



Authors' contribution/
Wkład autorów:
A. Study design/
Zaplanowanie badań
B. Data collection/
Zebranie danych
C. Statistical analysis/
Analiza statystyczna
D. Data interpretation/
Interpretacja danych/
E. Manuscript preparation/
Przygotowanie tekstu
F. Literature search/
Opracowanie
piśmiennictwa
G. Funds collection/
Pozyskanie funduszy

**INNOVATIVE DEVELOPMENT OF THE AGRICULTURAL SECTOR
IN THE VISEGRAD GROUP COUNTRIES**

**INNOWACYJNY ROZWÓJ SEKTORA ROLNICZEGO W KRAJACH GRUPY
WYSZEHRADZKIEJ**

Anastasiia Burdiuzha^{1(A,B,C,D,E,F)}

¹University of Debrecen, Hungary
Uniwersytet w Debreczynie, Węgry

Burdiuzha, A. (2021). Innovative development of the agricultural sector in the Visegrad Group countries / Innowacyjny rozwój sektora rolniczego w krajach Grupy Wyszehradzkiej. *Economic and Regional Studies*, 14(1), 1-13. <https://doi.org/10.2478/ers-2021-0001>

ORIGINAL ARTICLE

JEL code: O30

Submitted:
January 2021

Accepted:
March 2021

Tables: 5
Figures: 8
References: 15

Abstract

Subject and purpose of work: Analysis of the innovative development trends of the agricultural sector in the Visegrad Group countries in 1995–2019. Investigation of the impact of innovation on value added to GDP by the sector and the patent activity.

Materials and methods: Secondary data used in the current research were taken from Eurostat, World Bank and European Patent Office databases. They were analyzed by applying OLS models and Granger causality tests.

Results: First, composition of R&D expenses in each Visegrad country was examined. Then its relationship to agricultural GDP and the number of the patents granted was tested by means of OLS models. Forecasting the relationship between variables examined was carried out by running Granger causality tests.

Conclusions: There was a constant growth in agricultural innovation activity investment from 1995 to 2019. Nevertheless, the countries examined have not yet reached the EU's objective concerning the R&D intensities. Innovation activity had a positive impact on the value added to GDP by agriculture and on the number of the patents granted.

Keywords: agricultural innovation, economic growth, patent activity, the Visegrad Group

ORYGINALNY ARTYKUŁ
NAUKOWY

Klasyfikacja JEL: O30

Zgłoszony:
styczeń 2020

Zaakceptowany:
marzec 2021

Tabele: 5
Rysunki: 8
Literatura: 15

Streszczenie

Przedmiot i cel pracy: Analiza trendów rozwoju innowacyjności sektora rolnego w krajach Grupy Wyszehradzkiej w latach 1995–2019. Badanie wpływu innowacji na wartość dodaną do PKB przez ten sektor i działalność patentową.

Materiały i metody: Wtórne dane wykorzystane w bieżących badaniach pochodzą z baz danych Eurostatu, Banku Światowego i Europejskiego Urzędu Patentowego. Analizowano je za pomocą modeli OLS i testów przyczynowości Grangera.

Wyniki: W pierwszej kolejności zbadano strukturę wydatków na badania i rozwój w każdym kraju wyszehradzkim. Następnie przetestowano jej relację do PKB rolnictwa i liczby udzielonych patentów budując model OLS. Prognozowanie zależności między badanymi zmiennymi zostało zbadane za pomocą testów przyczynowości Grangera.

Wnioski: W latach 1995-2019 odnotowano stały wzrost inwestycji w działalność innowacyjną w rolnictwie. Niemniej jednak badane kraje nadal nie osiągają celu UE w zakresie intensywności prac badawczo-rozwojowych. Działalność innowacyjna wpłynęła pozytywnie na wartość dodaną do PKB przez rolnictwo oraz liczbę udzielonych patentów.

Słowa kluczowe: innowacje rolnicze, wzrost gospodarczy, działalność patentowa, Grupa Wyszehradzka

Address for correspondence/ Adres korespondencyjny: M.Sc. Anastasiia Burdiuzha (ORCID 0000-0001-7660-129X), Faculty of Economics and Business, Institute of Applied Economic Sciences, University of Debrecen, Debrecen, Egyetem tér 1, 4032, Hungary; phone: +380-965-025-386; e-mail: anastasia.burduzha@gmail.com

Journal indexed in/ Czasopismo indeksowane w: AgEcon Search; AGRO; Arianta; Baidu Scholar; BazEkon; Cabell's Whitelist; CNKI Scholar; CNPIEC – cnpLINKer; EBSCO Discovery Service; EBSCO-CEEAS; EuroPub; Google Scholar; Index Copernicus ICV 2017-2019: 100,00; J-Gate; KESLI-NDSL; MyScienceWork; Navar Academic; Naviga (Softweco); POL-index; Polish Ministry of Science and Higher Education 2015-2018: 9 points; Primo Central; QOAM; ReadCube; Semantic Scholar; Summon (ProQuest); TDNet; WanFang Data; WorldCat. **Copyright:** © Pope John Paul II State School of Higher Education in Białą Podlaska, Anastasiia Burdiuzha. All articles are distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), allowing third parties to copy and redistribute the material in any medium or format and to remix, transform, and build upon the material, provided the original work is properly cited and states its license.

Introduction

Innovation activity is considered as a critical part in finding the solutions for societal challenges at global and local levels. For example, it plays a key role in climate change mitigation; it is also considered as an integral component of increased productivity growth and responsiveness to industry dynamics (OECD, 2013). Moreover, according to OECD Innovation Strategy (2010) potential development should come from innovation-induced growth in productivity.

Focus of the EU policies and programs on the sustainable and competitive farming, emphasizes the importance of measuring and evaluating agricultural innovation (e.g. EIP-AGRI, 2014). Nevertheless, attempts of evaluating the level of agricultural innovation are still at their early beginnings (Lapple, Renwick, Thorne, 2015).

The analysis of recent research and publications allows to note, that certain aspects of measuring innovation level of the agricultural sector have been reflected in some works of scholars. Compared with other sectors, the evaluation of innovation in agricultural industries is deficient. Most of the agricultural research works are limited in nature and are based on the case studies, concentrating on the particular invention or a small group of innovative practices (D'Emden, Llewellyn, Burton, 2008; Fernandez-Cornejo, 2007; Marsh, Pannell, Lindner, 2000; Pannell et al., 2006). These scientific researchers are focusing on particular innovation activities, however they cannot be extended to explain the innovation patterns on a greater scope.

The subject of the current study is innovation development in the Visegrad Group countries: the Czech Republic, Hungary, Poland and the Slovak Republic. The author aims to analyze the development of innovation of the agricultural sector of the mentioned countries between the period of 1995 and 2019 and to identify what impact it has on the economic growth and patent activity of the industry.

Materials and methods

In the current study we investigated the potential relationship between agricultural gross domestic expenditure on R&D (GERD) growth and its impact on the value added to GDP by the sector, as well as the impact of GERD on the patent activity of the Visegrad Group countries as on one of the main indicators of the innovation activity. We also analyzed the development trends of R&D inputs expressed by GERD and the outcomes of the research activity expressed by the number of patents granted, as well as compared agricultural R&D intensities between the period of 1995 and 2019 in the Visegrad Four.

Co-relation of the examined variables was studied by applying the method of ordinary least squares (OLS), a standard approach in regression analysis, for each individual country, as well as for the Visegrad group in total.

Granger causality tests, which are based on cross-spectral method, were run for examining potential

Wstęp

Działalność innowacyjną uważa się za kluczowy element w znajdowaniu rozwiązań dla wyzwań społecznych na poziomie globalnym i lokalnym. Na przykład odgrywa ona kluczową rolę w łagodzeniu zmiany klimatu; jest również uważana za integralny składnik zwiększonego wzrostu produktywności i reagowania na dynamikę przemysłu (OECD, 2013). Ponadto według Strategii Innowacji OECD (2010) potencjalny rozwój powinien pochodzić ze wzrostu produktywności wywołanego innowacjami.

Koncentracja polityk i programów UE na zrównoważonym i konkurencyjnym rolnictwie podkreśla znaczenie pomiaru i oceny innowacji w rolnictwie (np. EIP-AGRI, 2014). Niemniej próby oceny poziomu innowacyjności rolnictwa dopiero się rozpoczynają (Lapple, Renwick, Thorne, 2015).

Analiza najnowszych badań i publikacji pozwala zauważyć, że niektóre aspekty pomiaru poziomu innowacyjności sektora rolnego znalazły odzwierciedlenie w niektórych pracach naukowców. W porównaniu z innymi sektorami ocena innowacyjności w rolnictwie jest niewystarczająca. Większość prac badawczych w rolnictwie ma ograniczony charakter i opiera się na studiach przypadków, koncentrując się na konkretnym wynalazku lub niewielkiej grupie innowacyjnych praktyk (D'Emden, Llewellyn, Burton, 2008; Fernandez-Cornejo, 2007; Marsh, Pannell, Lindner, 2000; Pannell i in., 2006). Te badania naukowe koncentrują się na konkretnych działaniach innowacyjnych, jednak nie można ich rozszerzyć, aby wyjaśnić wzorce innowacji w szerszym zakresie.

Przedmiotem niniejszego opracowania jest rozwój innowacyjności w krajach Grupy Wyszehradzkiej: Czechach, na Węgrzech, w Polsce i na Słowacji. Celem autora jest analiza rozwoju innowacyjności sektora rolnego w wymienionych krajach w latach 1995-2019 oraz określenie, jaki ma to wpływ na wzrost gospodarczy i działalność patentową branży.

Materiały i metody

W obecnym badaniu zbadaliśmy potencjalną zależność między krajowymi wydatkami brutto na rolnictwo na wzrost B + R (GERD) a ich wpływem na wartość dodaną do PKB według sektora, a także wpływem GERD na działalność patentową krajów Grupy Wyszehradzkiej jako na jednym z głównych wskaźników działalności innowacyjnej. Przeanalizowaliśmy również trendy rozwoju nakładów na B + R wyrażone przez GERD oraz wyniki działalności badawczej wyrażone liczbą udzielonych patentów, a także porównaliśmy intensywność B + R w rolnictwie w latach 1995-2019 w Czwórce Wyszehradzkiej.

Współzależność badanych zmiennych została zbadana przy zastosowaniu metody zwykłych najmniejszych kwadratów (OLS), standardowego podejścia w analizie regresji, zarówno dla każdego kraju z osobna, jak i dla całej Grupy Wyszehradzkiej.

Testy przyczynowości Grangera, które są oparte na metodzie krzyżowej, zostały przeprowadzo-

relationship between variables in time series by constructing causal lags, and for examining if one variable is causing the another. According to Granger "in the two-variable case feedback mechanism can be broken down into two causal relations and the cross spectrum can be considered as the sum of two cross spectra, each closely connected with one of the causations" (Granger, 1969). It emphasizes the importance of the causality direction of the examined variables. The main idea behind the Granger causality test is that if one event occurs before another, the first will affect the second, but not the other way around (Granger, 1969).

Secondary data used in the current research derived from Eurostat, World Bank and European Patent Office databases. Particularly, panel data for independent variable "agricultural GERD per capita, EUR" was retrieved from Eurostat table "Intramural R&D expenditure (GERD) by sectors of performance and fields of science [rd_e_gerdsc]" and was available for the period of 1995–2019. Dependent variable "agricultural GDP per capita, EUR" was calculated based on data received from two sources: Eurostat table "Main GDP aggregates per capita [nama_10_pc]" and World Bank "Agriculture, forestry, and fishing, value added (% of GDP)", which had the same time coverage as GERD data. Indicators for the dependent variable "number of agricultural patents per capita" were collected through European Patent Office (EPO) database by selecting the patents with A01 code of the Cooperative Patent Classification (Agriculture; Forestry; Animal husbandry; Hunting; Trapping; Fishing) and through the World Bank data in regards to the total population of the examined countries. Retrieved patent data covers the period of 1995–2018, however the last year was not taken into consideration for statistical analysis since from the author's point of view it is found incomplete. Table 1 provides an outlook on the variables used in the framework of this research.

All the variables used in the current research statistical models were tested for heteroscedasticity and had p-value results equal to 1, which means that they have constant variance. Tests for normal distribution in the residuals and for structural breaks in the residuals also had satisfactory results.

ne w celu zbadania potencjalnego związku między zmiennymi w szeregach czasowych poprzez skonstruowanie opóźnień przyczynowych oraz zbadania, czy jedna zmienna powoduje drugą. Według Grangera „w przypadku dwóch zmiennych mechanizm sprzężenia zwrotnego można podzielić na dwie relacje przyczynowe, a widmo krzyżowe można uznać za sumę dwóch widm krzyżowych, z których każde jest ściśle związane z jedną z przyczyn” (Granger, 1969 r.). Podkreśla to znaczenie kierunku przyczynowości badanych zmiennych. Główna idea testu przyczynowości Grangera, jeśli jedno zdarzenie nastąpi przed drugim, to pierwsze wpłynie na drugie, ale nie na odwrót (Granger, 1969).

Wtórne dane wykorzystane w bieżących badaniach pochodzą z baz danych Eurostatu, Banku Światowego i Europejskiego Urzędu Patentowego. W szczególności dane panelowe dla zmiennej niezależnej „GERD na mieszkańca w rolnictwie, EUR” zostały pobrane z tabeli Eurostatu „Wewnętrzne wydatki na badania i rozwój (GERD) według sektorów wydajności i dziedzin nauki [rd_e_gerdsc]” i były dostępne dla lat 1995–2019 r. Zmienna zależna „PKB na mieszkańca w rolnictwie, EUR” została obliczona na podstawie danych otrzymanych z dwóch źródeł: tabeli Eurostatu „Główne dane zbiorcze o PKB na mieszkańca [nama_10_pc]” oraz Banku Światowego „Rolnictwo, leśnictwo i rybołówstwo, wartość dodana (% PKB)”, o takim samym zasięgu czasowym jak dane GERD. Wskaźniki dla zmiennej zależnej „liczba patentów rolnych na mieszkańca” zebrano za pośrednictwem bazy danych Europejskiego Urzędu Patentowego (EPO), wybierając patenty o kodzie A01 według klasyfikacji patentowej spółdzielni (rolnictwo; leśnictwo; hodowla zwierząt; polowanie; łowiectwo; rybołówstwo) i za pośrednictwem danych Banku Światowego w odniesieniu do ogólnej liczby ludności badanych krajów. Uzyskane dane patentowe obejmują okres 1995–2018 r., jednak ostatni rok nie został uwzględniony w analizie statystycznej, gdyż z punktu widzenia autora jest niekompletny. W tabeli 1 przedstawiono przegląd zmiennych wykorzystanych w ramach tego badania.

Wszystkie zmienne używane w obecnych badaniach statystycznych zostały przetestowane pod kątem heteroskedastyczności i uzyskały wyniki wartości p równe 1, co oznacza, że mają stałą wariancję. Zadowalające wyniki przyniosły również testy rozkładu normalnego reszt i strukturalnych przerw reszt.

Table 1. Descriptive statistics for variables used in the study related to the agricultural sector in the Visegrad Group (1995–2019)
Tabela 1. Statystyka opisowa dla zmiennych wykorzystanych w badaniach dotyczących sektora rolnego w Grupie Wyszehradzkiej (1995–2019 r.)

Independent variable – agricultural GERD per capita, EUR/ Zmienna niezależna – GERD na mieszkańca w rolnictwie, EUR					
	Czech Republic/ Czechy	Hungary/ Węgry	Poland/ Polska	Slovak Republic/ Słowacja	Visegrad Group/ Grupa Wyszehradzka
Mean/ Średnia	5,791	6,017	3,648	4,948	5,101
Median/ Mediana	6,3	6,8	3,4	4	4,6
Maximum/ Maksimum	9	8,5	6,5	13,6	13,6
Minimum/ Minimum	2,303	2,6	2	2,2	2
Std.dev/ Odch. stand.	2,239503	1,980049	1,331394	2,602424	2,258001

Dependent variable - agricultural GDP per capita, EUR/ Zmienna zależna - PKB na mieszkańca w rolnictwie, w EUR					
Mean/ Średnia	262	337,1	210,6	203,96	253,44
Median/ Mediana	233,9	323,5	192,2	156,37	247,05
Maximum/ Maksimum	377,6	492,2	335	454,44	492,24
Minimum/ Minimum	176,2	239	130,1	59,52	59,52
Std.dev/ Odch. stand.	72,15397	76,18586	58,3639	132,199	102,8589
Dependent variable - number of agricultural patents per capita/ Zmienna zależna - liczba patentów rolnych na mieszkańca					
Mean/ Średnia	0,7027	1,2595	0,24271	0,44101	0,6615
Median/ Mediana	0,5394	0,922	0,15683	0,33502	0,4631
Maximum/ Maksimum	1,7319	4,0809	0,73693	1,1247	4,0809
Minimum/ Minimum	0	0,1948	0	0,05565	0
Std.dev/ Odch. stand.	0,505923	1,071105	0,232759	0,315962	0,723806

Source: Author's elaboration based on Eurostat, the World Bank and EPO data (2020).

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat, Banku Światowego i EPO (2020).

Results

We firstly examined composition of R&D expenses in each Visegrad country. Gross domestic expenditure on R&D (GERD) during the period of 1995 and 2019 is taken in the analysis, which is according to Frascati Manual considered as a primary indicator for international comparisons, and covers all expenditures for R&D performed in the economy during a specific reference period. It includes domestically performed R&D that is financed from abroad but excludes funding for R&D performed abroad (OECD, 2015).

According to Frascati Manual there are five main sectors, that have been identified for the measurement of R&D: business enterprise (BERD), government (GOVERD), higher education (HERD), private non-profit (PNPERD). GERD is constructed by summing those sector totals to a national total (OECD, 2015).

Figures 1, 2, 3, 4 show the composition of agriculture GERD in the Visegrad Group from 1995 to 2019.

Wyniki

W pierwszej kolejności zbadaliśmy skład wydatków na badania i rozwój w każdym kraju wyszehradzkim. W analizie uwzględniono wydatki krajowe brutto na B + R (GERD) w latach 1995 i 2019, które zgodnie z Podręcznikiem Frascati są uważane za główny wskaźnik dla porównań międzynarodowych i obejmują wszystkie wydatki na B + R przeprowadzone w gospodarce w określonym okresie. Obejmuje to B + R prowadzone w kraju, które są finansowane z zagranicy, ale nie obejmuje finansowania B + R wykonywane za granicą (OECD, 2015).

Według Podręcznika Frascati istnieje pięć głównych sektorów, które zostały zidentyfikowane do pomiaru B + R: przedsiębiorstwa (BERD), rząd (GOVERD), szkolnictwo wyższe (HERD), prywatne organizacje non-profit (PNPERD). GERD jest konstruowany poprzez zsumowanie tych sum sektorowych do sumy krajowej (OECD, 2015).

Rysunki 1, 2, 3, 4 przedstawiają skład GERD w rolnictwie w Grupie Wyszehradzkiej w latach 1995-2019.

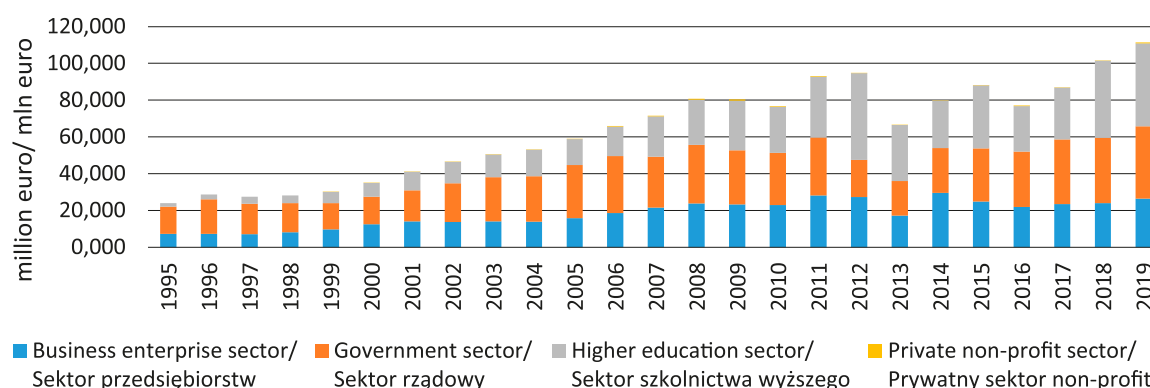


Figure 1. Agricultural GERD by sector composition in the Czech Republic, 1995-2019

Rysunek 1. GERD w rolnictwie według składu sektorowego w Republice Czeskiej w latach 1995-2019

Source: Author's elaboration based on Eurostat data (2020).

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat (2020 r.).

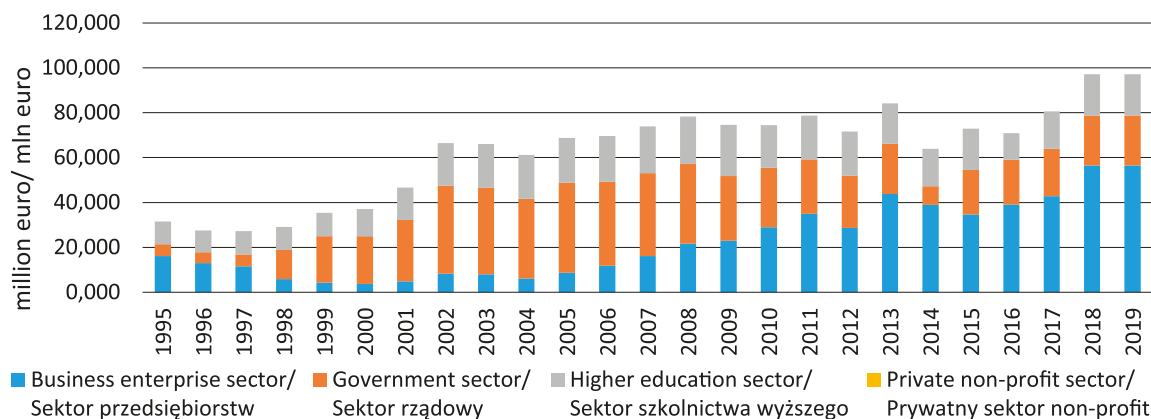


Figure 2. Agricultural GERD by sector composition in Hungary, 1995–2019

Rysunek 2. GERD w rolnictwie według składu sektorowego na Węgrzech w latach 1995–2019 r.

Source: Author’s elaboration based on Eurostat data (2020).

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat (2020 r.).

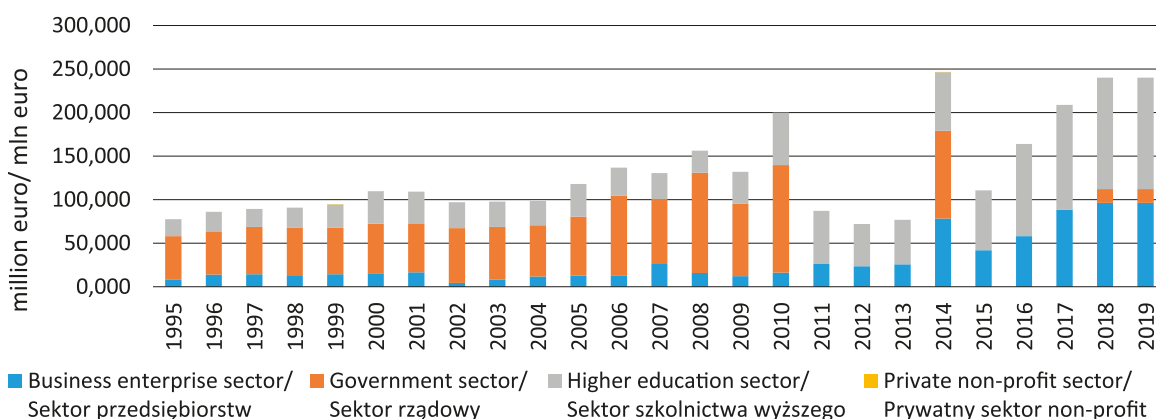


Figure 3. Agricultural GERD by sector composition in the Poland, 1995–2019

Rysunek 3. GERD w rolnictwie według składu sektorowego w Polsce w latach 1995–2019

Source: Author’s elaboration based on Eurostat data (2020).

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat (2020 r.).

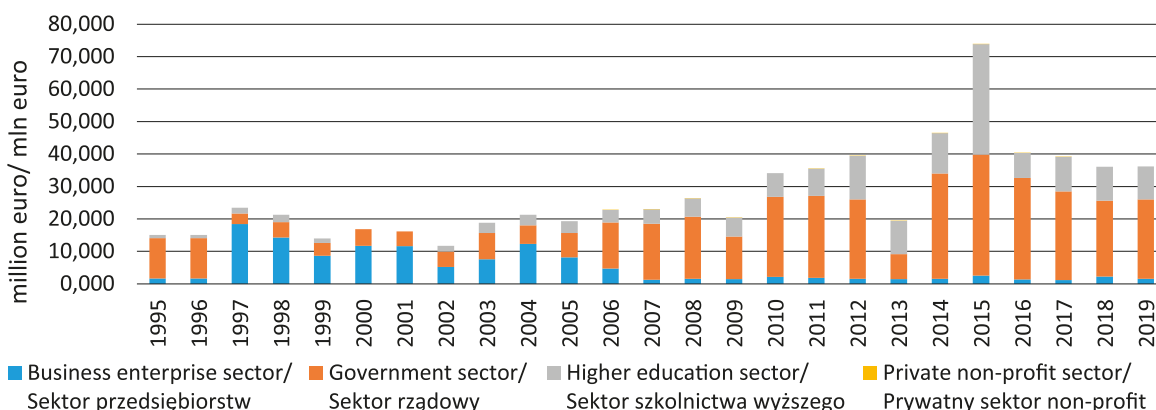


Figure 4. Agricultural GERD by sector composition in the Slovak Republic, 1995–2019

Rysunek 4. GERD w rolnictwie według składu sektorowego Republiki Słowackiej w latach 1995–2019 r.

Source: Author’s elaboration based on Eurostat data (2020).

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat (2020 r.).

The analysis shows that most of the investment into R&D of agricultural sector in the Visegrad countries was coming from the government during the specified period, while the lowest one was from the private non-profit. Regardless, there are a couple of exceptions at the country level, which worth mentioning. For example, from 2011 the highest contribution to R&D in the Czech Republic comes from the higher education and on average amounts 42% to GERD. In Hungary from 2010 the main part of resources arrives from the business sector and in year 2014 BERD value was the highest, constituting 61% to GERD. In Slovak Republic the situation is the opposite: business was the main contributor until 2005 and since then the government has started to give the highest input (the biggest share occurred in 2016 and was equal to 78% of GERD). In Poland in most of the cases investment was coming from the government and accounted on average to 58% of the total.

Investment in R&D as part of the innovation input is one of the central topics in the EU. The Europe 2020 strategy is the EU's agenda for smart, sustainable, and inclusive growth, which was proposed by the European Commission in March 2010 as a 10-year strategy plan. It set an objective of investing 3% of GDP in R&D, coming from both the public (government, higher education) and private sectors (business enterprise, private non-profit) (European Commission, 2010). The R&D intensity ratios (R&D expenses as a percentage of GDP) are used as the key metrics for evaluating R&D and innovation performance. Analysis of agricultural R&D intensity among the Visegrad Group countries is presented on the Figure 5.

Z analizy wynika, że większość inwestycji w B + R sektora rolnego w krajach Grupy Wyszehradzkiej pochodziła we wskazanym okresie ze strony rządu, a najmniejsza z prywatnych organizacji non-profit. Niezależnie od tego na poziomie kraju istnieje kilka wyjątków, o których warto wspomnieć. Na przykład od 2011 r. najwyższy wkład w B + R w Czechach pochodzi ze szkolnictwa wyższego i wynosi średnio 42% do GERD. Na Węgrzech od 2010 r. główna część środków napływa z sektora biznesowego, a w 2014 r. wartość BERD była najwyższa, stanowiąc 61% w stosunku do GERD. Na Słowacji sytuacja jest odwrotna: biznes był głównym składnikiem do 2005 r. i od tego czasu rząd zaczął dawać największy wkład (największy udział miał miejsce w 2016 r. i wyniósł 78% GERD). W Polsce w większości przypadków inwestycje pochodziły od rządu i stanowiły średnio 58% całości.

Inwestycje w badania i rozwój jako część wkładu w innowacje są jednym z głównych tematów w UE. Strategia „Europa 2020” to program UE na rzecz inteligentnego, trwałego wzrostu gospodarczego sprzyjającego włączeniu społecznemu, który został zaproponowany przez Komisję Europejską w marcu 2010 r. jako dziesięcioletni plan strategiczny. Wyznaczono cel, jakim jest inwestowanie 3% PKB w badania i rozwój, pochodzące zarówno z sektora publicznego (rząd, szkolnictwo wyższe), jak i prywatnego (przedsiębiorstwa, prywatne organizacje non-profit) (Komisja Europejska, 2010). Wskaźniki intensywności B + R (wydatki na B + R jako procent PKB) są używane jako kluczowe wskaźniki oceny wyników B + R i innowacji. Analizę intensywności prac badawczo-rozwojowych w rolnictwie wśród krajów Grupy Wyszehradzkiej przedstawiono na rysunku 5.

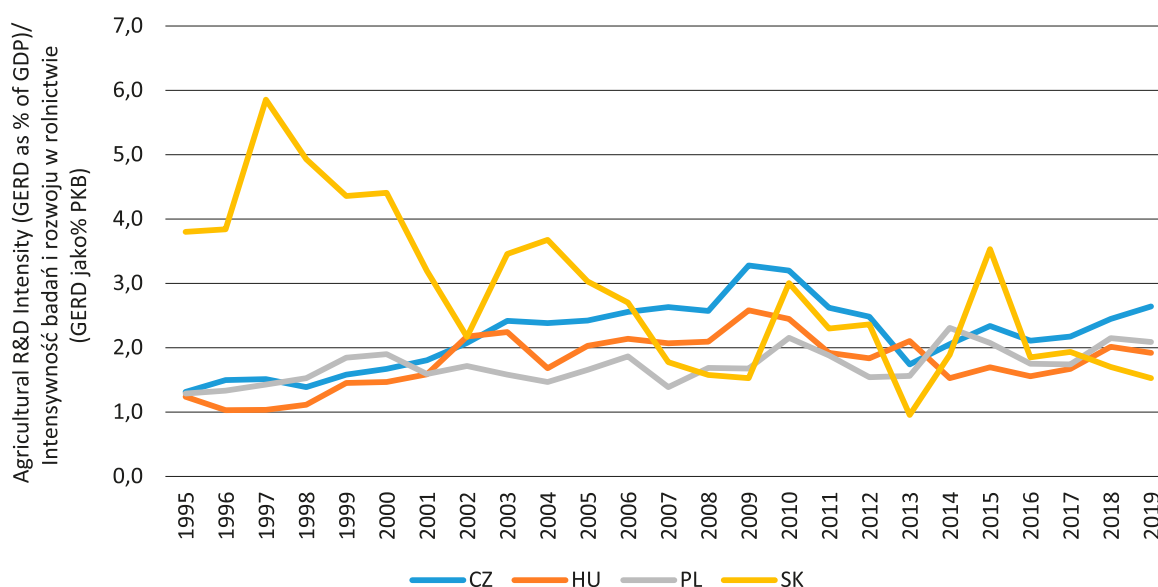


Figure 5. Agricultural R&D intensity among the Visegrad Group countries, 1995–2019

Rysunek 5. Intensywność prac badawczo-rozwojowych w rolnictwie wśród krajów Grupy Wyszehradzkiej w latach 1995–2019

Source: Author's elaboration based on Eurostat data (2020).

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat (2020).

When comparing agricultural R&D intensities in the Visegrad countries we see that during the analyzed period the Slovak Republic had the highest R&D intensity, followed by the Czech Republic, while Hungary and Poland had almost the same level of R&D inputs. The average investment of GDP in agricultural R&D between 1995 and 2019 accounted to 2.9% in Slovak Republic, 2.2% in Czech Republic, 1.8% in Hungary and 1.7% in Poland, which means that only Slovak Republic is close enough to reach the EU's objective of investing 3% of GDP in R&D, while the others are still far away from it.

Table 2 presents the specific characteristics of agricultural R&D of the examined countries and its relationship towards value added to GDP by agriculture, comparing the indicators of 1995 and 2018. GERD/GDP ratio has increased the most during this period in the Czech Republic – by 101% change rate, followed by 62% change in Poland and 55% in Hungary. Although the Slovak Republic had the highest average R&D intensity during the analyzed years, R&D change ratio occurred to be negative, with the decrease by 65%.

Table 2. Agricultural GERD spending patterns and comparison of GERD expenses with value added to GDP by agriculture in the Visegrad countries

Tabela 2. Modele wydatków GERD w rolnictwie i porównanie wydatków GERD z wartością dodaną do PKB w rolnictwie w krajach Grupy Wyszehradzkiej

Country/ Kraj	Agriculture GERD (mln, eur)/ GERD w rolnictwie (mln, EUR)			Agriculture, value added to GDP (mln, eur)/ Rolnictwo, wartość dodana do PKB (mln, EUR)			R&D intensity/ Intensywność badań i rozwoju		
	1995	2019	% change/ zmiana	1995	2019	% change/ zmiana	1995	2019	% change/ zmiana
Czech Republic/ Czechy	23,906	111,365	366	1821,933	4216,88	131	1,31	2,64	101
Hungary/ Węgry	31,494	97,167	209	2546,007	5071,266	99	1,24	1,92	55
Poland/ Polska	77,495	239,462	209	6024,246	11461,048	90	1,29	2,09	62
Slovak Republic/ Słowacja	15,055	36,21	141	345,507	2376,667	588	4,36	1,52	-65

Source: Author's elaboration based on Eurostat and World Bank data (2020).

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat i Banku Światowego (2020 r.).

Patent activity is another indicator of an R&D outcome, which must be taken into consideration when assessing innovation efforts. In the framework of this study, we analyzed data from European Patent Office (EPO) related to the agricultural sector of the Visegrad Group. Patents were selected by applying A01 code (Agriculture; Forestry; Animal husbandry; Hunting; Trapping; Fishing) of the Cooperative Patent Classification, an extension of International Patent Classification (IPC), which is jointly operated by the EPO and the US Patent and Trademark Office.

The highest number of patents in the agricultural sector during the period of 1995 and 2018 was recorded in Hungary – 290, followed by Poland – 213, while the Czech Republic and the Slovak Republic had 169 and 56 copyrights on inventions respectively (Figure 6). In some of the cases there were two and

Porównując intensywność prac badawczo-rozwojowych w rolnictwie w krajach wyszehradzkich, widzimy, że w analizowanym okresie najwyższą intensywnością B + R charakteryzowała się Republika Słowacka, a następnie Czechy, a Węgry i Polska miały prawie taki sam poziom nakładów na B + R. Średnie inwestycje PKB w B + R w rolnictwie w latach 1995-2019 wyniosły 2,9% na Słowacji, 2,2% w Czechach, 1,8% na Węgrzech i 1,7% w Polsce, co oznacza, że tylko Słowacja jest wystarczająco blisko, aby osiągnąć unijny cel inwestycyjny 3% PKB na badania i rozwój, podczas gdy inne są jeszcze daleko od tego.

W tabeli 2 przedstawiono specyfikę działalności B + R w rolnictwie badanych krajów oraz jej relację do wartości dodanej do PKB w podziale na rolnictwo, porównując wskaźniki z lat 1995 i 2018. Najbardziej wzrósł w tym okresie wskaźnik GERD / PKB w Czechach - o 101%, następnie 62% w Polsce i 55% na Węgrzech. Chociaż Republika Słowacka miała najwyższą średnią intensywność B + R w analizowanych latach, wskaźnik zmian B + R okazał się ujemny i spadł o 65%.

Działalność patentowa jest kolejnym wskaźnikiem wyników prac badawczo-rozwojowych, które należy wziąć pod uwagę przy ocenie wysiłków innowacyjnych. W ramach tego badania przeanalizowaliśmy dane Europejskiego Urzędu Patentowego (EPO) dotyczące sektora rolnego Grupy Wyszehradzkiej. Patenty zostały wybrane przez zastosowanie kodu A01 (rolnictwo; leśnictwo; hodowla zwierząt; polowanie; łowiectwo; rybołówstwo) Spółdzielczej Klasyfikacji Patentowej, będącej rozszerzeniem Międzynarodowej Klasyfikacji Patentowej (IPC), która jest wspólnie obsługiwana przez EPO i US Patent and Trademark Office.

Najwięcej patentów w rolnictwie w latach 1995 i 2018 odnotowano na Węgrzech - 290, następnie w Polsce - 213, podczas gdy Czechy i Słowacja posiadały odpowiednio 169 i 56 praw autorskich do wy-

more inventors of different nationalities who made a joint application for a patent. Therefore, patents were “shared” among the various OECD countries, in fractional counting as suggested by OECD (1994).

nalazków (Rysunek 6). W niektórych przypadkach było dwóch i więcej wynalazców różnych narodowości, którzy złożyli wspólny wniosek o patent. W związku z tym patenty były „dzielone” między różne kraje, w ujęciu ułamkowym, zgodnie z sugestią OECD (1994 r.).

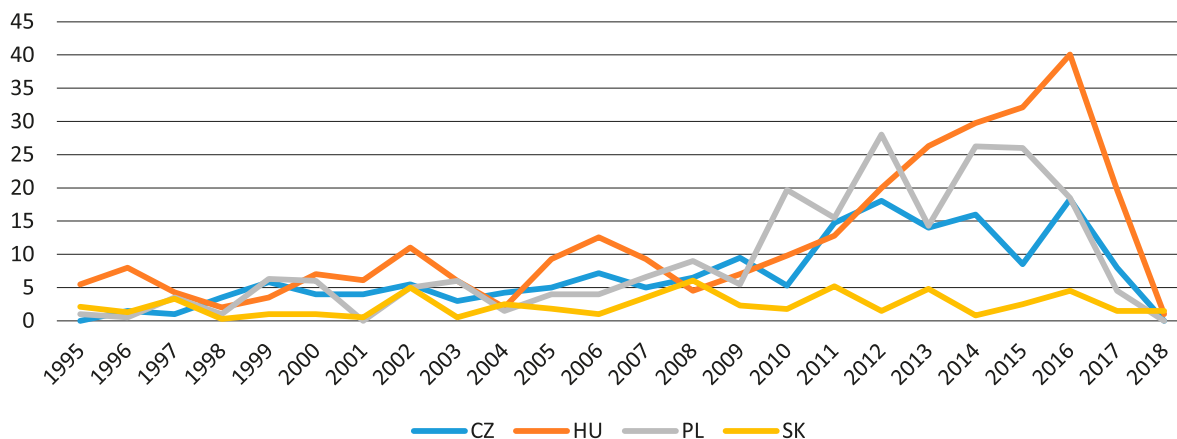


Figure 6. Agricultural patent applications in the Visegrad Group (1995–2018)

Rysunek 6. Rolnicze zgłoszenia patentowe w Grupie Wyszehradzkiej (1995–2018 r.)

Source: Author’s elaboration based on European Patent Office data (2020).

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Europejskiego Urzędu Patentowego (2020).

Overall picture presents that there was a continued upward trend in the number of patent applications. Analysis of the data of the year 1995 and 2017 shows the following % change: 420% increase in the Czech Republic, 358% in Poland, 278% in Hungary and the decrease by 30% in the Slovak Republic. The data of 2018 is not taken into the analysis further on since it is considered incomplete from the author’s point of view.

In order to assess if agricultural R&D expenditures, expressed by GERD, affect the innovation level of the Visegrad countries, we further on tested its relationship towards agricultural GDP and the number granted patents by building an ordinary least squares regression model for each dependent variable.

Figure 7 presents the generalized situation for the potential relationship of agriculture GERD per capita and value added to GDP by agriculture per capita, considering the data of each year and each country as individual observation, while Table 3 showcases the results at the country level, as well as for the Visegrad Group in general.

From the Figure 7 it is visible that valued added to GDP by agriculture increased with higher GERD inputs. The relationship appears to be in the form of slight exponential growth. Obtained statistical results for R-squared also indicate a good model fit for the tested set of observations.

Ogólny obraz pokazuje, że utrzymywała się tendencja wzrostowa liczby zgłoszeń patentowych. Analiza danych z lat 1995 i 2017 pokazuje następującą zmianę procentową: 420% wzrost w Czechach, 358% w Polsce, 278% na Węgrzech i spadek o 30% na Słowacji. Dane z 2018 roku nie są brane pod uwagę w dalszej analizie, gdyż z punktu widzenia autora uznawane są za niekompletne.

Aby ocenić, czy wydatki na badania i rozwój w rolnictwie, wyrażone przez GERD, wpływają na poziom innowacyjności krajów wyszehradzkich, zbadaliśmy dalej ich związek z PKB rolnictwa i liczbą przyznanych patentów, budując zwykły model regresji najmniejszych kwadratów dla każdej zmiennej zależnej.

Rysunek 7 przedstawia uogólnioną sytuację dla potencjalnej relacji GERD w rolnictwie na mieszkańca i wartości dodanej do PKB w podziale na rolnictwo na mieszkańca, biorąc pod uwagę dane z każdego roku i każdego kraju jako obserwacje indywidualne, natomiast w tabeli 3 wyniki na poziomie kraju, a także ogólnie dla Grupy Wyszehradzkiej.

Z rysunku 7 widać, że wartość dodana do PKB w rolnictwie wzrosła wraz z wyższymi nakładami GERD. Wydaje się, że związek ma postać niewielkiego wykładniczego wzrostu. Uzyskane wyniki statystyczne dla R-kwadrat również wskazują na dobre dopasowanie modelu do badanego zbioru obserwacji.

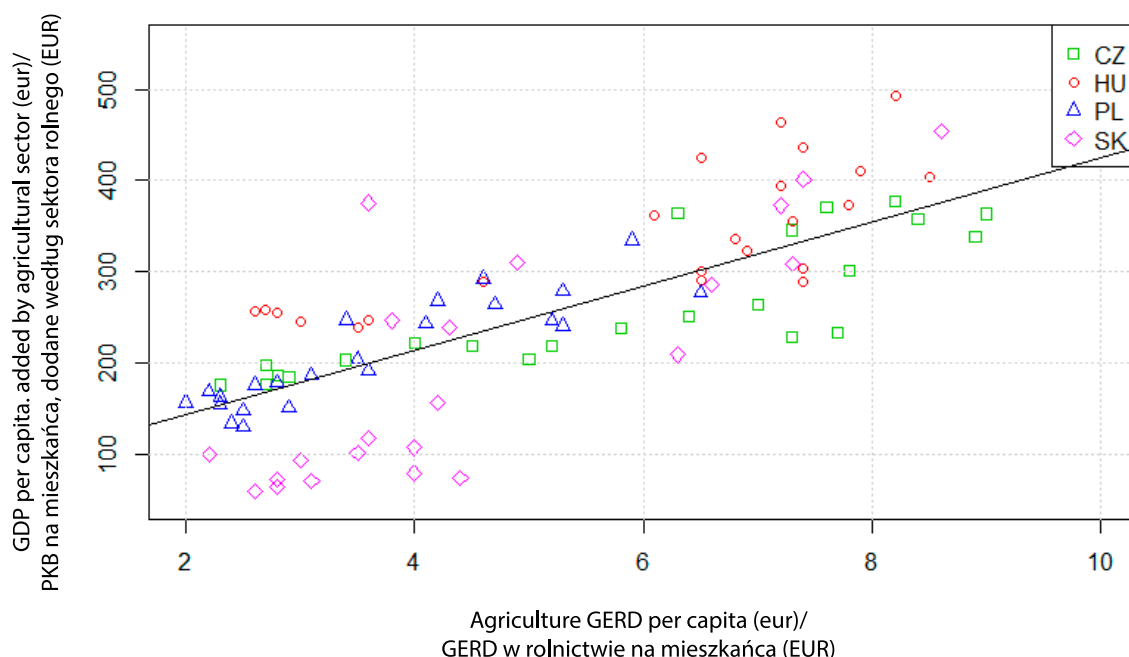


Figure 7. Relationship of agriculture GERD per capita and value added to GDP by agriculture per capita in the Visegrad Group countries (1995–2019)

Rysunek 7. Relacja GERD w rolnictwie na mieszkańca do wartości dodanej PKB w rolnictwie na mieszkańca w krajach Grupy Wyszehradzkiej (1995–2019)

Source: Author's elaboration based on Eurostat and World Bank data (2020).

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat i Banku Światowego (2020 r.).

Table 3. Results of OLS model for relationship between agriculture GERD per capita and value added to GDP by agriculture per capita in the Visegrad Group (1995–2019)

Tabela 3. Wyniki modelu OLS dla relacji między GERD w rolnictwie na mieszkańca a wartością dodaną do PKB w rolnictwie na mieszkańca w Grupie Wyszehradzkiej (1995–2019)

Country/ Kraj	Number of observations/ Liczba obserwacji	Adjusted R-squared/ Skorygowane R-kwadrat	F-statistic/ Statystyka F.	Coefficient (p-value)/ Współczynnik (wartość p)	t value/ wartość t	Pr (> t)
Czech Republic/ Czechy	25	0,7547	74,85	1,091e-08	8,651	1,09e-08***
Hungary/ Węgry	25	0,68	52	2,428e-07	7,211	2,43e-07***
Poland/ Polska	25	0,8153	107	4,038e-10	10,342	4,04e-10***
Slovak Republic/ Słowacja	25	0,5363	28,76	1,904e-05	5,363	1,9e-05***
V4	100	0,6276	167,9	< 2,2e-16	12,956	< 2e-16 ***

Note: Symbol *** denotes significance code at the 0 level.

Uwaga: Symbol *** oznacza kod istotności na poziomie 0.

Source: Author's elaboration based on Eurostat and World Bank data (2020).

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat i Banku Światowego (2020).

From Table 3 we can observe that the growth in R&D expenditure has a positive relationship to economic growth in case of individual countries, as well as of the Visegrad Group in general. P-value coefficient in all 5 studied cases is highly significant, implying that R&D growth has a positive relationship to economic development.

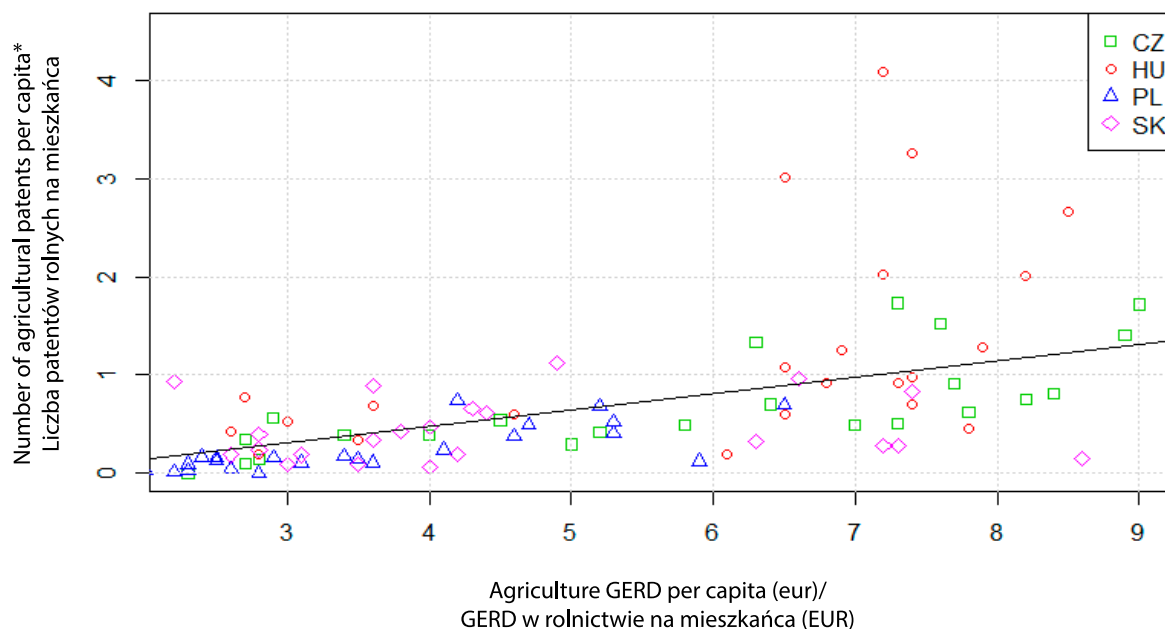
In the next stage of the analysis we used the number of patents per inhabitant as the dependent variables of the regressions, with the intention to see what is the effect of GERD per capita on the research outputs of the examined countries and the Visegrad Group in total. Figure 8 graphically demonstrates the

Na podstawie tabeli 3 można zauważyć, że wzrost nakładów na B + R ma pozytywny związek ze wzrostem gospodarczym w przypadku poszczególnych krajów, a także całej Grupy Wyszehradzkiej. Współczynnik wartości p we wszystkich 5 badanych przypadkach jest bardzo istotny, co oznacza, że wzrost B + R ma pozytywny związek z rozwojem gospodarczym.

W kolejnym etapie analizy wykorzystaliśmy liczbę patentów na mieszkańca jako zmienną zależną regresji, chcąc zobaczyć, jaki jest wpływ GERD na mieszkańca na wyniki badań badanych krajów i Grupy Wyszehradzkiej ogółem. Rysunek 8 przedstawia graficznie związek między tymi dwiema zmiennymi.

relationship of these two variables. Due to the low numbers of patents per capita, all the values were multiplied by 1 million for the easier information perception.

Ze względu na niską liczbę patentów na mieszkańca wszystkie wartości pomnożono przez 1 milion w celu łatwiejszego odbioru informacji.



*values were multiplied by 1 million/ *wartości pomnożono przez 1 milion

Figure 8. Relationship of agriculture GERD per capita and number of patents per capita in the Visegrad Group counties (1995–2017)

Rysunek 8. Relacja GERD w rolnictwie per capita i liczba patentów na mieszkańca w powiatach Grupy Wyszehradzkiej (1995–2017)

Source: Author's elaboration based on Eurostat and EPO data (2020).

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat i EPO (2020).

It is visible from the graph that the number of patents increased with the growing GERD per capita. In general, the relationship appears to be in a form of slight exponential growth, similar to the findings in the model with GERD per capita as the dependent variable. Obtained coefficient of p-value reflects statistically significant impact of R&D expenditures on the patent activity. However, R-squared is more than 50% only in 2 studied cases, which means that the model does not fully reflect the real situation. Negative value of the coefficient of determination in the case of Slovak Republic also points out that the selected model does not follow the data trend. The regression results are summarized in the Table 4.

We further on tested the potential causal relationship between examined variables, focusing on the capacity of agricultural GERD to predict agricultural GDP and vice-versa, and agricultural GERD to forecast the number of agricultural patents and the opposite as shown in Table 5. We firstly ran the tests to find the optimal number of autoregressive lags for the variables used in our model, and then performed the Granger causality tests.

Z wykresu widać, że liczba patentów rosła wraz ze wzrostem wskaźnika GERD na mieszkańca. Ogólnie rzecz biorąc, związek wydaje się przybrać formę niewielkiego wykładniczego wzrostu, podobnie jak w modelu z GERD na mieszkańca jako zmienną zależną. Uzyskany współczynnik wartości p odzwierciedla istotny statystycznie wpływ nakładów na B + R na działalność patentową. Jednak R-kwadrat wynosi więcej niż 50% tylko w 2 badanych przypadkach, co oznacza, że model nie w pełni oddaje rzeczywistą sytuację. Ujemna wartość współczynnika determinacji w przypadku Republiki Słowackiej również wskazuje, że wybrany model nie podąża za trendem danych. Wyniki regresji podsumowano w tabeli 4.

Następnie przetestowaliśmy potencjalny związek przyczynowy między badanymi zmiennymi, koncentrując się na zdolności GERD w rolnictwie do przewidywania PKB w rolnictwie i odwrotnie, oraz GERD w rolnictwie do prognozowania liczby patentów rolnych i odwrotnie, jak pokazano w tabeli 5. Po pierwsze przeprowadziliśmy testy w celu znalezienia optymalnej liczby opóźnień autoregresyjnych dla zmiennych użytych w naszym modelu, a następnie przeprowadziliśmy testy przyczynowości Grangera.

Table 4. Results of OLS model for relationship between agriculture GERD per capita and number of agricultural patents per capita in the Visegrad Group (1995–2017)**Tabela 4.** Wyniki modelu OLS dla zależności między GERD w rolnictwie na mieszkańca a liczbą patentów rolniczych per capita w Grupie Wyszehradzkiej (1995–2017)

Country/ Kraj	Number of observations/ Liczba obserwacji	Adjusted R-squared/ Skorygowane R-kwadrat	F-statistic/ Statystyka F.	Coefficient (p-value)/ Współczynnik (wartość p)	t value/ wartość t	Pr (> t)
Czech Republic/ Czechy	23	0,5225	25,07	5,896e-05	5,007	5,90e-05***
Hungary/ Węgry	23	0,228	7,499	0,01231	2,738	0,0123*
Poland/ Polska	23	0,5556	28,5	2,707e-05	5,339	2,71e-05***
Slovak Republic/ Słowacja	23	-0,04244	0,1043	0,7499	0,323	0,75
V4	92	0,2638	33,6	9,872e-08	5,797	9,87e-08***

Note: Symbols *** and * denote significance codes at the 0 and 0,01 levels.

Uwaga: Symbole *** i * oznaczają kody istotności na poziomach 0 i 0,01.

Source: Author's elaboration based on Eurostat and EPO data (2020).

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat i EPO (2020 r.).

Table 5. Results of null hypothesis testing with Granger causality test for Visegrad Group countries (1995–2019)**Tabela 5.** Wyniki testowania hipotezy zerowej testem przyczynowości Grangera dla krajów Grupy Wyszehradzkiej (1995–2019 r.)

H₀: Agricultural GERD per capita do not Granger-cause agricultural GDP per capita/ H₀: GERD w rolnictwie na mieszkańca nie prognozuje według Grangera PKB w rolnictwie na mieszkańca						
	p-value at lag 1/ Wartość p przy opóźnieniu 1	p-value at lag 2/ Wartość p przy opóźnieniu 2	p-value at lag 3/ Wartość p przy opóźnieniu 3	p-value at lag 4/ Wartość p przy opóźnieniu 4	p-value at lag 5/ Wartość p przy opóźnieniu 5	p-value at lag 6/ Wartość p przy opóźnieniu 6
Czech Republic/ Czechy	0,1933	0,1168	0,2791	0,2977	0,2502	0,1912
Hungary/ Węgry	0,2582	0,5482	0,9185	0,9772	0,9855	0,9934
Poland/ Polska	0,2885	0,1014	0,315	0,09923	0,4968	0,7756
Slovak Republic/ Słowacja	0,9826	0,8968	0,9958	0,9634	0,08258	0,2148
H₀: Agricultural GDP per capita do not Granger-cause agricultural GERD per capita/ H₀: PKB na mieszkańca w rolnictwie nie prognozuje według Grangera wzrostu GERD w rolnictwie na mieszkańca						
Czech Republic/ Czechy	0,6797	0,9178	0,04791*	0,04735*	0,07888	0,02948*
Hungary/ Węgry	0,1302	0,3927	0,4576	0,3269	0,5107	0,4676
Poland/ Polska	0,01876*	0,08792	0,1041	0,2648	0,1814	0,1442
Slovak Republic/ Słowacja	0,0006438***	0,001343**	0,0044**	0,008029**	0,04208*	0,0249*
H₀: Agricultural GERD per capita do not Granger-cause agricultural patents per capita/ H₀: GERD w rolnictwie na mieszkańca nie prognozuje według Grangera patentów rolnych na mieszkańca						
Czech Republic/ Czechy	0,007452**	0,1177	0,3283	0,02945*	0,1206	0,416
Hungary/ Węgry	0,2805	0,5356	0,03159*	0,02514*	0,02972*	0,02972*
Poland/ Polska	0,003984**	0,04383*	0,08264	0,01892*	0,006667**	0,07783
Slovak Republic/ Słowacja	0,06811	0,2256	0,5369	0,5577	0,8908	0,6194
H₀: Agricultural patents per capita do not Granger-cause agricultural GERD per capita/ H₀: Patenty rolnicze na mieszkańca nie prognozują GERD w rolnictwie na mieszkańca						
Czech Republic/ Czechy	0,8873	0,7663	0,01324*	0,06105	0,01199*	0,213
Hungary/ Węgry	0,6202	0,9171	0,8974	0,9657	0,947	0,784
Poland/ Polska	0,7312	0,1919	0,4705	0,6689	0,6386	0,6455
Slovak Republic/ Słowacja	0,5081	0,4288	0,4507	0,3393	0,3386	0,6656

Note: Bold p-values are stayed for the cases when the null hypothesis is rejected (p-value < 0,05)

Uwaga: Pogrubione wartości p pozostają w przypadkach, w których hipoteza zerowa została odrzucona (wartość p < 0,05)

Symbol *** denotes significance at the 0 level, ** at 0,001 level, and * at the 0,01 level.

Symbol *** oznacza istotność na poziomie 0, ** na poziomie 0,001, a * na poziomie 0,01.

Source: Author's elaboration based on Eurostat and EPO data (2020).

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat i EPO (2020 r.).

From the obtained results it is visible that GDP per capita cannot be forecasted by applying agricultural GERD data. However, the opposite prediction can be done, for example, in case of Slovak Republic during all time series, where agricultural GDP can help in forecasting GERD. That means that the null hypothesis must be rejected, and the following alternative hypothesis must be accepted:

H_a : Agricultural GDP per capita does Granger-cause agricultural GERD per capita.

Almost the opposite situation applies to the co-evolution of agricultural GERD per capita and number of agricultural patents per capita variables. In most of the cases we can forecast the amount of granted patents by applying GERD data, however, only in a couple of time series in Czech Republic we are able to make the vice-versa predictions.

Conclusions

The current article focuses on the analysis of gross domestic expenditure on R&D (GERD) in agricultural sector in the Visegrad Group countries during the 1995–2019 and considers these expenses as the innovation input. Results show that there was a constant growth in R&D investment and in the 2019 agricultural GERD per capita accounted to 10.5 EUR in the Czech Republic, 9.9 EUR in Hungary, 6.6 EUR in the Slovak Republic and 6.3 EUR in Poland. However, when it comes to R&D intensities (GERD/GDP ratios), examined countries are still behind in reaching the EU's objective which is set to 3%, and only Slovak Republic is at the closest level – 2.9%.

While GERD is studied as an innovation input indicator, agricultural GDP per capita and the number of granted patents are considered as the outputs of innovation activity. We analyzed the inter-relationship of these variables by applying the ordinary least squares regression and found the positive correlation between GERD per capita and agricultural GDP growth. Used regression model with the number of granted patents as the dependent variable, however, must be improved, since the obtained results do not fully reflect the real situation. This finding is in line with the latest OECD conclusions, which stay that patent activity does not fully reflect the innovation activity of a firm or a country, since many innovations do not correspond to a patented invention (OECD, 2019). Nevertheless, the relationship of GERD and number of patents has positive correlation, which is confirmed by Granger causality tests.

It was observed a considerable growth into agricultural GERD investment in the Visegrad countries during 1995–2019, which had a positive impact on the value added to GDP by agriculture and on the number of granted patents, which means that the innovation level of the sector of the examined countries has also increased. Further research will be focused on the regions of the Visegrad Group countries and will study long-term and short-term effects of agricultural innovation inputs.

Z uzyskanych wyników widać, że PKB na mieszkańca nie może być prognozowane przy zastosowaniu rolniczych danych GERD. Można jednak przewidzieć odwrotną prognozę, na przykład w przypadku Słowacji we wszystkich szeregach czasowych, gdzie PKB w rolnictwie może pomóc w prognozowaniu GERD. Oznacza to, że hipoteza zerowa musi zostać odrzucona, a następująca hipoteza alternatywna musi zostać zaakceptowana:

H_a : PKB na mieszkańca w rolnictwie prognozuje według Grangera GERD w rolnictwie na mieszkańca.

Niemal odwrotna sytuacja dotyczy koewolucji GERD w rolnictwie na mieszkańca i liczby zmiennych patentów rolnych na mieszkańca. W większości przypadków możemy prognozować liczbę udzielonych patentów na podstawie danych GERD, jednak tylko w kilku szeregach czasowych w Czechach jesteśmy w stanie przewidzieć odwrotnie.

Wnioski

W niniejszym artykule skupiono się na analizie wydatków krajowych brutto na B + R (GERD) w sektorze rolnym w krajach Grupy Wyszehradzkiej w latach 1995–2019 i potraktowaniu tych wydatków jako wkład w innowacje. Wyniki pokazują, że odnotowano stały wzrost inwestycji w B + R, a GERD w rolnictwie na mieszkańca w 2019 r. wyniósł 10,5 EUR w Czechach, 9,9 EUR na Węgrzech, 6,6 EUR na Słowacji i 6,3 EUR w Polsce. Jednak jeśli chodzi o intensywność prac badawczo-rozwojowych (wskaźniki GERD / PKB), badane kraje wciąż nie osiągają celu UE, który wynosi 3%, a najbliższa jest tylko Słowacja - 2,9%.

Podczas gdy GERD jest badany jako wskaźnik nakładów na innowacje, PKB na mieszkańca w rolnictwie i liczba przyznanych patentów są uważane za produkty działalności innowacyjnej. Przeanalizowaliśmy wzajemne relacje tych zmiennych, stosując zwykłą regresję najmniejszych kwadratów i znaleźliśmy dodatnią korelację między GERD na mieszkańca a wzrostem PKB w rolnictwie. Zastosowany model regresji z liczbą udzielonych patentów jako zmienną zależną wymaga jednak poprawy, gdyż uzyskane wyniki nie oddają w pełni rzeczywistej sytuacji. Jest to zgodne z najnowszymi wnioskami OECD, które utrzymują, że działalność patentowa nie w pełni odzwierciedla działalność innowacyjną firmy lub kraju, ponieważ wiele innowacji nie odpowiada opatentowanemu wynalazkowi (OECD, 2019). Niemniej jednak związek GERD z liczbą patentów wykazuje dodatnią korelację, co potwierdzają testy przyczynowości Grangera.

Zaobserwowano znaczny wzrost inwestycji GERD w rolnictwie w krajach wyszehradzkich w latach 1995–2019, co pozytywnie wpłynęło na wartość dodaną do PKB przez rolnictwo oraz liczbę udzielonych patentów, co oznacza, że poziom innowacyjności sektora wzrósł również w liczbie badanych krajów. Dalsze badania będą koncentrować się na regionach krajów Grupy Wyszehradzkiej i będą badać długoterminowe i krótkoterminowe skutki nakładów na innowacje w rolnictwie.

References/ Literatura:

1. *Agriculture, forestry, and fishing, value added (% of GDP) (2020)*. Downloaded from: <https://data.worldbank.org/indicator/NV.AGR.TOTL.ZS> (access: 2020.11.01).
2. D'Emden, F.H., Llewellyn, R.S., Burton, M.P. (2008). Factors influencing adoption of conservation tillage in Australian cropping regions. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 52(2), 169-182. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8489.2008.00409>
3. EIP-AGRI (2014). *Establishing Operational Groups under national and regional Rural Development Programmes*. Downloaded from: https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/agri-eip/files/report_workshop_paris.pdf (access: 2020.11.15).
4. European Commission (2010). *EUROPE 2020 A strategy for smart, sustainable and inclusive growth*. Downloaded from: <https://ec.europa.eu/eu2020/pdf/COMPLET%20EN%20BARROSO%20%20%20007%20-%20Europe%202020%20-%20EN%20version.pdf> (access: 2020.10.25).
5. *Espacenet Patent search. Agriculture; Forestry; Animal husbandry; Hunting; Trapping; Fishing (2020)*. Downloaded from: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=cpc%20any%20%22A01%22> (access: 2020.11.01).
6. Granger, C.W.J. (1969). Investigating Causal Relationships by Econometrics Models and Cross Spectral Methods. *Econometrica*, 37(3), 424-438. <https://doi.org/10.2307/1912791>
7. *Intramural R&D expenditure (GERD) by sectors of performance and fields of science (2020)*. Downloaded from: http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=rd_e_gerdsc&lang=en (access: 2020.11.01).
8. Lapple, D., Renwick, A., Thorne, F. (2015). Measuring and understanding the drivers of agricultural innovation: Evidence from Ireland. *Food Policy*, 51, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2014.11.003>
9. *Main GDP aggregates per capita (2020)*. Downloaded from: [https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?query=BOOKMARK_DS-420898_QID_6CE0336E_UID_-3F171EB0&layout=TIME,C,X,0;GEO,L,Y,0;UNIT,L,Z,0;NA_ITEM,L,Z,1;INDICATORS,C,Z,2;&zSelection=DS-420898INDICATORS,OBS_FLAG;DS-420898UNIT,CP_PPS_HAB;DS-420898NA_ITEM,P41;&rankName1=UNIT_1_2_=1-2_&rankName2=INDICATORS_1_2_-1_2_&rankName3=NA-ITEM_1_2_-1_2_&rankName4=TIME_1_0_0_&rankName5=GEO_1_2_0_1&sortC=ASC_-1_FIRST&rStp=&cStp=&rDCh=&cDCh=&rDM=true&cDM=true&footnes=false&empty=false&wai=false&time_mode=ROLLING&time_most_recent=false&lang=EN&cfo=%23%23%23%2C%23%23%23.%23%23%23&eub_bm=nama_10_pc\\$DV_648&lang=en](https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?query=BOOKMARK_DS-420898_QID_6CE0336E_UID_-3F171EB0&layout=TIME,C,X,0;GEO,L,Y,0;UNIT,L,Z,0;NA_ITEM,L,Z,1;INDICATORS,C,Z,2;&zSelection=DS-420898INDICATORS,OBS_FLAG;DS-420898UNIT,CP_PPS_HAB;DS-420898NA_ITEM,P41;&rankName1=UNIT_1_2_=1-2_&rankName2=INDICATORS_1_2_-1_2_&rankName3=NA-ITEM_1_2_-1_2_&rankName4=TIME_1_0_0_&rankName5=GEO_1_2_0_1&sortC=ASC_-1_FIRST&rStp=&cStp=&rDCh=&cDCh=&rDM=true&cDM=true&footnes=false&empty=false&wai=false&time_mode=ROLLING&time_most_recent=false&lang=EN&cfo=%23%23%23%2C%23%23%23.%23%23%23&eub_bm=nama_10_pc$DV_648&lang=en) (access: 2020.11.01).
10. Marsh, S.P., Pannell, D.J., Lindner, R.K. (2000). The impact of agricultural extension on adoption and diffusion of lupins as a new crop in Western Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 40(4), 571-583. <https://doi.org/10.1071/EA99080>
11. OECD (2010). *The OECD Innovation Strategy: Getting a Head Start on Tomorrow*. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264083479-en>
12. OECD (2013). *Agricultural Innovation Systems: A Framework for Analyzing the Role of the Government*. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264200593-en>
13. OECD (2015). *Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities*. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264239012-en>
14. Pannell, D.J., Marshall, G.R., Barr, N, Curtis, A., Vanclay, F., Wilkinson, R. (2006). Understanding and promoting adoption of conservation practices by rural landholders. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46(11), 1407-1424. <https://doi.org/10.1071/EA05037>
15. *Population, total (2020)*. Downloaded from: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL> (access: 2020.11.01).