego⁶. W związku z tym teoria ta może być traktowana jako pomost łączący klasyczne podejście do analizy systemu gospodarczego i ekonomię ewolucyjną (ekonomię złożoności).

Podstawowym narzędziem stosowanym w analizie wzrostu gospodarczego jest funkcja produkcji. Jej modyfikacja przedstawiona przez Roberta Solowa w roku 1950 jest odpowiednim narzędziem do modelowania gospodarki opartej na wiedzy i innowacji. Koncepcja takiego systemu gospodarczego jest pojęciem nie do końca sprecyzowanym. Można jednak przyjąć założenie, że oznaką dominacji tego rodzaju systemu jest wzrost nakładów na badania i rozwój (B+R) oraz nakładów na edukację, przekraczający tempo wzrostu wydatków na środki trwałe. Innym kryterium oceny jest przekroczenie odpowiednio wysokiego progu udziału przyrostu łącznej produktywności czynników produkcji (TFP – Total Factor Productivity) w przyroście PKB. Jest to jednoznaczne z przyjęciem założenia, że w gospodarce opartej na wiedzy maleje znaczenie przyrostu środków trwałych i zatrudnienia jako czynników produkcji. Ogólna postać rozszerzonej funkcji produkcji wygląda następująco:

$$Y_t = B W X_t A_t K_t^\alpha L_t^{(\alpha-1)} e^{\varepsilon_t} \quad (1)$$

gdzie:

Y_t – efektywny PKB,

$W X_t$ – stopień wykorzystania potencjału produkcyjnego,

B – stała,

A_t – TFP (Total Factor Productivity),

K_t – wartość brutto środków trwałych w cenach stałych,

L_t – liczba pracujących,

α – elastyczność produkcji względem środków trwałych,

ε_t – składnik losowy.

⁶ Romer P.M.: The origins of endogenous growth. „Journal of Economic Perspectives”, Vol. 8, No.1, 1994.

Potencjalny PKB wyznaczany jest z równania:

$$Y_t^p = BK_t^\alpha L_t^{(1-\alpha)} \quad (2)$$

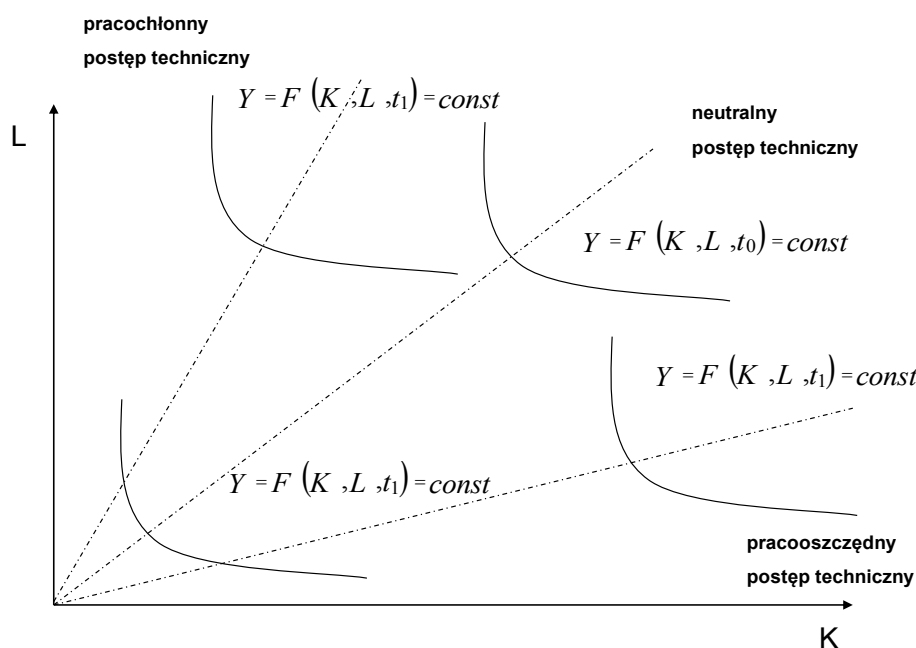
Reszta Solowa, przyjmowana jako miara TFP, czyli miara postępu organizacyjno-technicznego, wyznaczana jest z równania⁷.

$$\dot{Y}_t - \dot{Y}_t^p = \dot{W}X_t + \dot{A}_t \quad (3)$$

gdzie ($\dot{\square}$)- oznacza tempo wzrostu zmiennej.

Poszukiwanie źródeł postępu organizacyjno-technicznego (źródeł innowacyjności), co jest głównym celem modelowania gospodarki opartej na wiedzy, sprowadza się do wyjaśnienia zmian w reszcie Solowa, czyli budowie modeli ekonometrycznych, w których zmienną objaśnianą (endogeniczną) jest TFP (łączna produktywność czynników produkcji).

Przyjęcie założenia, że suma parametrów mierzących elastyczności produkcji względem nakładów równa się jeden, jest równoznaczne z przyjęciem założenia o istnieniu neutralnego postępu technicznego (rys. 1).



Rys. 1. Izokwenty funkcji produkcji (potencjalnej) dla różnych rodzajów postępu technicznego
Fig. 1. Isoquants of production function (potential) for different types of technical progress
Źródło: Opracowanie własne.

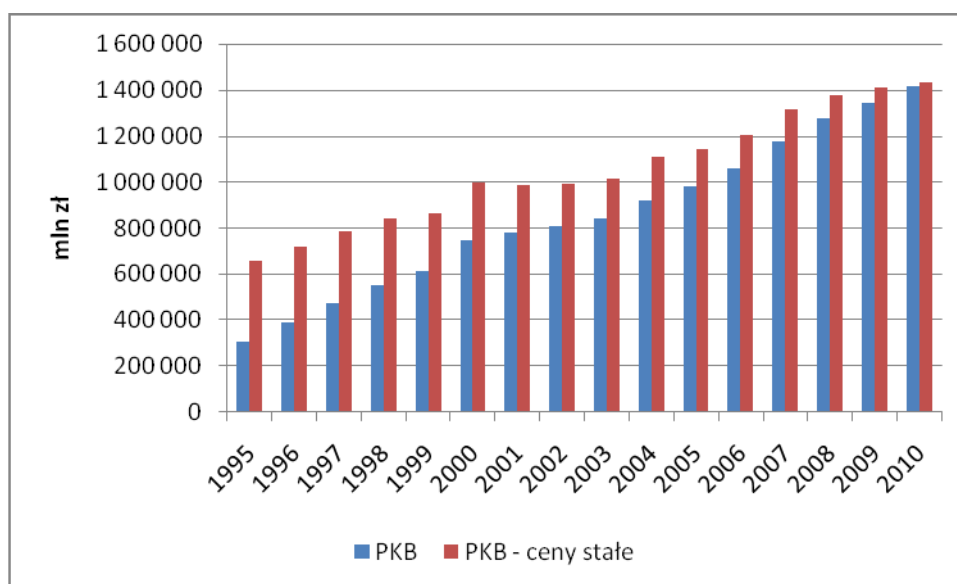
⁷ W dalszych analizach nie uwzględniono stopnia wykorzystania potencjału produkcyjnego.

Funkcja produkcji najczęściej stosowana jest w modelach makroekonometrycznych, jako część opisująca proces generowania produkcji potencjalnej⁸. Jej postać pozwala również na stosowanie jej w analizach prowadzonych na poziomie mezo-⁹ i mikroekonomii^{10,11,12}.

4. Analiza danych dla gospodarki Polski

Poniżej przeanalizowano podstawowe dane opisujące sferę wytwarzania w gospodarce polskiej.

Miarą wyniku procesu produkcyjnego w gospodarce jest Produkt Krajowy Brutto, którego wartości w cenach bieżących i cenach stałych przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Wartość Produktu Krajowego Brutto w gospodarce Polski w latach 1995-2010

Fig.2. Value of Gross Domestic Product in the Polish economy in the years 1995-2010

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS.

⁸ Welfe W.: Long-term..., op.cit.

⁹ Sztudynger J.J.: op.cit.

¹⁰ Grabowski P.: Funkcja produkcji w zarządzaniu przedsiębiorstwem. Kwartalnik Naukowy Organizacja i Zarządzanie, nr 1(17). Politechnika Śląska, Gliwice 2012.

¹¹ Miczka M.: Strukturalne modelowanie ekonometryczne ewolucji obiektu gospodarczego. „Wiadomości Statystyczne”, nr 7, 2008.

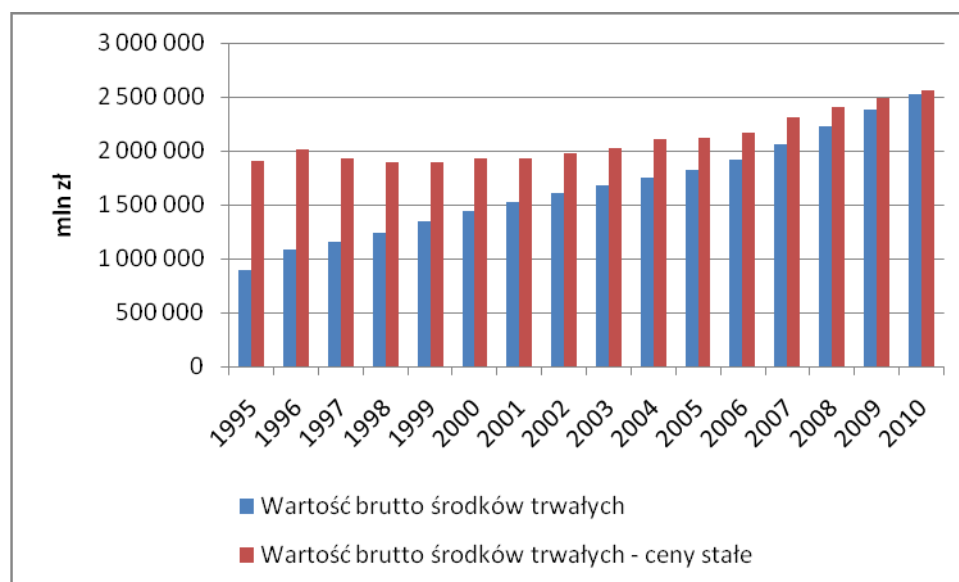
¹² Barczak A.S.: Modelowanie ewolucji obiektu gospodarczego, [w:] Zeliaś A. (red.): Przestrzenno-czasowe modelowanie i prognozowanie zjawisk gospodarczych. Akademia Ekonomiczna, Kraków 2002.

Produkt Krajowy Brutto jest miarą wytworzonej wartości, która może być następnie rozdysponowana na spożycie i inwestycje w gospodarce. Na wartość tę składają się:

- koszty związane z zatrudnieniem,
- podatki minus dotacje związane z produkcją i importem,
- nadwyżka operacyjna brutto.

Obserwowany jest systematyczny wzrost PKB, czyli w przeważającej mierze wartości dodanej w gospodarce. Wzrost wszystkich wymienionych kategorii wartości wytwarzanej w gospodarce może być zapewniony przez wzrost liczby przedsiębiorstw, co powinno być jednym z podstawowych celów polityki gospodarczej, zapewniającym pełne wykorzystanie potencjału produkcyjnego.

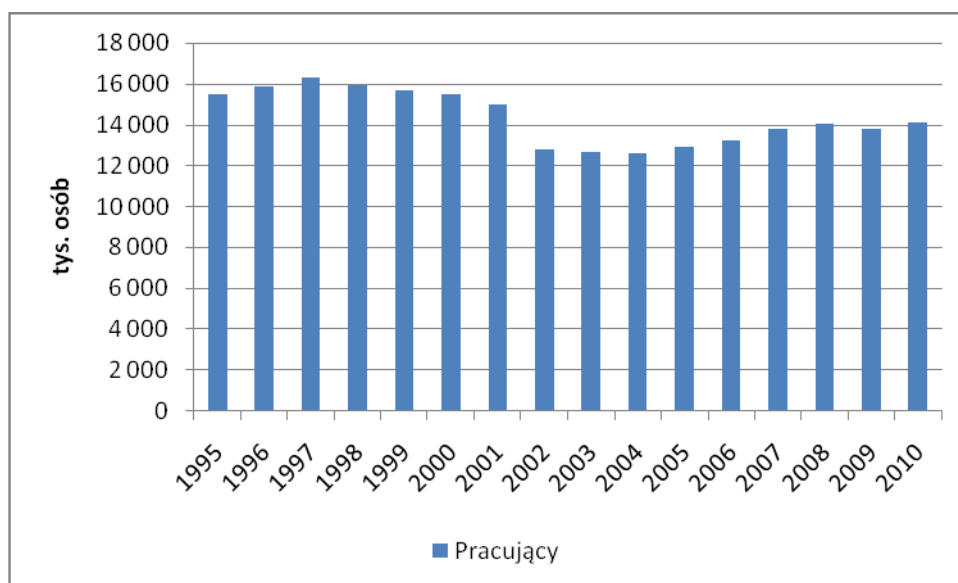
Podstawowymi czynnikami produkcji są środki trwałe, których miarą jest wartość brutto środków trwałych oraz pracownicy, których miarą jest liczba zatrudnionych (rys. 3 i 4).



Rys. 3. Wartość brutto środków trwałych w gospodarce Polski w latach 1995-2010

Fig. 3. The gross value of fixed assets in the Polish economy in the years 1995-2010

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS.

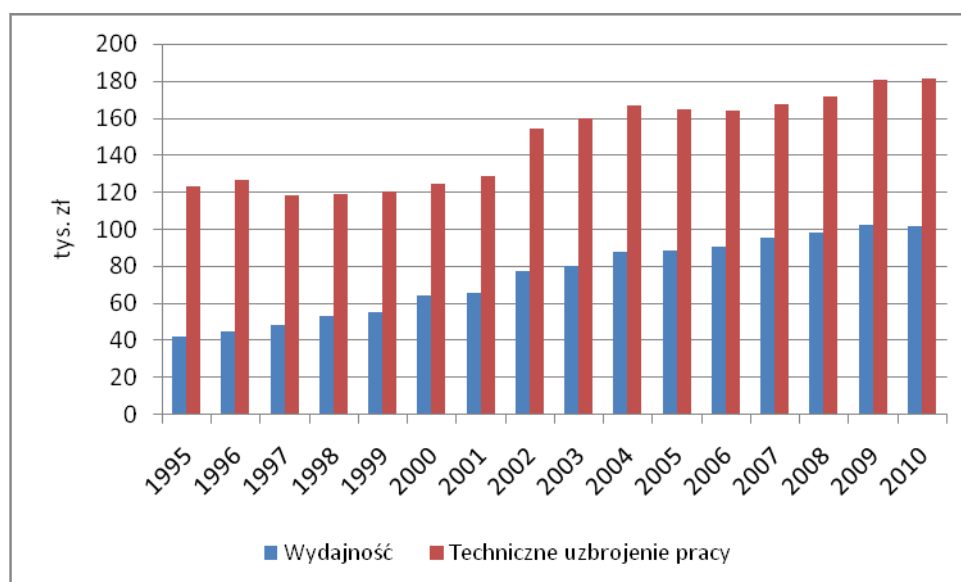


Rys. 4. Liczba pracujących w gospodarce Polski w latach 1995-2010

Fig. 4. The number of persons employed in the Polish economy in the years 1995-2010

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS.

Przekształcanie czynników produkcji w wynik procesu produkcyjnego może być przedstawione jako relacja wydajności pracy i technicznego uzbrojenia pracy (w cenach stałych). Relację tę pokazano na rysunku 5, gdzie porównano roczną wartość PKB w przeliczeniu na pracującego oraz wartość brutto środków trwałych w przeliczeniu na pracującego.

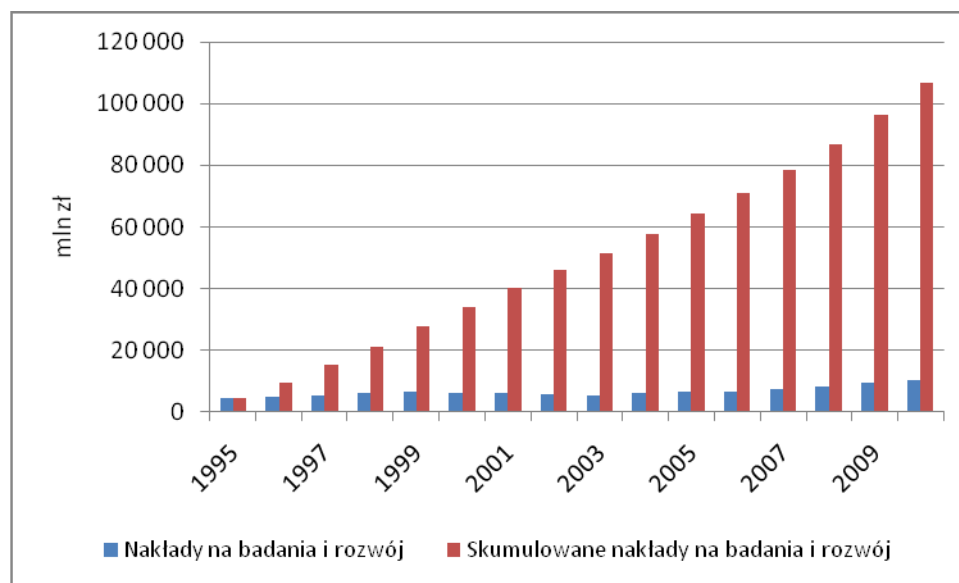


Rys. 5. Wydajność pracy i techniczne uzbrojenie pracy w gospodarce Polski w latach 1995-2010

Fig. 5. Labour productivity and technical equipment in the workplace in the Polish economy in the years 1995-2010

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS.

Zgodnie z klasyczną teorią produkcji, źródłem wzrostu wydajności w gospodarce jest wzrost technicznego uzbrojenia pracy. Postęp organizacyjno-techniczny traktowany jest egzogenicznie. Natomiast zgodnie z teorią wzrostu endogenicznego postęp taki jest jednym z czynników produkcji i jest powodowany przede wszystkim wzrostem wydatków na badania i rozwój oraz wzrostem poziomu kapitału ludzkiego. Poziom nakładów na badania i rozwój pokazano na rysunku 6.

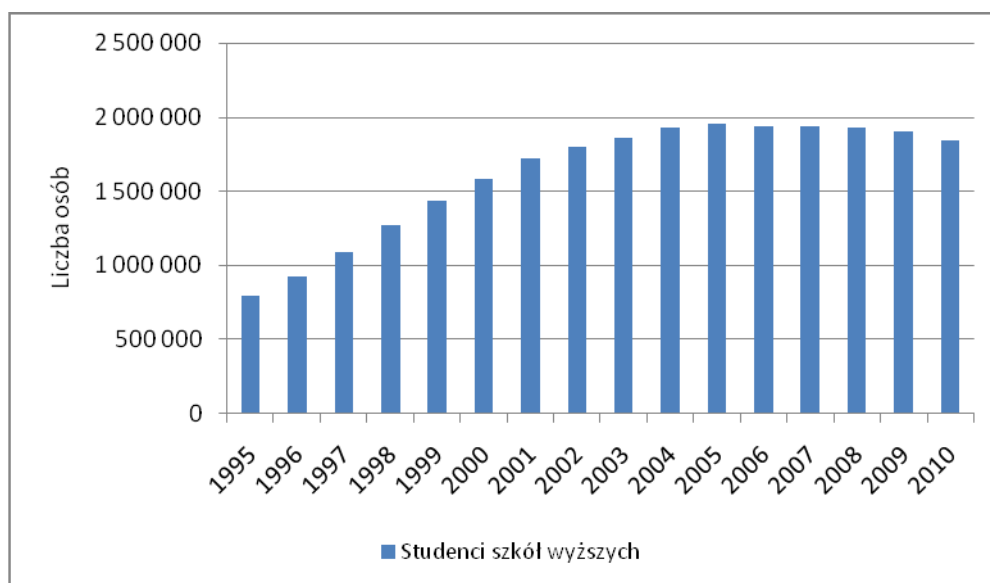


Rys. 6. Poziom nakładów na badania i rozwój w gospodarce Polski (ceny stałe)

Fig. 6. The level of investment in research and development in the Polish economy (constant prices)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS.

Najprostszą miarą kapitału ludzkiego jest liczba osób z odpowiednim wykształceniem. Na rysunku 7 pokazano liczbę studentów szkół wyższych.



Rys. 7. Liczba studentów szkół wyższych w gospodarce Polski w latach 1995-2010

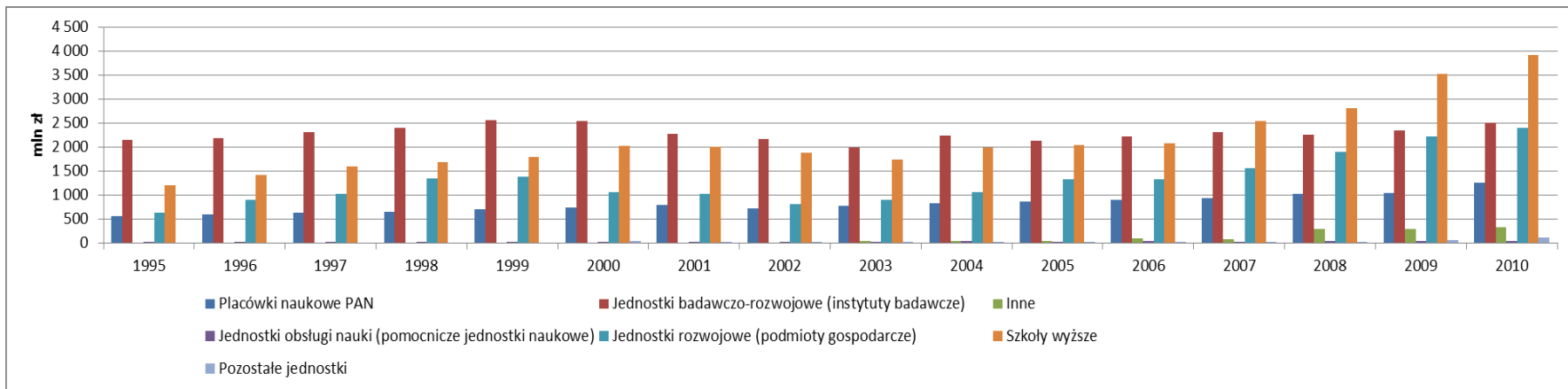
Fig. 7. Number of students in higher education in the Polish economy in the years 1995-2010

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS.

Dane o strukturze wydatków na badania i rozwój GUS publikuje między innymi w przekroju przez jednostki zajmujące się działalnością badawczo-rozwojową oraz podstawowe dziedziny nauki. Dane w przekroju przez instytucje pokazano na rysunku 8.

Dane w przekroju przez dziedziny nauki pokazano na rysunku 9.

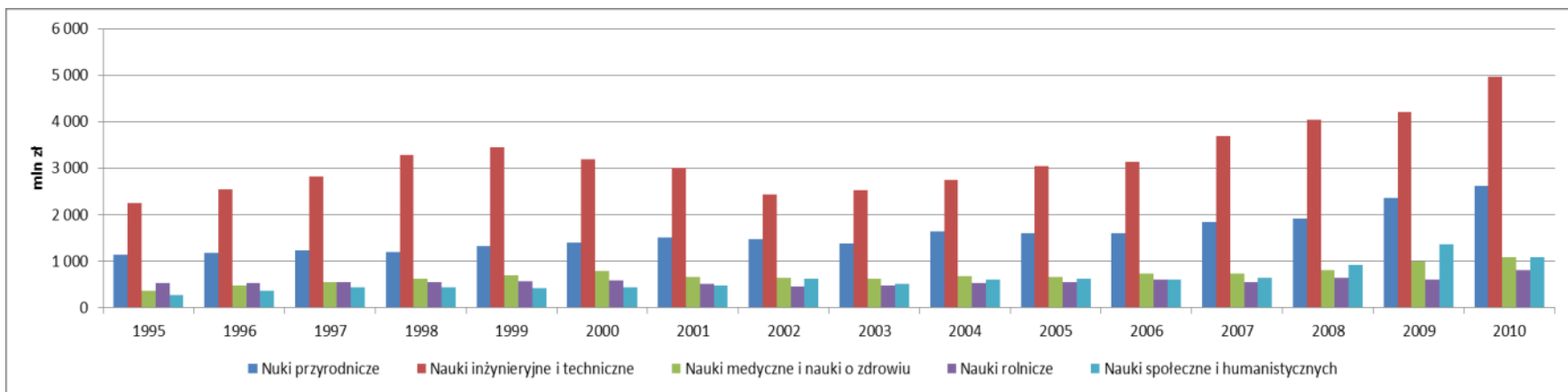
W 2010 roku 37% nakładów na działalność badawczą i rozwojową w Polsce, poniesione było w szkołach wyższych, 24% w instytutach badawczych, a 23% w podmiotach gospodarczych (jednostkach rozwojowych). Odnosząc się do przekroju przez dziedziny nauki, 47% nakładów poniesiono w dziedzinie nauki inżynieryjne i techniczne, a 25% w dziedzinie nauki przyrodnicze. Na rysunkach 10 i 11 pokazano dane w przeliczeniu na zatrudnionego.



Rys. 8. Nakłady na działalność badawczą i rozwojową w przekroju przez jednostki

Fig. 8. Expenditure on research and development in the cross-section of the unit

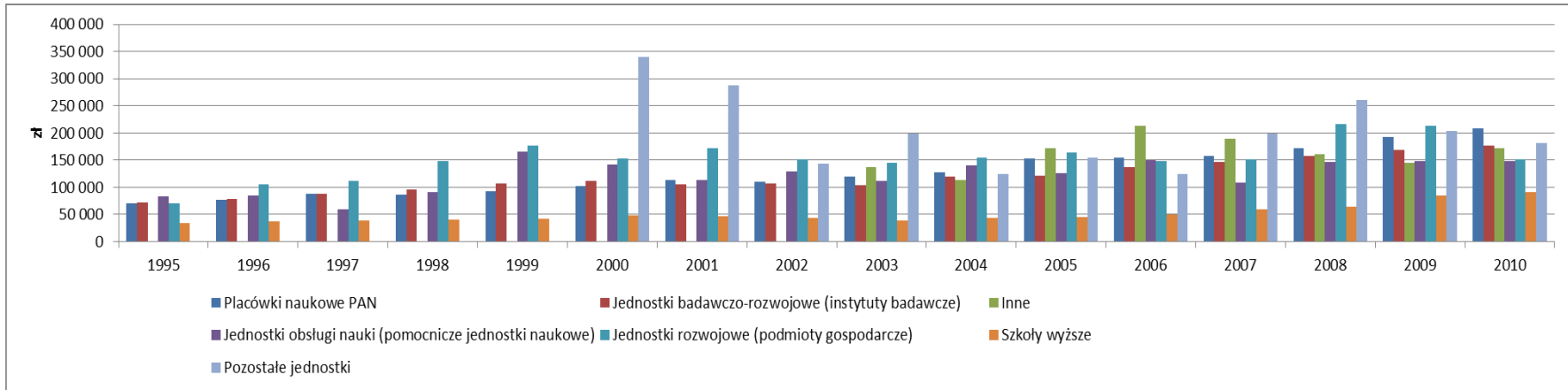
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS.



Rys. 9. Nakłady na działalność badawczą i rozwojową w przekroju przez dziedziny nauki

Fig. 9. Expenditure on research and development in the sections of kinds of science

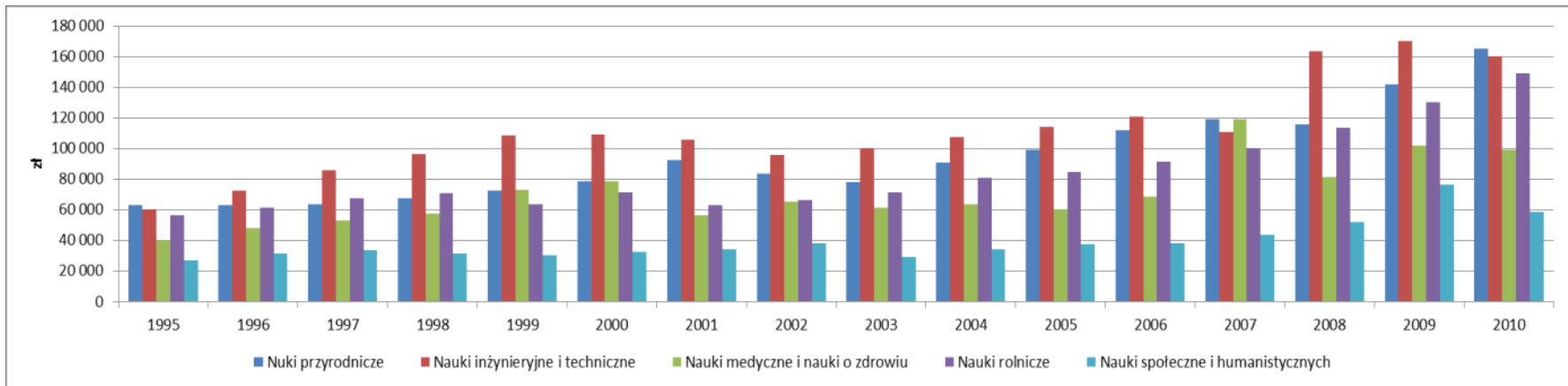
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS.



Rys.10. Nakłady na działalność badawczą i rozwojową w przekroju przez jednostki w przeliczeniu na zatrudnionego

Fig. 10. Expenditure on research and development in the cross-section of the unit in terms of employee

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS.



Rys. 11. Nakłady na działalność badawczą i rozwojową w przekroju przez dziedziny nauki, w przeliczeniu na zatrudnionego

Fig. 11. Expenditure on research and development in the field of cross-sectional study, based on the employee

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS.

W 2010 roku średnie nakłady na działalność badawczą i rozwojową w przeliczeniu na zatrudnionego wyniosły 129 tys. zł rocznie. Największe nakłady poniesiono w placówkach naukowych PAN (208 tys. zł) i instytutach badawczych (176 tys. zł). Odnosząc się do przekroju przez dziedziny nauki, największe nakłady poniesiono w dziedzinie nauk przyrodniczych (165 tys. zł) oraz nauk inżynieryjnych i technicznych (160 tys. zł). W stosunku do roku 1995 odnotowano następujący wzrost w poszczególnych kategoriach (tabela 2).

Tabela 2

Przyrost nakładów na badania i rozwój w latach 1995-2010 (ceny stałe)

Nakłady na badania i rozwój	W sumie	Na zatrudnionego
W przekroju przez jednostki		
Ogółem	2,3	2,4
Placówki naukowe PAN	2,2	3,0
Jednostki badawczo-rozwojowe (instytuty badawcze)	1,2	2,5
Inne	-	-
Jednostki obsługi nauki (pomocnicze jednostki naukowe)	6,2	1,8
Jednostki rozwojowe (podmioty gospodarcze)	3,8	2,2
Szkoły wyższe	3,3	2,7
Pozostałe jednostki	-	-
W przekroju przez dziedziny nauki		
Ogółem	2,3	2,4
Nauki przyrodnicze	2,3	2,6
Nauki inżynieryjne i techniczne	2,2	2,7
Nauki medyczne i nauki o zdrowiu	3,0	2,5
Nauki rolnicze	1,5	2,6
Nauki społeczne i humanistycznych	4,1	2,2

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS

5. Weryfikacja empiryczna z zastosowaniem metodyki badań panelowych

Do weryfikacji empirycznej teorii funkcji produkcji na niższym poziomie agregacji gospodarki (mezoekonomii) zastosowano metodykę badań panelowych. Jest to jedna z metod ekonometrycznych stosowanych w analizie szeregów przekrojowo-czasowych. Pozwala ona ocenić wpływ zróżnicowania jednostek gospodarczych na zjawiska zachodzące w systemie.

Analiza ekonometryczna została przeprowadzona dla danych publikowanych przez GUS, opisujących 23 działy polskiego przemysłu w latach 1995-2008 (14 lat). Daje to maksymalnie 322 obserwacje dla każdej zmiennej. Przeanalizowano następujące zmienne:

Y_1 – produkcja sprzedana w zł,

Y_2 – wartość dodana brutto w zł,

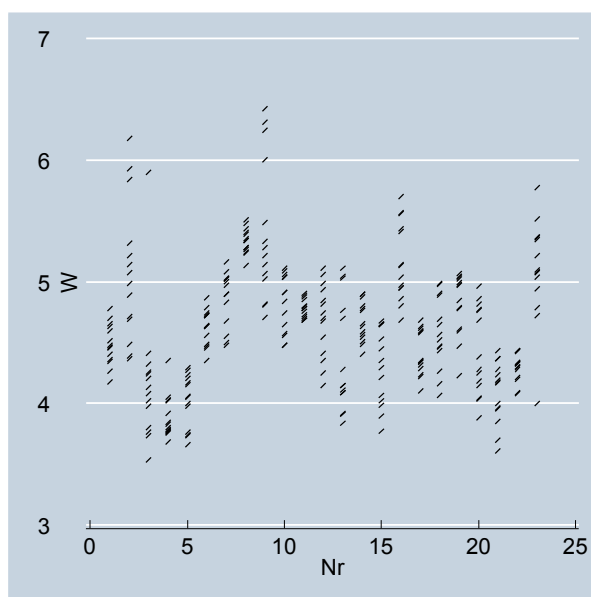
X_1 – przeciętne zatrudnienie w osobach,

X_2 – wartość brutto środków trwałych w zł,

X_3 – nakłady wewnętrzne na działalność B+R w zł,

X_4 – przeciętne zatrudnienie na stanowiskach nierobotniczych w osobach.

Dane zostały sprowadzone do cen stałych z roku 2011, za pomocą deflatora PKB oraz zlogarytmowane. Poziom wydajności pracy w poszczególnych działach przemysłu przedstawiono na rysunku 12.



Rys. 12. Wydajność pracy ($W = \ln Y_2 - \ln X_1$) w poszczególnych działach przemysłu (Nr) w latach 1995-2008

Fig. 12. Labour productivity ($W = \ln Y_2 - \ln X_1$) in various branches of industry (Nr) in 1995-2008
Źródło: Opracowanie własne.

Analizy rozpoczęto od oszacowania parametrów funkcji produkcji (równanie 4) Klasyczną Metodą Najmniejszych Kwadratów:

$$\ln Y_2 = const + \alpha_1 \ln X_1 + \alpha_2 \ln X_2 + u_t \quad (4)$$

gdzie u_t to składnik resztowy.

Na parametry równania 4 nałożono następującą restrykcję 5 (warunek poboczny):

$$\alpha_1 + \alpha_2 = 1 \quad (5)$$

W takiej postaci jest to funkcja opisująca produkcję potencjalną, przy założeniu istnienia neutralnego postępu technicznego.

Wyniki estymacji Klasyczną Metodą Najmniejszych Kwadratów przedstawiono w tabeli 3.

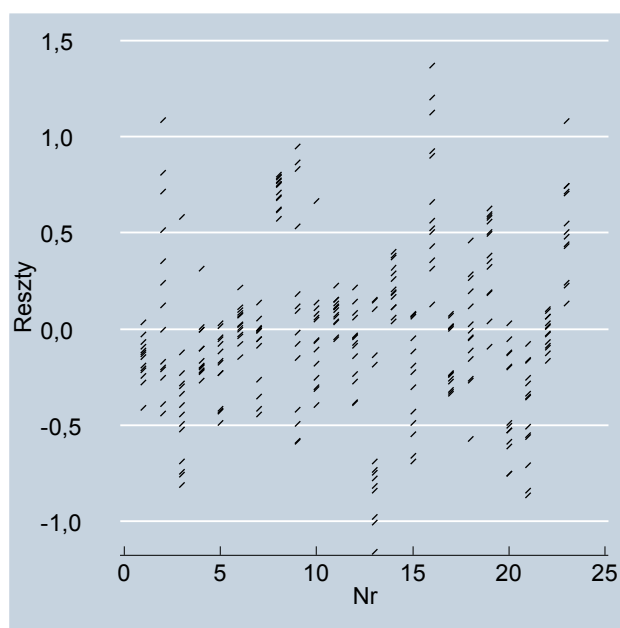
Tabela 3

Wyniki estymacji parametrów funkcji produkcji z nałożoną restrykcją

	Współczynnik	Błąd stand.	t	P > t
$\ln x_1$	0,6457	0,028	22,89	0,000
$\ln x_2$	0,3542	0,028	12,56	0,000
const	2,8591	0,143	19,98	0,000

Źródło: Opracowanie własne.

Reszty funkcji produkcji z nałożoną restrykcją (równanie 1) pokazano na rysunku 13.



Rys. 13. Reszty równania z nałożoną na parametry restrykcją w zależności od numeru działu (Nr)
 Fig. 13. The errors of the equations with the restriction imposed on the parameters according to the branch number (Nr)

Źródło: Opracowanie własne.

Reszty interpretowane są jako miara postępu technicznego (TFP). Podjęto próbę objaśnienia przyrostu tych reszt za pomocą zmiennych opisujących intensywność wydatków na badania i rozwój oraz poziom kapitału ludzkiego.

W przypadku gdy badane obiekty nie są jednorodne (istnieją efekty indywidualne), należy określić założenia co do ich niejednorodności oraz uwzględnić tę własność w modelu. Przy założeniu efektów indywidualnych wyróżniane są dwa podejścia do estymacji parametrów równań regresji¹³:

- estymator *fixed effect* (fe), z efektami ustalonymi,
- estymator *random effect* (re), z efektami losowymi.

¹³ Baltagi B.H.: *Econometric Analysis of Panel Data*. John Wiley & Sons, Ltd., UK 2012.

W przypadku estymatora fe zakładane jest, że efekty indywidualne nie są przypadkowe i możliwe jest ich oszacowanie. Stała w tym przypadku szacowana jest oddzielnie dla każdego działu przemysłu. W przypadku estymatora re , efekty indywidualne traktowane są jako losowe i stają się one fragmentem składnika losowego.

W celu objaśnienia źródeł postępu organizacyjno-technicznego oszacowano parametry równania regresji następującej postaci¹⁴:

$$\Delta TFP = const + \alpha_2 KL + \alpha_4 IBR + u_i \quad (6)$$

gdzie:

ΔTFP – przyrost reszt równania (1) z nałożoną na parametry restrykcją (równanie (5)), oszacowanymi dla 23 działów przemysłu w latach 1995-2008,

$KL = X_3/X_1$ – miara kapitału ludzkiego, stosunek przeciętnego zatrudnienia na stanowiskach nierobotniczych do przeciętnego zatrudnienia w dziale przemysłu,

$IBR = X_4/Y_1$ – miara intensywności działalności badawczo-rozwojowej, stosunek nakładów wewnętrznych na badania i rozwój do produkcji sprzedanej,

Estymacja parametrów równania (6) pokazała, że parametr stojący przy zmiennej mierzącej intensywność działalności badawczo-rozwojowej nie był istotny statystycznie. W związku z tym zmiany w TFP objaśniono za pomocą miary kapitału ludzkiego. Wyniki estymacji z wykorzystaniem estymatorów re i fe pokazano w tabeli 4.

Tabela 4

Wyniki estymacji parametrów równania (6) bez zmiennej IBR¹⁵

	Współczynnik	Błąd stand.	t	P > t
estymator <i>fixed effect</i> (fe), z efektami ustalonymi				
KL	0,900	0,143	6,26	0,000
const	-0,282	0,051	-5,45	0,000
estymator <i>random effect</i> (re), z efektami losowymi				
KL	0,243	0,081	2,99	0,003
const	-0,056	0,031	-1,76	0,079

Źródło: Opracowanie własne.

Z przeprowadzonych analiz wynika, że postęp organizacyjno-techniczny w gospodarce Polski w latach 1995-2008 związany był przede wszystkim ze wzrostem poziomu kapitału ludzkiego. Wzrost łącznej produktywności czynników produkcji w 23 działach przemysłu wiąże się ze zmianami w strukturze zatrudnienia w kierunku większego udziału osób pracujących na stanowiskach nierobotniczych.

¹⁴ Wartości testów pierwiastka jednostkowego dla pierwszych różnic TFP: Levin, Lin&Chu (-3,22), Im, Pesaran&Shin (-6,33), ADF Fisher Chi-kwadrat (124,6), PP Fisher Chi-kwadrat (277,9).

¹⁵ Wartości testów pierwiastka jednostkowego odpowiednio dla poziomów i pierwszych różnic KL: Levin, Lin&Chu (-70,29; -58,38), Im, Pesaran&Shin (-22,72; -13,08), ADF Fisher Chi-kwadrat (75,09; 92,03), PP Fisher Chi-kwadrat (218,9; 317,7).

6. Podsumowanie

W artykule przedstawiono teoretyczne podstawy analizy gospodarki opartej na wiedzy, czyli systemu gospodarczego, w kierunku którego, zgodnie z oficjalnie przyjętymi strategiami rozwoju, dąży Unia Europejska. W związku z tym, że zgodnie z Komunikatem Komisji Europejskiej wzrost gospodarczy oraz wzrost zatrudnienia powinny być oparte na silnym, zróżnicowanym i konkurencyjnym przemyśle, teorię funkcji produkcji zweryfikowano dla danych obejmujących 23 działy polskiego przemysłu. Z analizy tej wynika, że wzrost łącznej produktywności czynników produkcji w tej grupie przedsiębiorstw był związany w głównej mierze ze zmianami w strukturze zatrudnienia w kierunku większego udziału osób pracujących na stanowiskach nierobotniczych. Parametr mierzący wpływ intensywności wydatków na badania i rozwój okazał się nieistotny statystycznie.

W artykule zaprezentowano wybrane wyniki prac zrealizowanych w ramach projektu dofinansowywanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju¹⁶.

Bibliografia

1. Allen R.C.: Why the industrial revolution was British: commerce, induced invention and scientific revolution. „The Economic History Review”, No. 64, 2011
2. Baltagi B.H.: Econometric Analysis of Panel Data. John Wiley & Sons, Ltd., UK 2012.
3. Barczak A.S.: Modelowanie ewolucji obiektu gospodarczego, [w:] Zeliaś A. (red.): Przestrzenno-czasowe modelowanie i prognozowanie zjawisk gospodarczych. Akademia Ekonomiczna, Kraków 2002.
4. Blaug M.: Teoria ekonomii, ujęcie retrospektywne. PWN, Warszawa 2000.
5. Flejerski S., Wahl P.T.: Ekonomia globalna, synteza. Difin, Warszawa 2003.
6. Grabowski P.: Funkcja produkcji w zarządzaniu przedsiębiorstwem. Kwartalnik Naukowy Organizacja i Zarządzanie, nr 1(17). Politechnika Śląska, Gliwice 2012.
7. Welfe W. (red.): Makroekonometryczny model gospodarki opartej na wiedzy. Uniwersytet Łódzki, Warszawa 2009.
8. Kodama F.: Emerging patterns of Innovation, Sources of Japan's technological edge. Boston 1995.
9. Miczka M.: Strukturalne modelowanie ekonometryczne ewolucji obiektu gospodarczego. „Wiadomości Statystyczne” nr 7, 2008.

¹⁶ Budowa wielosektorowych modeli ekonomiczno-ekologicznych i zastosowanie ich w modelowaniu rozwoju gałęzi przemysłu, w warunkach transformacji systemu w kierunku gospodarki opartej na wiedzy. Projekt rozwojowy własny nr N R11 0043 10, realizowany w Instytucie Metalurgii Żelaza w Gliwicach, www.imz.pl.

10. Romer P.M.: The origins of Endogenous Growth. „Journal of Economic Perspectives”, Vol. 8, No. 1, 1994.
11. Sztaudynger J.J.: Wzrost gospodarczy a kapitał społeczny, prywatyzacja i inflacja. PWN, Warszawa 2005.
12. Welfe W.: Long-term macroeconometric models. The case of Poland. „Economic Modelling”, No. 28, 2011.