

**IMPACT OF THE COVID-19 PANDEMIC ON AGRICULTURE
IN THE VISEGRAD COUNTRIES: RESULTS OF AN EMPIRICAL
AND ECONOMETRIC ANALYSIS**

**WPŁYW PANDEMII COVID-19 NA ROLNICTWO
W KRAJACH GRUPY WYSZEHRADZKIEJ –
WYNIKI ANALIZY EMPIRYCZNO-EKONOMETRYCZNEJ**

*BŁAŻEJ SUPROŃ
IRENA ŁĄCKA*

Citation: Suproń, B., & Łącka, I. (2024). Impact of the COVID-19 Pandemic on Agriculture in the Visegrad Countries: Results of an Empirical and Econometric Analysis / Wpływ pandemii COVID-19 na rolnictwo w krajach Grupy Wyszehradzkiej – wyniki analizy empiryczno-ekonometrycznej. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej / Problems of Agricultural Economics*, 381(4), 96–127. <https://doi.org/10.30858/zer/197100>

Abstract

This study aimed to assess the impact of the direct and indirect effects of the COVID-19 pandemic on agricultural production in the Visegrad countries. The study used monthly data for the 2005–2022 period. Based on a literature analysis, key variables affecting agricultural production that were disrupted by the pandemic were identified. In the second step, the FGLS model was used to establish causal relationships between the variables studied and agricultural production. The ARIMA model was then used to determine the difference between the expected and actual production values during the pandemic. The results indicate that variables such as household final consumption expenditure, agricultural exports and imports, and inflation significantly impact agricultural output. At the same time, disruptions in these areas harmed the sector. The analysis indicates that the COVID-19 pandemic, in particular the lockdown policy, led to a permanent loss of agricultural production of 4.5% in the countries studied. Another substantial pandemic effect was high inflation, which shows a non-linear effect on agricultural production. The findings suggest that in the event of similar socio-economic disruptions, policymakers should support domestic consumption of agricultural products and pursue policies that ensure price stability.

Keywords: COVID-19, agriculture, Central Europe, panel data, inflation.

JEL codes: C33, I15, Q01, Q18, Q57.

Abstrakt

Celem pracy była ocena wpływu bezpośrednich i pośrednich skutków pandemii COVID-19 na produkcję rolną w krajach Grupy Wyszehradzkiej. W badaniu wykorzystano miesięczne dane za lata 2005–2022.

Błażej Suproń, PhD, West Pomeranian University of Technology, al. Piastów 17, 70-310 Szczecin, Poland. (bsupron@zut.edu.pl).

<https://orcid.org/0000-0002-7432-1670>

Irena Łącka, PhD, DSc, Assoc. Prof. of ZUT, West Pomeranian University of Technology, al. Piastów 17, 70-310 Szczecin, Poland.

(irena.lacka@zut.edu.pl). <https://orcid.org/0000-0003-0762-8856>

Na podstawie analizy literatury zidentyfikowano kluczowe zmienne wpływające na produkcję rolną, które zostały zakłócone przez pandemię. W drugim etapie zastosowano model FGLS, aby ustalić relacje przyczynowo-skutkowe między badanymi zmiennymi a produkcją w rolnictwie. Następnie użyto modelu ARIMA, aby określić różnicę między oczekiwaną a faktyczną wartością produkcji w czasie pandemii. Wyniki wskazują, że zmienne, takie jak wydatki na spożycie końcowe gospodarstw domowych, eksport i import produktów rolnych oraz inflacja, mają istotny wpływ na wielkość produkcji w rolnictwie. Jednocześnie zakłócenia w tych obszarach wywarły negatywny wpływ na ten sektor. Analiza wskazuje, że pandemia, a w szczególności polityka lockdownu, doprowadziła do trwałej utraty produkcji rolnej w badanych krajach na poziomie 4,5%. Kolejnym istotnym skutkiem pandemii była wysoka inflacja, która wykazuje nieliniowy wpływ na produkcję rolną. Wyniki badań sugerują, że w przypadku podobnych zakłóceń społeczno-gospodarczych decydenci polityczni powinni wspierać wewnętrzną konsumpcję produktów rolnych oraz prowadzić politykę zapewniającą stabilność cen.

Słowa kluczowe: COVID-19, rolnictwo, Europa Środkowa, dane panelowe, inflacja.

Kody JEL: C33, I15, Q01, Q18, Q57.

Introduction

The COVID-19 pandemic, which started in November 2019 in Wuhan, China, in an unpredictable and unexpectedly rapid manner compared to other epidemics and pandemics of the 20th and 21st centuries (three influenza pandemics, swine flu, Dengue haemorrhagic fever and Ebola virus), has had an impact on the global economy in all areas of the (Ciotti et al., 2020). The virus's negative social and economic impact emerged rapidly—first in China (Chen, 2023; Tan et al., 2022) and then in many countries worldwide (Łacka & Suproń, 2021). Although a non-economic phenomenon threatens people's health and lives, the pandemic triggered a supply, demand, and financial crisis (Gorynia, 2023). Due to the unpredictability and the magnitude of the consequences of the phenomenon in the economy, it has been considered a "black swan" (Gorynia, 2023; Rowan & Galanakis, 2020).

On the one hand, this was due to the specific nature of the pandemic itself and the danger of the virus to people's health and lives, but on the other, to the policies adopted by many governments to combat the threat. It was based on limiting or altogether banning human contact and the activities of many sectors (lockdown) (Di Porto et al., 2022). This applied to high-contact sectors (Dey-Chowdhury et al., 2022), including the travel and tourism industry. In particular, restrictions have covered transport services (including air transport), catering, hotels, tourism, leisure, entertainment, hairdressing, beauty services, and services related to physical condition improvements, such as fitness. In addition, governments in many countries have introduced restrictions on the operation of specific sectors in the economy by reducing the number of workers in production (the requirement to keep a distance between people

Wstęp

Pandemia COVID-19, która rozpoczęła się w listopadzie 2019 r. w chińskim Wuhan, w sposób nieprzewidywany i niespodziewanie szybki w porównaniu z innymi z XX i XXI wieku (trzy pandemie grypy, świńska grypa, gorączka krwotoczna Denga i Ebola) wywarła wpływ na globalną gospodarkę we wszystkich obszarach (Ciotti i in., 2020). Negatywne skutki oddziaływania wirusa SARS-CoV-2 na społeczeństwo i gospodarkę pojawiły się bardzo szybko, najpierw w Chinach (Chen, 2023; Tan i in., 2022), a potem w wielu krajach na świecie (Łacka i Suproń, 2021). Pandemia, choć stanowiła zjawisko pozagospodarcze zagrażające zdrowiu i życiu ludzi, wywołała kryzys w sferze podażowej, popytowej oraz finansowej (Gorynia, 2023). Ze względu na nieprzewidywalność oraz skalę konsekwencji zjawiska w gospodarce uznano je za „czarnego łabędzia” (Gorynia, 2023; Rowan i Galanakis, 2020).

Z jednej strony wynikało to ze specyfiki samej pandemii i niebezpieczeństwa wirusa SARS-CoV-2 dla zdrowia i życia ludzi, ale z drugiej strony z przyjętej polityki wielu rządów w zakresie walki z tym zagrożeniem. Polegała ona na ograniczeniu lub całkowitym zakazie kontaktów międzyludzkich, zakazie prowadzenia działalności wielu sektorów (ang. lockdown) (Di Porto i in., 2022). Dotyczyło to sektorów wysokiego kontaktu (Dey-Chowdhury i in., 2022), do których należą np. podróże i przemysł turystyczny. W szczególności restrykcje objęły usługi transportowe (w tym transportu lotniczego), gastronomiczne, hotelarskie, turystyczne, rekreacyjne, rozrywkowe, usługi fryzjerskie, kosmetyczne oraz związane z poprawą kondycji fizycznej, np. fitness. Poza tym rządy wielu krajów wprowadzały ograniczenia w funkcjonowaniu pewnych sektorów w gospodarce poprzez zmniejszenie liczby pracowników podczas produkcji

and workstations) or customers at retail outlets, petrol stations, and public and private passenger transport operators (Cassetti et al., 2023). It is also noteworthy that citizens often restrict social contact for fear of health effects. Fear of the virus and concern for the safety of families led to avoidance of public places, even under milder restrictions (Mermillod & Morisseau, 2021). The phenomenon of “voluntary isolation” influenced a decline in demand for face-to-face contact services, which slowed their return to normality once restrictions were lifted.

The coronavirus pandemic directly and indirectly affected people’s health and lives, their consumption, the functioning of labor markets and unemployment rates, the efficiency of health systems and the functioning of governments (Kubisiak, 2023). It has affected the world’s economic situation, individual countries, and various sectors, as well as the occurrence of demand and supply shocks in many markets. It has caused a crisis in global financial markets and international trade (disrupted supply chains) (McKibbin & Fernando, 2023) and has plunged every country’s public finances into crisis (Arriola et al., 2022). Unanticipated consequences of the pandemic have been a rapid increase in the manifestation of protectionism and deglobalization, media manipulation, and post-truth and a populist turn in politics.

It is worth noting that, despite its many adverse effects, the COVID-19 pandemic has also contributed to some positive developments. The health crisis accelerated the processes associated with the fourth industrial revolution, as exemplified by the intensive digitalization of the economy and the rapid development of artificial intelligence (Sobrosa Neto et al., 2020). These phenomena have fostered increased innovation rates in pharmaceuticals, medicine, and IT sectors and improved financial performance in specific industries such as manufacturing protective equipment, IT, e-commerce, logistics, and warehousing. The repercussions of the COVID-19 pandemic (negative and positive) were short- and long-term in nature and of varying speed and magnitude in their impact on the economic situation of individual countries and their sectors (Anyanwu & Salami, 2021; Da Fonseca, 2024; Habibi et al., 2022; Sawada & Sumulong, 2021; Sun et al., 2024; Thorbecke, 2020).

The COVID-19 pandemic also affected agriculture and the food industry (Jędruchiewicz et al., 2024; Nitnavare et al., 2024). It has caused simultaneous but unevenly timed disruptions to global and national food systems. Bertrandt (2021) describes this shock as symmetric but asynchronous, highlighting these systems’ weaknesses and lack of resilience.

(wymóg zachowania dystansu między ludźmi i stanowiskami pracy) lub klientów w punktach handlowych, na stacjach paliw oraz w środkach publicznego transportu zbiorowego i prywatnych przewoźników osób (Cassetti i in., 2023). Warto również podkreślić, że obywatele często sami ograniczali kontakty społeczne, obawiając się skutków zdrowotnych. Strach przed wirusem i troska o bezpieczeństwo rodzin prowadziły do unikania miejsc publicznych, nawet przy łagodniejszych restrykcjach (Mermillod i Morisseau, 2021). Zjawisko „dobrowolnej izolacji” wpłynęło na spadek popytu na usługi wymagające bezpośredniego kontaktu, co spowolniło ich powrót do normalności po zniesieniu obostrzeń.

Pandemia koronawirusa (w tym tekście termin „koronawirus” odnosi się do SARS-CoV-2, wirusa wywołującego COVID-19) bezpośrednio i pośrednio oddziaływała na zdrowie i życie ludzi, konsumpcję, funkcjonowanie rynków pracy i stopę bezrobocia, efektywność systemów zdrowotnych i funkcjonowania rządów (Kubisiak, 2023). Wywarła wpływ na sytuację gospodarczą świata, poszczególnych krajów i różnych sektorów, wystąpienie szoków popytowych i podażowych na wielu rynkach. Spowodowała kryzys na globalnych rynkach finansowych i w handlu międzynarodowym (przerwane łańcuchy dostaw) (McKibbin i Fernando, 2023) oraz pograżyła w kryzysie finanse publiczne każdego kraju (Arriola i in., 2022). Niespodziewanymi konsekwencjami pandemii okazały się: szybki wzrost przejawów protekcjonizmu i deglobalizacja, medialna manipulacja i postprawda oraz populistyczny zwrot w polityce.

Warto zaznaczyć, że pomimo wielu negatywnych skutków pandemia COVID-19 przyczyniła się również do pewnych pozytywnych zmian. Kryzys zdrowotny przyspieszył procesy związane z czwartą rewolucją przemysłową, czego przykładem jest intensywna cyfryzacja gospodarki oraz dynamiczny rozwój sztucznej inteligencji przemysłowej (Sobrosa Neto i in., 2020). Zjawiska te sprzyjały zwiększeniu wskaźników innowacyjności w takich sektorach jak farmaceutyczny, medyczny czy informatyczny, a także poprawiły wyniki finansowe w niektórych branżach, jak produkcja środków ochrony, IT, e-commerce, logistyka i magazynowanie. Następstwa pandemii COVID-19 (negatywne i pozytywne) miały krótko- i długookresowy charakter oraz zróżnicowane tempo i skalę oddziaływania na sytuację gospodarczą poszczególnych krajów oraz ich sektorów (Anyanwu i Salami, 2021; Da Fonseca, 2024; Habibi i in., 2022; Sawada i Sumulong, 2021; Sun i in., 2024; Thorbecke, 2020).

Pandemia COVID-19 wpłynęła również na rolnictwo oraz przemysł spożywczy (Jędruchiewicz i in. 2022; Nitnavare i in., 2024). Spowodowała

These disruptions resulted from dynamic changes in domestic and international consumption, as well as disruptions in global supply chains, including severe impediments to international trade (Gemma, 2021; Hamulczuk & Skrzypczyk, 2022; Wiśniewska & Wyrwa, 2022). In addition to the food systems fed by agriculture, pre-processing and fisheries, the coronavirus pandemic also affected the production of bioproducts such as alcohol (in response to the urgent need for disinfectants), chemicals, textiles, and the bioenergy and biofuels sector, closely linked to the fossil fuel industry. It has also caused significant disruption to forest management and forestry sector activities (Galanakis et al., 2022).

In the context of the COVID-19 pandemic, the analysis of its impact on agriculture in the Visegrad countries (Czechia, Hungary, Poland, and Slovakia) is particularly relevant for several reasons. Firstly, despite its share of GDP generation being around 2–4%, the sector significantly impacts employment and food production, especially in Poland, the largest agricultural producer in the region (Czyżewski & Michałowska, 2022). The agricultural sector in these countries is also an essential component of exports and plays a crucial role in sustaining the regional economy, especially in rural areas (Tucki et al., 2021). Secondly, the Visegrad countries are strongly linked to the global food system, which means that any disruption in international trade, including export restrictions, can seriously affect regional food production (Cyburt & Gałęcka, 2020). In addition, changes in consumer demand, such as greater demand for longer shelf-life foods and a decline in demand for fresh produce, have affected agricultural production in these countries, forcing them to adapt quickly to new market realities (Sridhar et al., 2023).

Due to the sudden pandemic outbreak, agriculture faced significant challenges in disrupting global and national supply chains, labor shortages and trade restrictions. In addition, the V4 countries, part of the single European market, were particularly vulnerable to shocks from international trade disruptions (Lomachynska et al., 2020). Restrictions on the transport of goods and seasonal labor have significantly affected agri-food production (Workie et al., 2020). Meanwhile, the high inflation that affected the region had a widespread impact on producers and consumers of agricultural products (Jędruchiewicz, 2022). In this context, analyzing the effects of pandemics on agriculture in these countries is critical to understanding how such phenomena may affect food security, economic stability, and the adaptation of the agricultural sector to global crises. Given this sector's role in food security and economic stability

jednoczesne, choć nierównomiernie rozłożone w czasie, zakłócenia zarówno w globalnych, jak i krajowych systemach żywnościowych. Bertrandt (2021) opisuje ten wstrząs jako symetryczny, lecz asynchroniczny, co uwidoczniło słabości i brak odporności tych systemów. Zakłócenia te wynikały z dynamicznych zmian w obszarze konsumpcji krajowej i międzynarodowej, a także zakłóceń w globalnych łańcuchach dostaw, w tym poważnych utrudnień w handlu międzynarodowym (Gemma, 2021; Hamulczuk & Skrzypczyk, 2022; Wiśniewska & Wyrwa, 2022). Poza systemami żywnościowymi zasilanymi przez rolnictwo, przetwórstwo rolno-spożywcze i rybołówstwo pandemia koronawirusa wywarła wpływ również na wytwarzanie bioproduktów, takich jak alkohol (w odpowiedzi na pilne zapotrzebowanie na środki dezynfekujące), chemikaliów, tekstyliów oraz na sektor bioenergii i biopaliw, ściśle powiązany z przemysłem paliw kopalnych. Spowodowała też znaczne zakłócenia w gospodarce leśnej i działalności sektora leśnego (Galanakis i in., 2022).

W kontekście pandemii COVID-19 analiza jej wpływu na rolnictwo w krajach Grupy Wyszehradzkiej (Czechy, Węgry, Polska i Słowacja), w skrócie jako G4, jest szczególnie istotna z kilku powodów. Po pierwsze, pomimo że jego udział w tworzeniu PKB wynosi około 2–4%, sektor ten ma znaczący wpływ na zatrudnienie i produkcję żywności, szczególnie w Polsce, która jest największym producentem rolnym w regionie (Czyżewski & Michałowska, 2022). Sektor rolny w tych krajach jest również ważnym elementem eksportu i odgrywa kluczową rolę w utrzymaniu regionalnej gospodarki, szczególnie w obszarach wiejskich (Tucki i in., 2021). Po drugie, kraje Grupy Wyszehradzkiej są silnie powiązane z globalnym systemem żywnościowym, co oznacza, że wszelkie zakłócenia w handlu międzynarodowym, w tym ograniczenia eksportowe, mogą mieć poważne skutki dla regionalnej produkcji żywności (Cyburt & Gałęcka, 2020). Dodatkowo zmiany w popycie konsumentkim, takie jak większe zapotrzebowanie na żywność o dłuższym terminie ważności oraz spadek popytu na produkty świeże, wpłynęły na produkcję rolną w tych krajach, zmuszając je do szybkiej adaptacji do nowych realiów rynkowych (Sridhar i in., 2023).

Z powodu nagłego wybuchu pandemii rolnictwo znalazło się w obliczu poważnych wyzwań związanych z zakłóceniami w globalnych i krajowych łańcuchach dostaw, brakiem siły roboczej oraz ograniczeniami handlowymi. Dodatkowo kraje V4, będące częścią jednolitego rynku europejskiego, były szczególnie narażone na wstrząsy wynikające z zakłóceń w handlu międzynarodowym (Lomachynska i in., 2020). Ograniczenia w transporcie towarów i pracy sezonowej

in the region, the study aimed to determine the direct and indirect effects of the COVID-19 pandemic on agricultural production in the Visegrad countries. Reaching the underlying objective required the consideration of several interdependencies between different economic variables, making this research part of a broader consideration of the phenomena surrounding the COVID-19 pandemic. This article discusses the problems and limitations of policies to overcome the consequences of crises caused by this threat from the perspective of complexity economics, which places the interconnectedness and unpredictable consequences of global crises at the centre of the analysis. The following research hypotheses were assumed in the study:

Hypothesis H1: The COVID-19 pandemic significantly impacted agricultural production in the Visegrad countries through changes in household final consumption expenditure, exports, and imports of agricultural products and inflation dynamics.

Hypothesis H2: The COVID-19 pandemic had a non-linear, U-shaped effect on production in the agricultural sector in the Visegrad countries by affecting the level of inflation, leading initially to a decrease in production and then to an increase after a certain inflation threshold was exceeded.

Considering the study's objective and the hypotheses established, a model was developed for the study, which examines the impact of variables such as foreign trade, consumer spending, and inflation to assess various aspects of the impact of the pandemic on the sector. The study used an econometric approach to analyze impacts *ex-post* in the form of a long-run model estimated through feasible generalized least squares (FGLS) methods and *ex-ante* analysis using the ARIMA model. The choice of the FGLS model was dictated by the presence of cointegration between the time series under study and the presence of heteroscedasticity and autocorrelation. As Bai et al. (2021) indicated, the GLS estimator is more efficient than the ordinary least squares method in heteroscedasticity, serial correlations, and cross-sectional dependencies. The ARIMA model was chosen due to its ability to account for both short-term fluctuations and long-term trends, which is crucial in analyzing the impact of unforeseen events, such as a pandemic, on economic variables (Benvenuto et al., 2020).

To accurately capture the exact data patterns and fit, the study used a time series with a monthly frequency covering the period from 2005 to 2022. The econometric study was conducted in two stages. First, the impact of the selected factors on the agricultural

znacząco wpłynęły na produkcję rolno-spożywczą (Workie i in., 2020). Wysoka inflacja, która dotknęła region, miała natomiast szerokie oddziaływanie zarówno na producentów, jak i konsumentów produktów rolnych (Jędruchiewicz, 2022). W tym kontekście analiza skutków pandemii na rolnictwo w tych krajach jest kluczowa dla zrozumienia, jak takie zjawiska mogą wpływać na bezpieczeństwo żywnościowe, stabilność ekonomiczną oraz adaptację sektora rolnego do globalnych kryzysów. Uwzględniając rolę, jaką ten sektor odgrywa w zapewnieniu bezpieczeństwa żywnościowego oraz stabilności ekonomicznej regionu, celem badania było ustalenie bezpośrednich i pośrednich skutków pandemii COVID-19 dla produkcji rolnej w krajach Grupy Wyszehradzkiej. Realizacja podstawionego celu wymagała uwzględnienia szeregu zależności między różnymi zmiennymi gospodarczymi, co czyni te badania częścią szerszych rozważań nad zjawiskami towarzyszącymi pandemii. Niniejszy artykuł wpisuje się w dyskusję nad problemami i ograniczeniami polityki przezwyciężania konsekwencji kryzysów wywołanych tym zagrożeniem, z perspektywy ekonomii złożoności, która stawia w centrum analizy wzajemne powiązania i nieprzewidywalne skutki globalnych kryzysów. W badaniu zostały założone następujące hipotezy badawcze:

Hipoteza H1: Pandemia COVID-19 miała znaczący wpływ na produkcję rolną w krajach Grupy Wyszehradzkiej poprzez zmiany w wydatkach na spożycie końcowe gospodarstw domowych, eksport i import produktów rolnych oraz dynamikę inflacji.

Hipoteza H2: Pandemia COVID-19 wywarła nieliniowy, U-kształtny wpływ na produkcję w sektorze rolnym w krajach Grupy Wyszehradzkiej poprzez oddziaływanie na poziom inflacji, prowadząc początkowo do spadku produkcji, a następnie do jej wzrostu po przekroczeniu określonego progu inflacji.

Uwzględniając cel badania oraz założone hipotezy, na potrzeby badania został opracowany model, który bada wpływ zmiennych, takich jak handel zagraniczny, wydatki konsumpcyjne oraz inflacja, aby ocenić różne aspekty oddziaływania pandemii na ten sektor. W badaniu zastosowano podejście ekonometryczne służące analizie oddziaływań *ex post* w postaci modelu długookresowego oszacowanego poprzez uogólnione metody najmniejszych kwadratów (FGLS) oraz analizy *ex ante* przy pomocy modelu ARIMA. Wybór modelu FGLS podyktowany był występowaniem kointegracji pomiędzy badanymi szeregami czasowymi oraz występowaniem heteroskodyczności oraz autokorelacji. Jak wskazują J. Bai i inni (2021), estymator GLS jest bardziej wydajny niż zwykła metoda najmniejszych kwadratów w obecności heteroskedastyczności,

sector was analyzed using the FGLS model, looking for relationships between variables to understand the direction of their impact. In the second stage of the study, the ARIMA method was used to carry out a simulation in which a forecast of agricultural production, based on pre-pandemic data, was determined and then compared with the actual performance of the sector to determine its direct impact.

Literature Review

The agricultural sector, as a vital component of the bioeconomy, plays a significant role in Visegrad countries such as Slovakia, Czechia, Poland, and Hungary. It contributes to GDP generation, value-added creation, employment in the economy, and impacts greenhouse gas emissions (Lazorcakova et al., 2022). Furthermore, agricultural production in these countries holds a substantial share in the overall agri-food sector output of the European Union (Vlad & Toma, 2022).

The importance of this sector became even more evident during the challenges posed by the COVID-19 pandemic, as global and domestic economic shocks threatened food security. Issues such as difficulties in food access and price volatility underscored the crucial role agriculture plays in every economy (Bournaris et al., 2016; Kołodziejczak, 2020; Kowalczyk & Sobiecki, 2019; Zegar, 2018). Beyond ensuring food security, the agricultural sector remains a cornerstone for rural development and a key driver of economic growth and development at both national and local levels (Gollin, 2010; Gylfason, 2000; Klimiuk, 2021; Loizou, Jurga, et al., 2019; Loizou, Karelakis, et al., 2019).

The outbreak of the COVID-19 pandemic caused numerous global economic shocks. The impact of the pandemic on agriculture needs to be understood more broadly than just as a demand–supply disruption in food systems. The negative impact of the pandemic on the global agricultural sector was

korelacji szeregowych i zależności przekrojowych. Natomiast model ARIMA został wybrany ze względu na możliwość uwzględnienia zarówno krótkookresowych fluktuacji, jak i długoterminowych trendów, co jest kluczowe w analizie wpływu na zmienne gospodarcze nieprzewidzianych zdarzeń, takich jak np. pandemia (Benvenuto i in., 2020).

W celu precyzyjnego uchwycenia dokładnych wzorców danych oraz ich dopasowania zastosowano w badaniu szereg czasowy o miesięcznej częstotliwości obejmujący okres od 2005 r. do 2022 roku. Badanie ekonometryczne zostało przeprowadzone w dwóch etapach. W pierwszym dokonano przy pomocy modelu FGLS analizy wpływu wybranych czynników na sektor rolnictwa, poszukując związków pomiędzy zmiennymi, w celu poznania kierunku ich oddziaływania. W drugim etapie badania posłużono się metodą ARIMA w celu przeprowadzenia symulacji, w ramach której określono prognozę produkcji rolnictwa, na podstawie danych sprzed pandemii, a następnie porównano z wynikami rzeczywistymi sektora, w celu określenia jej bezpośredniego wpływu.

Przegląd literatury

Sektor rolny, jako istotny element biogospodarki, odgrywa szczególną rolę w krajach wyszehradzkich, takich jak Słowacja, Czechy, Polska i Węgry. Przyczynia się on do tworzenia PKB, generowania wartości dodanej, wpływa na zatrudnienie w gospodarce, a także na poziom emisji gazów cieplarnianych (Lazorcakova i in., 2022). Ponadto produkcja rolna w tych krajach ma znaczący udział w całkowitej produkcji sektora rolno-spożywczego Unii Europejskiej (Vlad i Toma, 2022).

Znaczenie tego sektora jeszcze bardziej uwidoczniły wyzwania, które ujawniły się w trakcie pandemii COVID-19, gdy globalne i krajowe szoki gospodarcze zagroziły bezpieczeństwu żywnościowemu. Problemy związane z trudnościami w dostępie do żywności oraz zmiennością jej cen przypomniły, jak kluczową rolę rolnictwo odgrywa w każdej gospodarce (Bournaris i in., 2016; Kołodziejczak, 2020; Kowalczyk & Sobiecki, 2019; Zegar, 2018). Wykraczając poza zapewnienie bezpieczeństwa żywnościowego, sektor rolny pozostaje fundamentem rozwoju obszarów wiejskich oraz istotnym czynnikiem wpływającym na wzrost i rozwój gospodarczy zarówno na poziomie krajowym, jak i lokalnym (Gollin, 2010; Gylfason, 2000; Klimiuk, 2021; Loizou, Jurga i in., 2019; Loizou, Karelakis i in., 2019).

Wybuch pandemii COVID-19 wywołał liczne szoki gospodarcze o zasięgu globalnym. Oddziaływanie pandemii na rolnictwo należy rozumieć szerzej niż tylko jako zaburzenia popytowo-podażowe w systemach

evident on both the demand and supply side. These shocks in agriculture and the food industry affected agricultural production, consumer demand changes, and supply chain disruptions (Galanakis et al., 2022; Gruère & Brooks, 2021).

Jędruchiewicz et al. (2024) list the disruption of food supply chains, reduced agricultural productivity, food insecurity, and changes in consumer behavior as the most important consequences of the pandemic. In addition, the pandemic has increased farmers' interest in sustainable and digital agriculture.

Galanakis et al. (2022) indicated that the pandemic caused losses due to the need to dispose of perishable agricultural products, loss of income for farmers and increased unemployment in the food processing sector. Due to health restrictions and movement limitations, there were difficulties in obtaining labor, which further affected production losses. In some areas of the world, agricultural labor costs have increased due to difficulties recruiting labor and the need to implement health measures (Weersink et al., 2021). In some countries, agricultural production has been reduced due to lower demand for selected products (Haque et al., 2022). The pandemic has increased the risk of farming, threatening the stability of farms (Kozak, 2023).

In the literature, Galanakis et al. (2022) also mention other adverse effects of the pandemic on the agricultural sector, such as a change in consumption patterns and eating habits, an increase in panic buying and increased food insecurity, especially in developing countries that had to import agricultural raw materials. The COVID-19 pandemic also caused a surge in e-commerce in the food sector, which led to the bankruptcy of many small retail businesses. However, it was an opportunity for some agricultural producers to interact directly with the market and obtain real-time feedback from suppliers and buyers (Henry, 2020; Kołodziejczak, 2023).

However, the effects of the pandemic were not of the same magnitude or duration everywhere (Daniłowska, 2024). OECD data show that despite severe disruptions to agricultural supply chains and food processing in the first half of 2020, most of these problems were quickly mitigated. Agricultural and food markets stabilized at safe levels during the year, and gross farm incomes in OECD and developing countries had already increased in 2020. The economic crisis caused by the pandemic affected the agricultural sector less than other sectors of OECD economies (OECD, 2022). The most severe effects of the COVID-19 pandemic on the agricultural sector and food security were felt in developing countries, where they were more long-lasting (Chari et al., 2022; Roubik et al., 2022; Thanh et al., 2022).

żywnościowych. Negatywny wpływ pandemii na globalny sektor rolny był widoczny zarówno po stronie popytu, jak i podaży. Szoki te w rolnictwie oraz przemyśle spożywczym wpłynęły na produkcję rolną, zmiany w popycie konsumentów oraz zaburzenia w łańcuchach dostaw żywności (Galanakis i in., 2022; Gruère i Brooks, 2021). Jędruchiewicz i inni (2024) wymieniają wśród najważniejszych konsekwencji pandemii zakłócenia w łańcuchach dostaw żywności, zmniejszenie produktywności rolnictwa, brak bezpieczeństwa żywnościowego, a także zmiany w zachowaniach konsumentów. Ponadto pandemia zwiększyła zainteresowanie rolników zrównoważonym rolnictwem oraz rolnictwem cyfrowym.

Galanakis i in. (2022) wskazali, że pandemia spowodowała straty wynikające z konieczności utylizacji nietrwałych produktów rolnych, utratę dochodów przez rolników oraz wzrost bezrobocia w sektorze przetwórstwa spożywczego. Z powodu restrykcji zdrowotnych i ograniczeń w przemieszczaniu się wystąpiły trudności w pozyskaniu siły roboczej, co dodatkowo wpływało na straty w produkcji. W pewnych regionach świata zaobserwowano wzrost kosztów pracy w rolnictwie, wynikający z trudności w pozyskiwaniu pracowników oraz konieczności wdrażania środków ochrony zdrowia (Weersink i in., 2021). W niektórych krajach zmniejszono produkcję rolną z powodu ograniczenia popytu na wybrane produkty (Haque i in., 2022). Pandemia wyraźnie zwiększyła ryzyko prowadzenia działalności rolniczej, zagrażając stabilności gospodarstw rolnych (Kozak, 2023).

Galanakis i inni (2022) wymieniają także inne negatywne skutki pandemii dla sektora rolnego, takie jak zmiana struktury konsumpcji i nawyków żywieniowych, wzrost paniki zakupowej oraz zwiększenie braku bezpieczeństwa żywnościowego, szczególnie w krajach rozwijających się, które musiały importować surowce rolne. Pandemia COVID-19 spowodowała również gwałtowny wzrost handlu elektronicznego w sektorze żywnościowym, co doprowadziło do bankructwa wielu małych przedsiębiorstw handlu detalicznego. Jednak dla niektórych producentów rolnych była to szansa na bezpośredni kontakt z rynkiem oraz uzyskiwanie informacji zwrotnej od dostawców i nabywców w czasie rzeczywistym (Henry, 2020; Kołodziejczak, 2023).

Skutki pandemii COVID-19 nie miały jednak wszędzie takiej samej skali ani okresu trwania (Daniłowska, 2024). Z danych OECD (2022) wynika, że pomimo silnych zakłóceń w łańcuchach dostaw rolnych i przetwórstwa spożywczego w pierwszej połowie 2020 r. większość tych problemów została szybko złagodzona. Rynki rolne i żywnościowe ustabilizowały się na bezpiecznym poziomie w ciągu roku, a dochody

Due to the complex impact of the COVID-19 pandemic on agriculture, which depends on many factors (Liu et al., 2022), in this study, based on the literature review and the study by Sridhar et al. (2023), four primary areas of disruption that affected agriculture during the global pandemic were analyzed. These factors included agricultural sector production, domestic consumption and foreign trade in agricultural products. In addition, considering the peculiarities of the pandemic in V4 countries related to high inflation, the inflation rate was also included in the model in the study by Saboori et al. (2022).

The COVID-19 pandemic and the measures taken to combat the virus affected agriculture by disrupting food supply chains and, thus, the international exchange of food products (Şmuleac et al., 2020). Difficulties in this market were caused, among other things, by restrictions on some countries' food exports to ensure the availability of food products for their citizens (Espitia et al., 2020). The pandemic also caused changes in food consumption patterns (Abid & Jie, 2021). In addition, high inflation due to the pandemic and expansionary fiscal and monetary policies (Delardas et al., 2022) has also affected food demand, food security, and international agri-food markets (Siche, 2020).

Global trade in agricultural products has expanded rapidly since the early 20th century, leading to increased globalization and specialization in production (Dupas et al., 2022). The value of world food exports had increased steadily across all commodity groups for the two decades before the pandemic (2000–2019) (FAO, 2021). International trade facilitates specialization and aggregation of agricultural production systems (Wang et al., 2018). It is a dominant part of food complexes that, in addition to agriculture, include forestry, fisheries and aquaculture, and agro-processing. The interdependencies between agricultural production and international trade are crucial for food security and global food production systems (Dong et al., 2024). Kiforenko (2023) indicates that international trade reduces food insecurity by linking regions with limited agricultural potential and large populations to regions with a comparative agricultural advantage. Trade liberalization can alleviate poverty, reduce food prices, and increase access to various food products, benefiting producers and consumers, particularly in low- and middle-income countries (Knöblsdorfer, 2022). Foreign investment is also linked to trade, which increases agricultural production and contributes to the income of agricultural producers (Badu-Prah et al., 2023). The evolution of international agricultural trade networks has shown increasing complexity and closer trade relations,

brutto gospodarstw rolnych w krajach OECD oraz rozwijających się wzrosły już w 2020 roku. Kryzys gospodarczy wywołany pandemią dotknął sektor rolny w mniejszym stopniu niż inne sektory gospodarek krajów OECD. Najdotkliwsze skutki pandemii dla sektora rolnego oraz bezpieczeństwa żywnościowego odczuły kraje rozwijające się i tam były one bardziej długotrwałe (Chari i in., 2022; Roubík i in., 2022; Thanh i in., 2022).

Ze względu na złożony wpływ pandemii COVID-19 na rolnictwo, zależny od wielu różnych czynników (Liu i in., 2022), w niniejszym badaniu, korzystając z przeglądu literatury oraz opracowania Sridhara i in. (2023), przeanalizowano cztery główne obszary zaburzeń, które wpłynęły na rolnictwo w czasie globalnej pandemii. Czynniki te obejmowały produkcję sektora rolnego, konsumpcję wewnętrzną oraz handel zagranicznych produktami rolnictwa. Dodatkowo, uwzględniając specyfikę przebiegu pandemii w krajach V4 związaną z wystąpieniem wysokiej inflacji, w nawiązaniu do badań Saboori i in. (2022) do modelu została również włączona stopa inflacji.

Pandemia COVID-19 i działania podjęte w celu walki z wirusem wpłynęły na rolnictwo, zakłócając łańcuchy dostaw żywności, a tym samym wymianę międzynarodową produktami spożywczymi (Şmuleac i in., 2020). Trudności na tym rynku wywołane były m.in. przez ograniczenia niektórych krajów w eksporcie żywności, aby zapewnić dostępność produktów spożywczych dla własnych obywateli (Espitia i in., 2020). Pandemia spowodowała też zmiany w strukturze konsumpcji żywności (Abid i Jie, 2021). Poza tym również wysoka inflacja, będąca efektem pandemii i ekspansywnej polityki fiskalnej oraz monetarnej (Delardas i in., 2022), wpłynęła na popyt na żywność, bezpieczeństwo żywnościowe oraz międzynarodowe rynki produktów rolno-spożywczych (Siche, 2020).

Handel produktami rolnymi na świecie od początku XX w. szybko się rozwija, co prowadzi do zwiększonej globalizacji i specjalizacji w produkcji (Dupas i in., 2022). Wartość światowego eksportu żywności przez dwadzieścia lat przed pandemią (2000–2019) stale wzrastała we wszystkich grupach towarowych (FAO, 2021). Handel międzynarodowy ułatwia specjalizację i agregację systemów produkcji rolnej (Wang i in., 2018). Jest ona dominującą częścią kompleksów żywnościowych, które poza rolnictwem obejmują także leśnictwo, rybołówstwo i akwakulturę oraz przetwórstwo rolno-spożywcze. Współzależności między produkcją rolną a handlem międzynarodowym mają kluczowe znaczenie dla bezpieczeństwa żywnościowego i globalnych systemów produkcji żywności (Dong i in., 2024). Kiforenko (2023) wskazuje, że handel międzynarodowy przyczynia się do

with some countries being important in international agri-food trade (Erokhin et al., 2021). However, as Bai et al. (2021) indicated, foreign trade can adversely affect the optimal use of agricultural resources, such as land, agrarian technology, and fertilizers.

According to Kerr (2020), foreign trade is essential to agricultural production, food security, and global supply chains. The COVID-19 pandemic disrupted the international flow of agricultural commodities, negatively affecting agricultural producers. In the short term, it has exacerbated isolationist tendencies and the tendency of some governments to withdraw from the use of global supply chains, but its long-term effects are difficult to assess. In contrast, according to Cao et al. (2020), the COVID-19 pandemic negatively affected agricultural exports in the short term due to supply chain disruptions. In the long term, suppressed external demand and potential non-tariff trade barriers may have more profound and lasting adverse effects. In contrast, Lin & Zhang (2020) indicated in their study that the SARS-CoV-2 virus reduced China's agricultural exports, but exports of some agricultural products like cereals and oils remained high and even increased.

Ambroziak's research shows that exports of most agri-food products continued their upward trend for Poland in the first half of 2020. A decrease in sales of these products was noticed in a limited number of foreign markets (Chinese and Italian) and the case of some groups of goods, e.g., dairy products and meat products (Ambroziak, 2020). Naseer et al. (2023) found that the pandemic slowed down global economic activity and trade in commodities, affecting agriculture and food industries. Based on econometric studies, Arita et al. (2022) highlighted that the pandemic reduced agricultural trade by 5–10% at the aggregate sector level, with non-food items, meat products and higher-value agri-food products being most affected.

Some studies suggest that COVID-19 caused a collapse in prices and increased market risks in agriculture, while the results of other studies indicate that the pandemic led to an increase in the price of some basic food and agricultural commodities and thus threatened the basis of food security (Lugo-Morin, 2020). The disruption of supply chains due to numerous restrictions was cited as a causal factor in this case. It triggered many markets' sharp and substantial commodity price increases (Falkendal et al., 2021). COVID-19 has, for example, increased international grain prices and forced the need to increase domestic reserves of agricultural products and meat (Ijaz et al., 2021).

zmniejszenia braku bezpieczeństwa żywnościowego, łącząc regiony o ograniczonym potencjale rolniczym i dużej liczbie ludności z regionami o przewadze komparatywnej w rolnictwie. Liberalizacja handlu może złagodzić ubóstwo, obniżyć ceny żywności i zwiększyć dostęp do różnorodnych produktów spożywczych, przynosząc korzyści zarówno producentom, jak i konsumentom, szczególnie w krajach o niskich i średnich dochodach (Knöbelsdorfer, 2022). Z wymianą handlową związane są również inwestycje zagraniczne, które zwiększają produkcję rolną i przyczyniają się do wzrostu dochodów producentów rolnych (Badu-Prah i in., 2023). Ewolucja międzynarodowych sieci handlu rolnego wykazała z czasem rosnącą złożoność i ściślejsze stosunki handlowe, a niektóre kraje mają istotne znaczenie w międzynarodowym handlu rolno-spożywczym (Erokhin i in., 2021). Jednak, jak wskazują Z. Bai i inni (2021), handel zagraniczny może wywołać negatywne skutki związane z optymalnym wykorzystaniem zasobów w rolnictwie, takich jak grunty, technika agrarna i nawozy.

Kerr (2020) z kolei uważa, że handel zagraniczny jest istotnym czynnikiem wpływającym na produkcję rolną i bezpieczeństwo żywnościowe oraz światowe łańcuchy dostaw. Pandemia COVID-19 zakłóciła międzynarodowy przepływ towarów rolnych, oddziałując negatywnie na sytuację producentów rolnych. W krótkim okresie nasiliła tendencje izolacjonistyczne i skłonność niektórych rządów do wycofywania się z wykorzystywania globalnych łańcuchów dostaw, ale długofalowe skutki tego zjawiska są trudne do oceny. Natomiast zgodnie z ustaleniami Cao i innych (2020) pandemia COVID-19 negatywnie wpłynęła na eksport produktów rolnych w perspektywie krótkoterminowej ze względu na zakłócenia w łańcuchu dostaw. W długim okresie stłumiony popyt zewnętrzny i potencjalne pozataryfowe bariery handlowe mogą mieć głębsze i trwalsze negatywne skutki. Natomiast Lin i Zhang (2020) w swoich badaniach wskazali, że wirus SARS-CoV-2 doprowadził do zmniejszenia eksportu chińskich produktów rolnych, ale eksport niektórych produktów rolnych, jak zboża i oleje, utrzymał się na wysokim poziomie, a nawet wzrósł.

Z badań Ambroziaka (2020) wynika, że w przypadku Polski w pierwszym półroczu 2020 r. eksport większości produktów rolno-spożywczych kontynuował wzrostowy trend. Zmniejszenie sprzedaży tych produktów zauważono na ograniczonej liczbie zagranicznych rynków (chińskiego i włoskiego) i w przypadku niektórych grup towarów, np. produktów mleczarskich, mięsnych (Ambroziak, 2020). Naseer i inni (2023) stwierdzili, że pandemia spowolniła globalną aktywność gospodarczą i wymianę towarową, co wpłynęło na rolnictwo i przemysł spożywczy.

Yan et al. (2021) found that trade restrictions by different countries to isolate their markets from the world market during a viral pneumonia pandemic increased the volatility of world agricultural prices by about 22%, with more significant multiplier effects in agricultural exporting countries. Falkendal et al. (2021) estimated, by contrast, that trade restrictions and precautionary purchases by several critical actors during the COVID-19 pandemic may have caused a sharp increase in global food prices and severe local shortages of wheat, rice, and maize. This was particularly acute for underdeveloped and lower-income countries. By examining the prices of food sold online during the pandemic, Liu et al. (2022) noted that negative public sentiment related to fears of the virus significantly impacted agricultural prices in medium-risk regions. Those followed this impact in regions at low risk of virus spread.

In contrast, the results of other studies point to a pandemic-induced fall in the price of some agricultural products. Elleby et al. (2020) showed that the sharp pandemic-induced decline in many countries led to a reduction in international meat prices by 7–18% in 2020 and dairy products by 4–7% compared to before. In the following two years, prices of many agri-food products did not return to their pre-pandemic volumes. Balcilar et al. (2022) found instead that the COVID-19 pandemic caused a price collapse in agricultural markets and significantly increased market risk. According to a study by Akter (2020), correlations between food prices and lockdown restrictions were significant after accounting for differences in the impact of the pandemic across countries.

The change in food prices was one of the factors behind the rising inflation rate that affected most countries during and after the pandemic (Li et al., 2023). He & Huang (2023) found that the SARS-CoV-2 virus had the most significant impact on the US economy, causing high inflation in areas such as energy, retail and services, while countries in the European Union and China experienced high inflation due to import restrictions and energy price increases. Rubene (2020) from the European Central Bank (ECB) highlighted that food prices in the euro area can be an important factor influencing total inflation as expressed by the harmonized index of consumer prices (HICP), as food represents almost 20% of the HICP consumption basket and food inflation is highly volatile.

In contrast, the HICP inflation survey conducted for the ECB (O'Brien et al., 2021) showed that increases primarily influenced its increase in food commodity prices. It was due to higher costs in international and domestic supply chains. It was also

Arita i inni (2022) podkreślili na podstawie badań ekonometrycznych, że pandemia zmniejszyła handel produktami rolnymi o 5–10% na poziomie zagregowanego sektora, przy czym najbardziej ucierpiały artykuły nieżywnościowe, produkty mięsne i produkty rolno-spożywcze o wyższej wartości.

Niektóre badania sugerują, że COVID-19 spowodował załamanie cen i wzrost ryzyka rynkowego w rolnictwie, podczas gdy wyniki innych badań wskazują, że pandemia doprowadziła do wzrostu cen niektórych podstawowych artykułów spożywczych i rolnych, a tym samym zagroziła podstawom bezpieczeństwa żywnościowego (Lugo-Morin, 2020). Jako czynnik sprawczy podawano w tym przypadku przerwanie łańcuchów dostaw w związku z licznymi obostrzeniami. Wywołało to na wielu rynkach gwałtowne i silne wzrosty ceny towarów (Falkendal i in., 2021). Pandemii COVID-19 doprowadziła choćby do wzrostu międzynarodowych cen zbóż, wymusiła konieczność zwiększenia krajowych rezerw produktów rolnych oraz mięsa (Ijaz i in., 2021).

Yan i inni (2021) stwierdzili, że ograniczenia handlowe różnych krajów w celu odizolowania własnych rynków od rynku światowego podczas pandemii wirusowego zapalenia płuc zwiększyły zmienność światowych cen produktów rolnych o około 22%, przy czym w krajach eksportujących produkty rolne wystąpiły bardziej znaczące efekty mnożnikowe. Falkendal i inni (2021) oszacowali natomiast, że ograniczenia handlowe i zapobiegawcze zakupy dokonywane przez kilka kluczowych podmiotów podczas pandemii wirusa SARS-CoV-2 mogły spowodować gwałtowny wzrost cen żywności na świecie i poważne lokalne niedobory pszenicy, ryżu i kukurydzy. Było to szczególnie dotkliwe dla krajów słabo rozwiniętych i o niższych dochodach. Liu i inni (2022), badając ceny żywności sprzedawanej online podczas pandemii, zauważyli, że negatywne nastroje społeczne związane z obawami przed wirusem miały największy wpływ na ceny produktów rolnych w regionach o średnim ryzyku. Następnie ten wpływ był widoczny w regionach o niskim ryzyku rozprzestrzeniania się wirusa SARS-CoV-2.

Wyniki innych badań wskazują natomiast na spadek cen niektórych produktów rolnych spowodowany pandemią. Elleby i inni (2020) wykazali, że gwałtowny spadek tempa wzrostu gospodarczego w wielu krajach spowodowany pandemią doprowadził do obniżenia międzynarodowych cen mięsa o 7–18% w 2020 r., a produktów mlecznych o 4–7% w porównaniu z wcześniejszą sytuacją. W następnych dwóch latach ceny wielu produktów rolno-spożywczych nie wróciły do swych wielkości sprzed pandemii. Balcilar i inni (2022) stwierdzili natomiast,

influenced by higher demand for food, as households were forced to change their consumer behavior. Hillen (2021) also noted the same phenomenon, indicating that the effect of the pandemic was an increase in the US consumer food price index. However, in contrast to the increase in food prices in the USA, the prices offered in this market by e-commerce providers (e.g., Amazon Fresh) did not increase during the pandemic and even decreased slightly for several product groups.

In addition, Kaplan et al. (2023), in their research on food consumers in Turkey, showed that the pandemic affected the eating habits of consumers, who started to consume more health-promoting products, dietary supplements (e.g., vitamins) and medicinal plants. It has led to higher monthly food expenditures and a change in the basket of food products purchased. Similar behavior — an increase in the consumption of fruit and vegetables, especially such non-perishable agricultural products as apples and carrots—has been observed in many countries, such as Poland, Ecuador, China, Brazil, and Italy (Andrade-Cuvi et al., 2023).

Due to the multi-faceted relationship between agricultural production and individual food consumption, different effects have been observed in different economies. Research by Beacham & Evans (2023) shows that changes in agricultural value added can affect consumption levels, eventually leading to lower value added in the agricultural sector. According to Cruz-Cárdenas et al. (2021), the pandemic affected consumption habits due to decreased income and uncertainty, while staple products continued to form the basis of household expenditure. In contrast, Shimpo et al. (2022) showed that lockdowns introduced during the pandemic caused a change in eating habits worldwide. Consumers changed the frequency and number of snacks, sweets, and alcohol consumed, as well as vegetables and fruits. Increased consumption of alcohol, unhealthy foods and snacks was a result of the impact of isolation, job loss or financial problems. They were also influenced by feelings of loneliness and fear for their lives and those of their loved ones (Montero López et al., 2022). Similar conclusions were reached by Ambroziak (2020) and Chlipała and Żbikowska (2021), assessing the consumption of food products during a pandemic in Poland. In contrast, Jędruchiewicz et al. (2024), using the example of a study of the Polish agricultural market, found that the COVID-19 pandemic increased the production of the food industry, which, combined with the growing consumer interest in less processed products, resulted in a faster increase in the purchase of plant products compared to animal products. At the same

że pandemia COVID-19 spowodowała załamanie cen na rynkach rolnych i znacznie zwiększyła ryzyko rynkowe. Zdaniem Akter (2020) korelacje między cenami żywności a ograniczeniami związanymi z lockdownem były istotne po uwzględnieniu różnic w skutkach pandemii w poszczególnych krajach.

Zmiana cen żywności była jednym z czynników wpływających na wzrost stopy inflacji, która dotknęła większość krajów w czasie trwania i po zakończeniu pandemii (Li i in., 2023). He i Huang (2023) ustalili, że wirus SARS-CoV-2 miał największy wpływ na gospodarkę USA, powodując wysoką inflację w obszarach takich jak energia, handel detaliczny i usługi, podczas gdy kraje Unii Europejskiej i Chiny doświadczyły wysokiej inflacji z powodu ograniczeń importowych i wzrostu cen energii. Rubene (2020) z European Central Bank (ECB) podkreśliła, że ceny żywności w strefie euro mogą być ważnym czynnikiem wpływającym na inflację ogółem wyrażoną za pomocą zharmonizowanego wskaźnika cen konsumpcyjnych (HICP), ponieważ żywność stanowi prawie 20% koszyka konsumpcyjnego HICP, a inflacja cen żywności jest bardzo zmienna.

Natomiast badanie inflacji HICP przeprowadzone dla ECB (O'Brien i in., 2021) wykazało, że na jej wzrost w największym stopniu wpłynęło podniesienie cen towarów żywnościowych. Było to spowodowane wyższymi kosztami w międzynarodowych i krajowych łańcuchach dostaw. Oddziaływał na to także wyższy popyt na żywność, ponieważ gospodarstwa domowe zostały zmuszone do zmiany zachowań konsumenckich. Takie samo zjawisko odnotowała też Hillen (2021), wskazując, że efektem pandemii był wzrost indeksu cen żywności konsumpcyjnej w USA. Jednak w przeciwieństwie do wzrostu ogólnego poziomu cen żywności w USA ceny proponowane na tym rynku przez dostawców handlu elektronicznego (np. Amazon Fresh) nie wzrosły podczas pandemii, a nawet nieznacznie się zmniejszyły w przypadku kilku grup produktów.

Ponadto Kaplan i inni (2023) w badaniach nad konsumentami żywności w Turcji wykazali, że pandemia wpłynęła na nawyki żywieniowe konsumentów, którzy zaczęli spożywać więcej prozdrowotnych produktów, suplementów diety (np. witamin) i roślin leczniczo-aromatycznych. Doprowadziło to do wyższych miesięcznych wydatków na żywność i zmianę koszyka kupowanych produktów żywnościowych. Podobne zachowania (zwiększenie spożycie warzyw i owoców, w szczególności takich niepsujących się produktów rolnych, jak jabłka i marchew) zaobserwowano w wielu krajach, np. w Polsce, Ekwadorze, Chinach, Brazylii i we Włoszech (Andrade-Cuvi i in., 2023).

Ze względu na wieloaspektowy związek między produkcją rolną a konsumpcją indywidualną żywności

time, as indicated by Żurek and Rudy (2024), it can be seen that the longer the pandemic lasted, the greater the importance of socio-demographic factors such as gender, age, income level and education in changing the structure of food consumption.

According to Immordino et al. (2024), changes in consumption patterns were temporary and insignificant in the long term. A similar view is shared by Yannelis and Amato (2023), who found that COVID-19 led to a rapid decline and re-increase in consumption. In contrast, results for the United States reveal that the change in consumption patterns during the pandemic consisted of an increase in the consumption of fat, sugar and sugary products, and a decrease in the consumption of cereals, fruit, lean protein, and dairy products (Monroe-Lord et al., 2023). In the case of Europe, observed consumption patterns indicate that during the pandemic, there was a sharp increase in panic buying and the accumulation of products with a longer shelf life and stress-reducing products (fatty and sugary items) (Millard, 2022). Christelis et al. (2020) also found that fear of the financial consequences of a pandemic resulted in a significant reduction in the marginal propensity to consume in the European Union. It was the result of precautionary saving and liquidity constraints. The introduction of business restrictions in the wider HoReCa industry reduced demand for fresh agricultural produce, poultry and fishery products, causing disruption to the agricultural supply chain and harming the agricultural sector (Lusk & Anderson, 2020; Singh et al., 2022).

Considering studies using rigorous econometric methodology on the impact of the COVID-19 pandemic on agriculture, it should be noted that they are not numerous. Tampubolon (2023) used the ARDL model to investigate whether the COVID-19 pandemic harmed Indonesia's economic growth concerning the agri-food sector. He indicated that there was no substantial evidence for this. Using a VAR model, Daglis et al. (2020) examined how the pandemic affected the decline in oat and wheat production. Arita et al. (2022) used a gravity model to determine that COVID-19 reduced agricultural trade by 5–10%. Güngör i Erer (2022), using the TVP-VAR model in the example of Turkey, determined that exchange rate changes during the COVID-19 pandemic influenced a sharp increase in food prices. In contrast, Onyeaka et al. (2022), using ordinary least squares (OLS) regression methods, found that the pandemic worsened the terms of trade for agricultural products, affecting a decline in food security in African countries. Using OLS regression, Yaddanapudi and Mishra confirmed the pandemic's negative impact on wheat yields in the USA.

w różnych gospodarkach obserwowano odmienne efekty. Badania Beachama i Evansa (2023) pokazują, że zmiany wartości dodanej w rolnictwie mogą wpływać na poziom konsumpcji, co w dalszej perspektywie może prowadzić do obniżenia wartości dodanej w sektorze rolnym. Cruz-Cárdenas i inni (2021) uważają, że okres pandemii wpłynął na nawyki konsumpcyjne ze względu na spadek dochodów i niepewność, natomiast produkty podstawowe nadal stanowiły podstawę wydatków gospodarstw domowych. Natomiast Shimpo i inni (2022) wykazali, że lockdowny wprowadzane w czasie pandemii spowodowały zmianę nawyków żywieniowych na całym świecie. Konsumenci zmieniili częstotliwość oraz ilość spożywanych przekąsek, słodczy i alkoholu, ale także warzyw i owoców. Zwiększone spożycie alkoholu, niezdrowej żywności i przekąsek było wynikiem oddziaływania izolacji, utraty pracy lub problemów finansowych. Wpłynęły na to też poczucie osamotnienia oraz lęk o życie swoje i najbliższych (Montero López i in., 2022). Do podobnych wniosków doszli Ambroziak (2020) oraz Chlipała i Żbikowska (2021), oceniający konsumpcję produktów spożywczych w czasie pandemii w Polsce. Natomiast Jędruchiewicz i inni (2024) na przykładzie badania polskiego rynku rolnego stwierdzili, że pandemia COVID-19 zwiększyła produkcję przemysłu spożywczego, co w połączeniu z rosnącym zainteresowaniem konsumentów mniej przetworzonymi produktami spowodowało szybszy wzrost skupu produktów roślinnych w porównaniu z produktami zwierzęcymi. Jednocześnie, jak wskazują Żurek i Rudy (2024), można zauważyć, że im dłużej trwała pandemia, tym większe znaczenie dla zmiany struktury konsumpcji żywności miały czynniki społeczno-demograficzne, takie jak płeć, wiek, poziom dochodów i wykształcenie.

Według Immordino i in. (2024) zmiany w strukturze konsumpcji były tymczasowe i nieistotne w długiej perspektywie. Podobną opinię podziela Yannelis i Amato (2023), którzy stwierdzili, że COVID-19 doprowadził do szybkiego spadku i ponownego zwiększenia konsumpcji. Z kolei wyniki badań dla Stanów Zjednoczonych ujawniają, że zmiana struktury konsumpcji w czasie pandemii polegała na zwiększeniu spożycia tłuszczu, cukru i słodkich produktów oraz zmniejszeniu spożycia zbóż, owoców, chudego białka i nabiału (Monroe-Lord i in., 2023). W przypadku Europy zaobserwowane wzorce konsumpcji wskazują, że podczas pandemii nastąpił gwałtowny wzrost paniki zakupowej oraz gromadzenia produktów o dłuższym okresie przydatności do spożycia i produktów zmniejszających stres (artykuły tłuste i słodkie) (Millard, 2022). Christelis i inni (2020) stwierdzili także, że obawy przed finansowymi konsekwencjami pandemii spowodowały

Summarizing the literature review carried out, it should be noted that despite the relatively numerous publications treating the impact of the COVID-19 pandemic on various areas of the economy, there is very little research relating to agriculture and the impact of COVID-19 on this part of the economy is still not fully understood. The literature review undertaken indicates that there is also a lack of comprehensive econometric studies providing solid empirical evidence in this area, especially for the countries of the European Union and Central and Eastern Europe, where agriculture is an essential sector of the national economy. On the other hand, the few studies discussing this issue, which dealt with the period before the COVID-19 pandemic, indicate a research gap in this area. This study, using econometric methodology, therefore, tries to fill the gap by providing new empirical evidence on the impact of the pandemic on agriculture in V4 countries.

w Unii Europejskiej znaczne ograniczenie krańcowej skłonności do konsumpcji. Było to efektem zapobiegawczego oszczędzania i ograniczania płynności. Wprowadzenie ograniczeń działalności gospodarczej w szeroko rozumianej branży HoReCa doprowadziło do zmniejszenia popytu na świeże produkty rolnicze, drób i produkty rybołówstwa, powodując zakłócenia w rolniczym łańcuchu dostaw, i oddziaływało negatywnie na sektor rolniczy (Lusk i Anderson, 2020; Singh i in., 2022).

Uwzględniając badania wykorzystujące ścisłą metodologię ekonometryczną w obszarze wpływu pandemii na rolnictwo, należy wskazać, że nie są one liczne. Tampubolon (2023) wykorzystał model ARDL do zbadania, czy pandemia wirusa SARS-CoV-2 miała negatywny wpływ na wzrost gospodarczy Indonezji w odniesieniu do sektora rolno-spożywczego. Wskazał, że brak na to istotnych dowodów. Daglis i inni (2020) przy pomocy modelu VAR zbadali, że pandemia wpłynęła na spadek produkcji owsa i pszenicy. Arita i inni (2022) wykorzystali model grawitacyjny, aby określić, że COVID-19 zmniejszył ogólny handel produktami rolnymi o 5–10%. Güngör i Erer (2022) przy pomocy modelu TVP-VAR na przykładzie Turcji określili, że zmiany kursów walutowych w czasie pandemii koronawirusa wpłynęły na gwałtowny wzrost cen żywności. Natomiast Onyeaka i inni (2022), stosując zwykłe metody regresji (OLS), ustalili, że pandemia pogorszyła warunki handlu produktami rolnymi, wpływając na spadek bezpieczeństwa żywnościowego w krajach Afryki. Yaddanapudi i Mishra (2021) za pomocą regresji OLS potwierdzili negatywny wpływ pandemii na plony pszenicy w USA.

Podsumowując przeprowadzoną analizę literatury, należy zauważyć, że pomimo stosunkowo licznych publikacji traktujących o wpływie pandemii na różne obszary gospodarki badania odnoszące się do rolnictwa nie są bardzo liczne, a oddziaływania COVID-19 na tę część gospodarki nadal nie zostały w pełni poznane. Dokonany przegląd literatury wskazuje, że brakuje również kompleksowych badań ekonometrycznych dostarczających solidnych dowodów empirycznych w tym obszarze, szczególnie dla krajów Unii Europejskiej i Europy Środkowo-Wschodniej, w których rolnictwo stanowi ważny sektor gospodarki narodowej. Natomiast nieliczne opracowania omawiające tę problematykę, które dotyczyły okresu przed pandemią, wskazują na występowanie pewnej luki badawczej w tym zakresie. Przeprowadzone badanie przy wykorzystaniu metodologii ekonometrycznej stara się wypełnić więc wskazaną lukę, dostarczając nowe dowody empiryczne w zakresie wpływu pandemii na rolnictwo w krajach V4.

Material and Methods

Data and Data Sources

Meeting the stated objectives of the study required the use of high-frequency data. Therefore, the survey uses monthly panel data for the Visegrad countries, covering the period from January 2005 to December 2022. Data on inflation (HICP), imports (IMA) and exports (EXA) are published at a monthly frequency, while other variables are available at a quarterly frequency. To use more precise data and improve the model's accuracy, the quarterly variables have been converted to monthly data using the Denton method (Stoer & Bulirsch, 2002). All variables are taken from the Eurostat database. The dependent variable is value added generated by agriculture, forestry, and fishing (AVA), which is the most detailed and, at the same time, the most widely published information on the economic performance of the agricultural sector. In addition, the value-added generated by agriculture, forestry, and fisheries (AFF) covers the key sectors of the primary economy. Although this indicator also includes forestry and fisheries, it is possible, based on FAO research (FAO, 2020) that it can be considered to reflect the agricultural sector, as agriculture usually forms the dominant part of this category. This makes it representative of changes in agricultural production. The names of the variables, their descriptions, and sources are presented in Table 1.

Materiał i metody

Dane i źródła danych

Realizacja założonych celów badania wymagała zastosowania danych o wysokiej częstotliwości. W związku z tym w badaniu wykorzystano miesięczne dane panelowe dotyczące krajów Grupy Wyszehradzkiej obejmujące okres od stycznia 2005 r. do grudnia 2022 roku. Dane dotyczące inflacji (HICP) oraz importu (IMA) i eksportu (EXA) są publikowane z częstotliwością miesięczną, natomiast pozostałe zmienne są dostępne z częstotliwością kwartalną. Aby móc korzystać z bardziej precyzyjnych danych i poprawić dokładność modelu, zmienne kwartalne zostały przekształcone na dane miesięczne przy użyciu metody Dentona (Stoer i Bulirsch, 2002). Wszystkie zmienne pochodzą z bazy danych Eurostatu. Zmienną zależną jest wartość dodana wytworzona przez rolnictwo, leśnictwo i rybołówstwo (AVA), co stanowi najbardziej szczegółową i jednocześnie publikowaną z największą dostępnością informację o wynikach gospodarczych sektora rolnego. Ponadto wartość dodana wytworzona przez rolnictwo, leśnictwo i rybołówstwo (AFF) obejmuje kluczowe sektory gospodarki pierwotnej. Mimo że wskaźnik ten uwzględnia również leśnictwo i rybołówstwo, można na podstawie badania FAO (FAO, 2020) uznać, że odzwierciedla on sektor rolny, ponieważ rolnictwo zazwyczaj stanowi dominującą część tej kategorii. To czyni go reprezentatywnym dla zmian w produkcji rolnej. Nazwy zmiennych, ich opisy oraz źródła zostały przedstawione w tabeli 1.

Table 1. Variables and data sources

Tabela 1. Zmienne i źródła danych

| Variable / Zmienna | Symbol / Symbol | Unit of measurement / Jednostka miary |
|--|--------------------|---|
| Value added by agriculture, hunting and fishing / Wartość dodana przez rolnictwo, łowiectwo i rybołówstwo | AVA | EUR million (at constant 2010 prices) / mln EUR (w cenach stałych z 2010 r.) |
| Household final consumption expenditure / Wydatki na spożycie końcowe gospodarstw domowych | FC | EUR million (at constant 2010 prices) / mln EUR (w cenach stałych z 2010 r.) |
| Harmonized index of consumer prices / Zharmonizowany wskaźnik cen konsumpcyjnych | HICP | % y/y / % r/r |
| Export of agricultural products (according to CPA 2.1) / Zharmonizowany wskaźnik cen konsumpcyjnych | EXA | in 100 tonnes / w 100 ton |
| Imports of agricultural products (according to CPA 2.1) / Import produktów rolnych (według CPA 2.1) | IMA | in 100 tonnes / w 100 ton |

Source: authors' own compilation based on Eurostat (n.d.).

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Eurostatu (b.d.).

The Econometric Framework of the Study

The study used the feasible generalized least squares (FGLS) model developed by Fomby et al. (1984). This method is based on an appropriate transformation that aims to transform the model so that the errors are homoscedastic and uncorrelated. This approach has two main advantages: it is suitable for panel data estimation when the number of periods exceeds the number of cross-sectional units, and it is robust to cross-sectional dependence (CSD), a common phenomenon in panel macroeconomic data. Compared to standard least squares (OLS)-based regression, this method is robust to autocorrelation and heteroscedasticity and can estimate robust standard errors (Bai et al., 2021). The following equation can express the general form of the FGLS model:

$$\hat{\beta}_{FGLS} = (X' \hat{\Omega}^{-1} X)^{-1} X' \hat{\Omega}^{-1} Y \quad (1)$$

where: $\hat{\Omega}$ —the variance-covariance matrix of the residuals, X —the observation matrix of the independent variables, $\hat{\beta}$ —the parameter vector of the regression model, y —the observation vector of the dependent variable.

Considering the study's objectives and the theoretical underpinnings, the baseline model was presented as a linear function with agricultural value added as the dependent variable. In contrast, the control variables are consumption expenditure, inflation, agricultural exports and imports. All variables, except HICP, were logarithmically transformed. The output form of the model is shown below:

$$\ln AVA_{it} = \alpha + \beta_1 \ln FC_{it} + \beta_2 \ln EXA_{it} + \beta_3 \ln IMA_{it} + \beta_4 \ln HICP_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$\ln AVA_{it} = \alpha + \beta_1 \ln FCS_{it} + \beta_2 \ln EXA_{it} + \beta_3 \ln IMA_{it} + \beta_4 \ln HICP_{it} + \beta_4 \ln HICPSQ_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

where: β —the estimated parameters of the models, ε_{it} —the error component

As a first step in the empirical analysis, CSD tests were conducted between the countries studied to determine the optimal estimation procedure. Given that a few cross-sectional units characterized the panel of countries studied, the Breusch–Pagan LM (Lagrange Multiplier) test was applied to detect cross-sectional

Ramy ekonometryczne badania

W badaniu zastosowano model Feasible Generalized Least Squares (FGLS) opracowany przez Fomby'ego i innych (1984). Metoda ta opiera się na odpowiedniej transformacji, której celem jest przekształcenie modelu w taki sposób, aby błędy były homoscedastyczne i nieskorelowane. Podejście to ma dwie główne zalety: nadaje się do estymacji danych panelowych, gdy liczba okresów przewyższa liczbę jednostek przekroju poprzecznego, oraz jest odporne na zależności przekroju poprzecznego (CSD), co jest częstym zjawiskiem w panelowych danych makroekonomicznych. W porównaniu ze standardową regresją bazującą na metodzie najmniejszych kwadratów (OLS) metoda ta jest odporna na autokorelację i heteroskedastyczność, a także umożliwia estymację solidnych błędów standardowych (J. Bai i in., 2021). Ogólna postać modelu FGLS może być wyrażona za pomocą następującego równania:

gdzie: $\hat{\Omega}$ oznacza macierz wariancji-kowariancji reszt, X macierz obserwacji zmiennych niezależnych, $\hat{\beta}$ wektor parametrów modelu regresji, a y wektor obserwacji zmiennej zależnej.

Uwzględniając cele badania oraz podstawy teoretyczne, model bazowy został przedstawiony w postaci funkcji liniowej, w której wartość dodana w sektorze rolnictwa jest zmienną zależną, natomiast zmiennymi kontrolnymi są wydatki na spożycie, inflacja, eksport oraz import produktów rolnych. Wszystkie zmienne, z wyjątkiem HICP, zostały poddane transformacji logarytmicznej. Wyjściową postać modelu przedstawiono poniżej:

gdzie: β to oszacowane parametry modeli, natomiast ε_{it} to składnik błędny

W pierwszym etapie analizy empirycznej przeprowadzono testy CSD między badanymi krajami w celu określenia optymalnej procedury estymacji. Biorąc pod uwagę, że panel badanych krajów charakteryzował się małą liczbą jednostek przekroju poprzecznego, zastosowano test Breuscha–Pagana LM

dependencies from the model's residuals (Breusch & Pagan, 1979). The null hypothesis of this test is that there is no cross-section dependence. To select optimal estimation methods, a heteroscedasticity test based on White's test (1980) and an autocorrelation test based on Wooldridge's panel test were also performed (Wooldridge, 2010).

The examined time series were analyzed for a unit root (unit root test) in the next step. Considering the cross-sectional dependencies in the studied data, the second-generation cross-sectionally augmented IPS (CIPS) test was developed by Im et al. (2003). To confirm the existence of cointegration between the variables, the Westerlund cointegration test was applied (2007), which is robust to the presence of CSD. To confirm the robustness of the results obtained, a modified HICPSQ variable, the square of inflation (HICP), was added to the estimated equation. Using this variable made it possible to examine the U-shaped effect of inflation on the dependent variable. In addition, to assess the impact of the pandemic on the dependent variable under study, a dummy variable (COVIDDUMMY) was used, taking the value of 1 during the increased lockdown (March 2020–April 2021). The lockdown period was determined using data from the work of Filonchik et al. (2021), and Secco and Conte (2022).

Forecasting was carried out using the ARIMA model to estimate the impact of the pandemic on agricultural production volumes. The ARIMA model is a type of linear time series prediction method with high accuracy (Hyndman & Khandakar, 2008). This study used an automatic iterative method of selecting the best model parameters (Auto ARIMA) to obtain robust results (Awan & Aslam, 2020)

Results

Preliminary Analysis

Figure 1 shows the descriptive statistics of the studied series at the beginning and end of the research period. Data comparability was achieved by normalization based on a logarithmic transformation. Figure 2, on the other hand, illustrates the nominal values of the series under study for each country during the period under analysis. A comparison of the information in the two figures reveals significant changes in the variables studied. In 2005, value added by agriculture, forestry, and fisheries averaged around EUR 767 million, while in 2022, it increased to around EUR 812 million, with a reduction in inter-country

(ang. *Lagrange Multiplier*) wykrywający zależności przekroju poprzecznego na podstawie reszt modelu (Breusch i Pagan, 1979). Hipoteza zerowa tego testu zakłada brak zależności przekroju poprzecznego. W celu doboru optymalnych metod estymacji przeprowadzono także test heteroskedastyczności bazujący na teście White'a z 1980 r. oraz test autokorelacji na podstawie panelowego testu Wooldridge'a (2010).

W kolejnym etapie przeanalizowano badane szeregi czasowe pod kątem występowania pierwiastka jednostkowego (test unit root). Uwzględniając zależności przekroju poprzecznego w badanych danych, wybrano test drugiej generacji Cross-Sectionally Augmented IPS (CIPS) opracowany przez Ima i innych (2003). Aby potwierdzić istnienie kointegracji między zmiennymi, zastosowano test kointegracji Westerlunda (2007), który jest odporny na występowanie CSD. W celu potwierdzenia solidności uzyskanych wyników do szacowanego równania dodano zmodyfikowaną zmienną HICPSQ będącą kwadratem inflacji (HICP). Zastosowanie tej zmiennej pozwoliło na zbadanie U-kształtnego wpływu inflacji na zmienną zależną. Ponadto, aby ocenić wpływ pandemii na badaną zmienną zależną, zastosowano zmienną fikcyjną (COVIDDUMMY), przyjmującą wartość 1 w okresie wzmożonego lockdownu (marzec 2020 – kwiecień 2021). Okres lockdownu został wyznaczony na podstawie danych z prac Filonchyka i innych (2021) oraz Secco i Conte (2022).

W celu oszacowania wpływu pandemii na wielkość produkcji w rolnictwie przeprowadzono prognozę przy pomocy modelu ARIMA. Model ARIMA jest rodzajem liniowej metody przewidywania szeregów czasowych o wysokiej dokładności (Hyndman i Khandakar, 2008). W badaniu zastosowano automatyczną, iteracyjną metodę doboru najlepszych parametrów modelu (Auto ARIMA) w celu uzyskania solidnych wyników (Awan i Aslam, 2020).

Wyniki

Analiza wstępna

Na wykresie 1 przedstawiono statystyki opisowe badanych szeregów na początku i końcu okresu badawczego. Porównywalność danych osiągnięto za pomocą normalizacji opartej na transformacji logarytmicznej. Natomiast na wykresie 2 zobrazowano nominalne wartości badanych szeregów dla poszczególnych krajów w analizowanym okresie. Porównanie informacji z obu wykresów ujawnia istotne zmiany w badanych zmiennych. W 2005 r. wartość dodana przez rolnictwo, leśnictwo i rybołówstwo wynosiła średnio około 767 mln EUR, podczas gdy w 2022 r. wzrosła do około 812 mln EUR, przy jednoczesnym

variability (the standard deviation fell from 0.907 to 0.633). Consumption expenditure increased by an average of EUR 6.03 million, with higher variability (the deviation increased from 0.627 to 0.701), indicating a variation in consumption levels between the countries studied. Imports of agricultural products increased significantly, from around 13.29 million tonnes in 2005 to around 139.36 million tonnes in 2022, and exports increased from 193.24 million tonnes to around 467.49 million tonnes, with less variability between countries (the variation fell from 0.858 to 0.559).

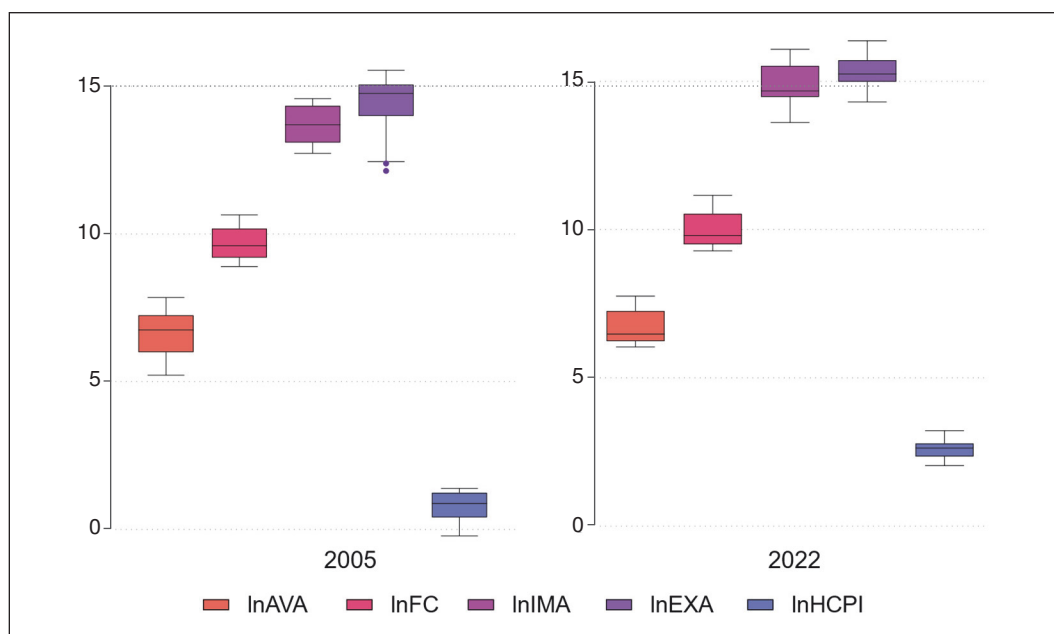
Inflation increased significantly, from an average of 2.4% in 2005 to around 13.3% in 2022. A particular increase in inflation in the countries studied was recorded towards the end of the research period, with a decrease in volatility (the variance decreased from 0.434 to 0.298). Thus, it can be noted that similar economic conditions characterised the Visegrad Group (V4) countries during the period under study. At the same time, Poland's dominant role was noticeable due to its larger area, population, and resources, which had higher agricultural and consumption production values.

zmniejszeniu zmienności między krajami (odchylenie standardowe spadło z 0,907 do 0,633). Wydatki na spożycie wzrosły średnio o 6,03 mln EUR, przy większej zmienności (odchylenie wzrosło z 0,627 do 0,701), co wskazuje na zróżnicowanie poziomu konsumpcji między badanymi krajami. Import produktów rolnych znacząco wzrósł, z około 13,29 mln t w 2005 r. do około 139,36 mln t w 2022 r., a eksport zwiększył się z 193,24 mln t do około 467,49 mln t, przy mniejszej zmienności między krajami (odchylenie spadło z 0,858 do 0,559).

Inflacja wzrosła znacząco, od średniej wartości 2,4% w 2005 r. do około 13,3% w 2022 roku. Szczególny wzrost inflacji w badanych krajach zanotowano pod koniec okresu badawczego, przy jednoczesnym spadku zmienności (odchylenie zmniejszyło się z 0,434 do 0,298). Można więc zauważyć, że w badanym okresie państwa Grupy Wyszehradzkiej (V4) charakteryzowały się podobnymi warunkami gospodarczymi. Jednocześnie zauważalna była dominująca rola Polski, która ze względu na większą powierzchnię, liczbę ludności oraz zasoby miała wyższe wartości produkcji sektora rolnictwa oraz konsumpcji.

Figure 1. Box drawing showing the variables under study in 2005 and 2022

Wykres 1. Wykres pudełkowy przedstawiający badane zmienne w latach 2005 i 2022

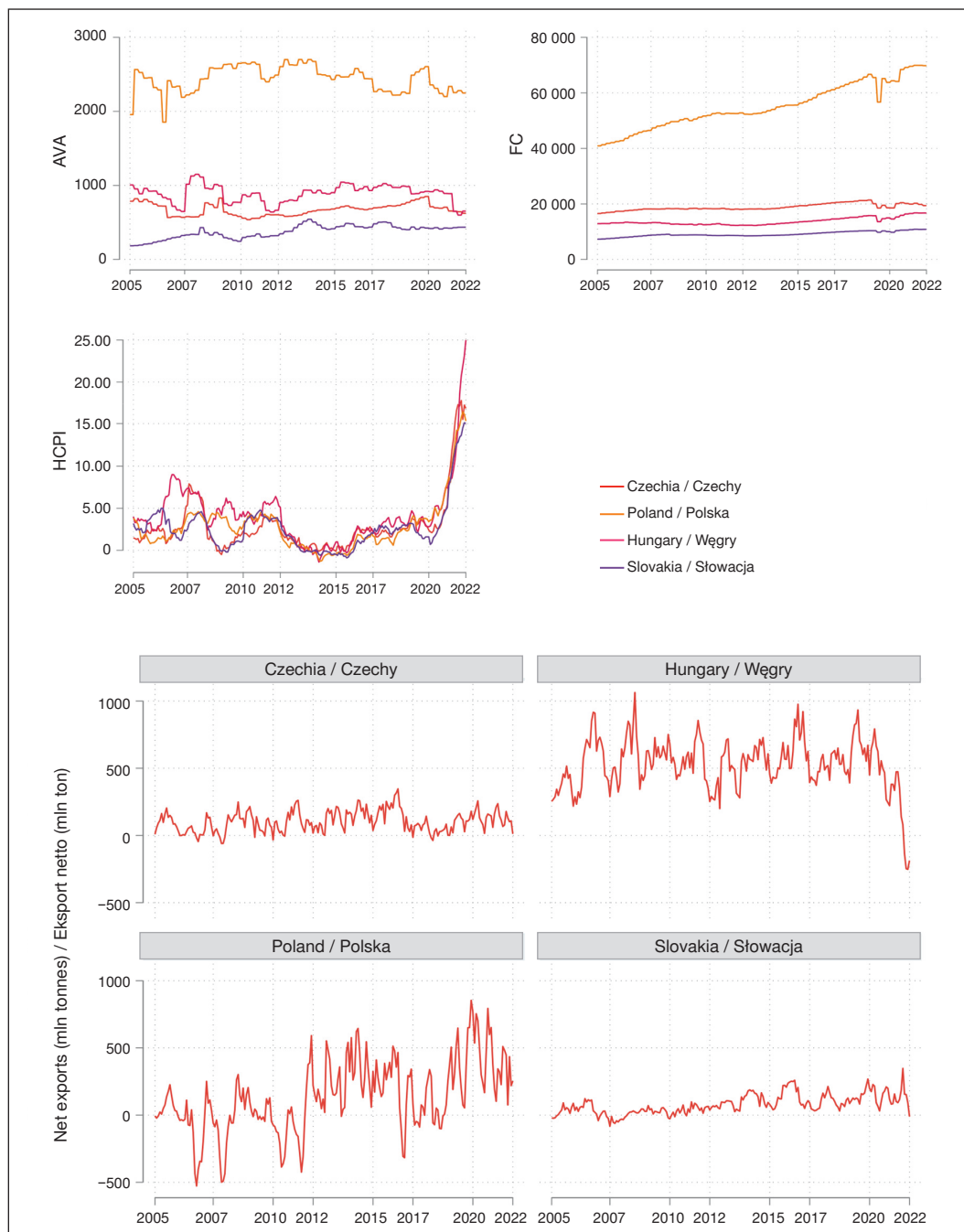


Note: The symbol ln denotes the natural logarithm of the variables studied /
 Uwaga: Symbol ln oznacza logarytm naturalny badanych zmiennych

Source: authors' research.

Źródło: badania własne autorów.

Figure 2. The time series studied and their variability from 2005 to 2022
Wykres 2. Badane szeregi czasowe i ich zmienność w latach 2005–2022



Source: authors' research.

Źródło: badania własne autorów.

Table 2 shows the results of the correlation analysis. The values obtained indicate that all variables, except inflation (HICP), show a moderate and positive association with agricultural production (AVA). At the same time, there is no evidence of perfect linear representation among the variables studied, given that all correlation coefficients are below 0.80.

W tabeli 2 przedstawiono wyniki analizy korelacji. Uzyskane wartości wskazują, że wszystkie zmienne, z wyjątkiem inflacji (HICP), wykazują umiarkowane i pozytywne powiązanie z produkcją rolnictwa (AVA). Jednocześnie wśród badanych zmiennych nie ma dowodów na doskonałą reprezentację liniową, biorąc pod uwagę, że wszystkie współczynniki korelacji wynoszą poniżej 0,80.

Table 2. Correlation table of the variables studied
Tabela 2. Tablica korelacji badanych zmiennych

| Variables / Zmienne | lnAVA | lnFC | HICP | lnEXA | lnIMA |
|---------------------|--------|-------|--------|-------|-------|
| lnAVA | 1.000 | 0.619 | -0.022 | 0.632 | 0.648 |
| lnFCS | 0.619 | 1.000 | 0.023 | 0.477 | 0.695 |
| HICP | -0.022 | 0.023 | 1.000 | 0.122 | 0.095 |
| lnEXA | 0.632 | 0.477 | 0.122 | 1.000 | 0.377 |
| lnIMA | 0.648 | 0.695 | 0.095 | 0.377 | 1.000 |

Source: authors' research.

Źródło: badania własne autorów.

In addition, to confirm the absence of a collinearity problem between the variables, a variance inflation factor (VIF) test was performed, shown in Table 3. The VIF values obtained are lower than 10, with an average of 2.15, indicating the absence of strong collinearity. Thus, all preliminary tests confirm that the series and variables can be further analyzed.

Dodatkowo w celu potwierdzenia braku problemu współliniowości między zmiennymi przeprowadzono test VIF (ang. *Variance Inflation Factor*), którego wyniki przedstawiono w tabeli 3. Uzyskane wartości współczynnika VIF są niższe niż 10, a średnia wynosi 2,15, co wskazuje na brak silnej współliniowości. Tym samym wszystkie wstępne testy potwierdzają, że szeregi i zmienne mogą być poddane dalszej analizie.

Table 3. VIF multicollinearity test for the dependent variable AVA
Tabela 3. Test wielowspółliniowości VIF dla zmiennej zależnej AVA

| Variables / Zmienne | VIF | 1/VIF |
|---------------------|------|-------|
| lnFC | 3.89 | 0.257 |
| HICP | 1.05 | 0.949 |
| lnEXA | 1.35 | 0.742 |
| lnIMA | 2.31 | 0.432 |

Source: authors' research.

Źródło: badania własne autorów.

Table 4 shows the results of the Breusch–Pagan LM test. The resulting value of the test statistic allows the rejection at the 1% significance level of the null hypothesis, indicating no cross-sectional dependence. It suggests that there are significant cross-correlations between the countries under study and that any shock to the variables under study in one country can spill over to other Visegrad countries. In addition, autocorrelation and heteroscedasticity were confirmed, indicating the need for estimation methods based on FGLS models and robust standard errors according to the heteroscedasticity- and autocorrelation-consistent (HAC) method. In the final step of the preliminary analysis, unit root tests were carried out, as shown in Table 5. The values obtained indicate that the series is stationary horizontally and in the first difference.

W tabeli 4 przedstawiono wyniki testu Breuscha–Pagana LM. Uzyskana wartość statystyki testowej pozwala na odrzucenie na poziomie istotności 1% hipotezy zerowej wskazującej na brak zależności przekroju poprzecznego. Sugeruje to, że między badanymi krajami występują istotne współzależności, a każdy szok dotyczący badanych zmiennych w jednym kraju może przenieść się na inne kraje Grupy Wyszehradzkiej. Dodatkowo potwierdzono występowanie autokorelacji i heteroskedastyczności, co wskazuje na konieczność zastosowania metod estymacji opartych na modelach FGLS i solidnych błędach standardowych zgodnie z metodą HAC (Heteroskedasticity- and Autocorrelation-Consistent). W ostatnim etapie analizy wstępnej przeprowadzono testy pierwiastka jednostkowego, których wyniki przedstawiono w tabeli 5. Uzyskane wartości wskazują, że szeregi są stacjonarne zarówno w poziomie, jak i przy pierwszej różnicy.

Table 4. Preliminary tests of the test data panel
Tabela 4. Wstępne testy badanego panelu danych

| Test / Test | Test statistics / Statystyka testowa | Value / Wartość | Probability / Prawdopodobieństwo |
|---|--|--------------------|-------------------------------------|
| Wooldridge panel autocorrelation test / Panelowy test autokorelacji Wooldridge'a | F | 53.965 | 0.000 |
| White's panel heteroscedasticity test / Panelowy test heteroskedastyczności White'a | χ^2 | 151.62 | 0.001 |
| Breusch–Pagan LM cross-section dependency test / Test zależności przekroju poprzecznego Breuscha–Pagana LM | χ^2 | 85.41 | 0.001 |
| Westerlund panel cointegration test / Panelowy test kointegracji Westerlunda | coefficient variance / współczynnik wariancji | 1.416 | 0.078 |

Source: authors' research.

Źródło: badania własne autorów.

Table 5. Unit root tests based on the CIPS method
Tabela 5. Testy pierwiastka jednostkowego w oparciu o metodę CIPS

| Variable / Zmienna | Level / Poziom | First difference / Pierwsza różnica |
|--------------------|----------------|-------------------------------------|
| lnAVA | -2.47** | -10.98*** |
| lnFC | -2.33** | -11.10*** |
| HICP | -3.04*** | -9.33*** |
| lnEXA | -4.72*** | -11.60*** |
| lnIMA | -5.27*** | -9.58*** |

Explanations: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$; ln denotes the natural logarithm; a lag of one period was used in the CIPS panel unit root test /
 objaśnienia: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$; ln oznacza logarytm naturalny; opóźnienie o jeden okres zostało wykorzystywane w panelowym teście pierwiastka panelu jednostkowego CIPS

Source: authors' research.

Źródło: badania własne autorów.

Empirical Results

Taking stationarity and cointegration into account, the FGLS model was analysed. Table 6 shows the results of the model estimation. A dummy variable (COVIDDUMMY) was introduced into the set of variables to control for the impact of the period of strong lockdown in the study countries (March 2020 to April 2021) on the dependent variable. As expected, a positive 1% change in consumption expenditure resulted in a 1.11% increase in value-added generated by agriculture. Agriculture is a sector that provides products and services that are critical to society. People still had to meet their basic food needs during the health and economic crisis. At the same time, any shocks and disruptions to consumer spending structure may have negatively impacted agricultural production.

Wyniki empiryczne

Biorąc pod uwagę stacjonarność i kointegrację, analizie poddano model FGLS. W tabeli 6 przedstawiono wyniki estymacji modeli. Do zestawu zmiennych wprowadzono zmienną fikcyjną (COVIDDUMMY), aby kontrolować wpływ okresu silnego lockdownu w badanych krajach (od marca 2020 do kwietnia 2021) na zmienną zależną. Zgodnie z oczekiwaniami pozytywna zmiana wydatków na spożycie o 1% spowodowała wzrost wartości dodanej wytworzonej przez rolnictwo o 1,11%. Rolnictwo jest sektorem dostarczającym produkty i usługi o kluczowym znaczeniu dla społeczeństwa. W czasie kryzysu zdrowotnego i gospodarczego ludzie nadal musieli zaspokajać swoje podstawowe potrzeby żywnościowe. Jednocześnie wszelkie szoki i zaburzenia struktury wydatków konsumpcyjnych mogły mieć negatywny wpływ na produkcję rolną.

Table 6. FGLS model estimation results
Tabela 6. Wyniki estymacji modeli FGLS

| Variable / Zmienna | Factor / Współczynnik | Standard error / Błąd standardowy | Statistics from / Statystyka z | p-value |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| lnFCS | 1.112 | 0.023 | 48.640 | 0.000 |
| lnIMA | -0.266 | 0.018 | -14.700 | 0.000 |
| lnEXA | 0.231 | 0.009 | 24.880 | 0.000 |
| HICP | -0.010 | 0.002 | -6.120 | 0.000 |
| COVIDDUMMY | -0.044 | 0.019 | -2.290 | 0.022 |
| Constant | -3.858 | 0.170 | -22.720 | 0.000 |

Source: authors' research.

Źródło: badania własne autorów.

The analysis shows that a 1% increase in agricultural exports resulted in a 0.23% increase in value added to the agricultural sector, while a 1% increase in imports caused a 0.27% decrease in value added. These results suggest that any disruption in supply chains significantly affects the agricultural sector. In particular, agricultural imports can lead to greater competition for domestic producers, which reduces prices and profits for these producers. Thus, the impact of supply chain disruptions in food systems depends on the direction—export or import—in the V4 countries.

The last variable analyzed was inflation, the increase in which the countries studied were directly affected by the COVID-19 pandemic. According to the results, a one percentage point increase in inflation resulted in a 0.99% decrease in value added in the agricultural sector. This is due, on the one hand, to a decline in real household income, which reduced demand for agricultural products. On the other hand, the increase in inflation led to increased production costs, which may have reduced the profitability of agricultural enterprises. Based on the estimated model, it can be concluded that during the lockdown (March 2020–April 2021), value added in the countries studied fell by an average of 4.48% per month compared to the pre-pandemic state. This value reflects the actual decline in output and the potential effects that could have been achieved had the pandemic not occurred.

An additional aspect of the study was to assess the long-term impact of inflation, as a result of the COVID-19 pandemic, on the agricultural sector in the countries studied. According to the model estimates in Table 7, inflation has a U-shaped effect on agricultural output. The study indicated that an initial increase in inflation up to 13.59% harmed output, while beyond this level, the impact became positive.

Przeprowadzona analiza wskazuje, że wzrost eksportu produktów rolnych o 1% spowodował wzrost wartości dodanej sektora rolnego o 0,23%, natomiast wzrost importu o 1% wywołał spadek wartości dodanej o 0,27%. Wyniki te sugerują, że wszelkie zaburzenia w łańcuchach dostaw istotnie wpływają na sektor rolnictwa. W szczególności import produktów rolnych może prowadzić do większej konkurencji dla producentów krajowych, co obniża ceny i zyski tych producentów. Tym samym wpływ zaburzeń w łańcuchach dostaw w systemach żywnościowych zależy od kierunku – eksportowego czy importowego – w krajach V4.

Ostatnią analizowaną zmienną była inflacja, której wzrost w badanych krajach był bezpośrednim następstwem pandemii COVID-19. Zgodnie z wynikami wzrost inflacji o 1 punkt procentowy spowodował spadek wartości dodanej w sektorze rolnym o 0,99%. Wynika to z jednej strony ze spadku realnych dochodów gospodarstw domowych, co ograniczyło popyt na produkty rolnictwa. Z drugiej strony wzrost inflacji prowadził do wzrostu kosztów produkcji, co mogło obniżyć rentowność przedsiębiorstw sektora rolnego. Na podstawie oszacowanego modelu można stwierdzić, że w okresach lockdownu spowodowanego pandemią (marzec 2020 – kwiecień 2021) wartość dodana w badanych krajach spadała średnio o 4,48% miesięcznie w stosunku do stanu sprzed pandemii. Ta wartość odzwierciedla zarówno realny spadek produkcji, jak i potencjalne efekty, jakie można by osiągnąć, gdyby pandemia nie wystąpiła.

Dodatkowym aspektem badania była ocena długofalowego wpływu inflacji, będącej skutkiem pandemii COVID-19, na sektor rolny w badanych krajach. Zgodnie z szacunkami modelu przedstawionego w tabeli 7 inflacja ma U-kształtny wpływ na wielkość produkcji w rolnictwie. Badania wykazały, że początkowy wzrost inflacji do poziomu 13,59% miał negatywny wpływ na produkcję, natomiast po przekroczeniu tego poziomu wpływ stawał się pozytywny.

The results indicate that during the initial phase of the inflation increase, it was difficult for those operating in the agricultural sector to adjust to price changes, and this process was spread out over time. As inflation increased and the pandemic continued, there were changes in consumption patterns — initially, consumers may have reduced purchases of more expensive products such as meat, fruit and vegetables, while as prices continued to rise, other goods were likely to be abandoned in favor of food as a primary good. At the same time, the rise in inflation was fraught with increasing uncertainty about the impact on the agricultural sector in the countries studied. A graphical representation of this phenomenon in the form of a marginal figure is presented in Figure 3. The two models studied have similar results and relatively low standard errors, suggesting that the resulting estimates provide reliable and robust evidence.

Uzyskane wyniki wskazują, że w początkowej fazie wzrostu inflacji podmioty działające w sektorze rolnym miały trudności z dostosowaniem się do zmian cen, a proces ten był rozłożony w czasie. W miarę wzrostu inflacji i trwania pandemii, dochodziło do zmian w strukturze konsumpcji – początkowo konsumenci mogli ograniczać zakupy droższych produktów, takich jak mięso, owoce i warzywa, natomiast w miarę dalszego wzrostu cen, prawdopodobnie zrezygnowano z innych dóbr na rzecz żywności jako dobra podstawowego. Jednocześnie wzrost inflacji obarczony był coraz większą niepewnością co do skutków dla sektora rolnictwa w badanych krajach. Graficzne przedstawienie tego zjawiska w postaci rysunku marginalnego zostało zaprezentowane na wykresie 3. Podsumowując, oba badane modele charakteryzują się podobnymi wynikami oraz stosunkowo niskimi błędami standardowymi, co sugeruje, że uzyskane szacunki dostarczają wiarygodnych i solidnych dowodów.

Table 7. Estimation results of the FGLS non-linear model

Tabela 7. Wyniki estymacji modelu nieliniowego FGLS

| Variable / Zmienna | Factor / Współczynnik | Standard error / Błąd standardowy | Statistics from / Statystyka z | p-value |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|---------|
| lnFC | 1.143 | 0.024 | 47.790 | 0.000 |
| lnIMA | -0.295 | 0.019 | -15.150 | 0.000 |
| lnEXA | 0.224 | 0.009 | 24.480 | 0.000 |
| HICP | -0.020 | 0.004 | -5.080 | 0.000 |
| HICPSQ | 0.001 | 0.000 | 2.880 | 0.004 |
| COVIDDUMMY | -0.109 | 0.052 | -2.090 | 0.036 |
| Constant | -3.629 | 0.173 | -20.990 | 0.000 |

Source: authors' research.

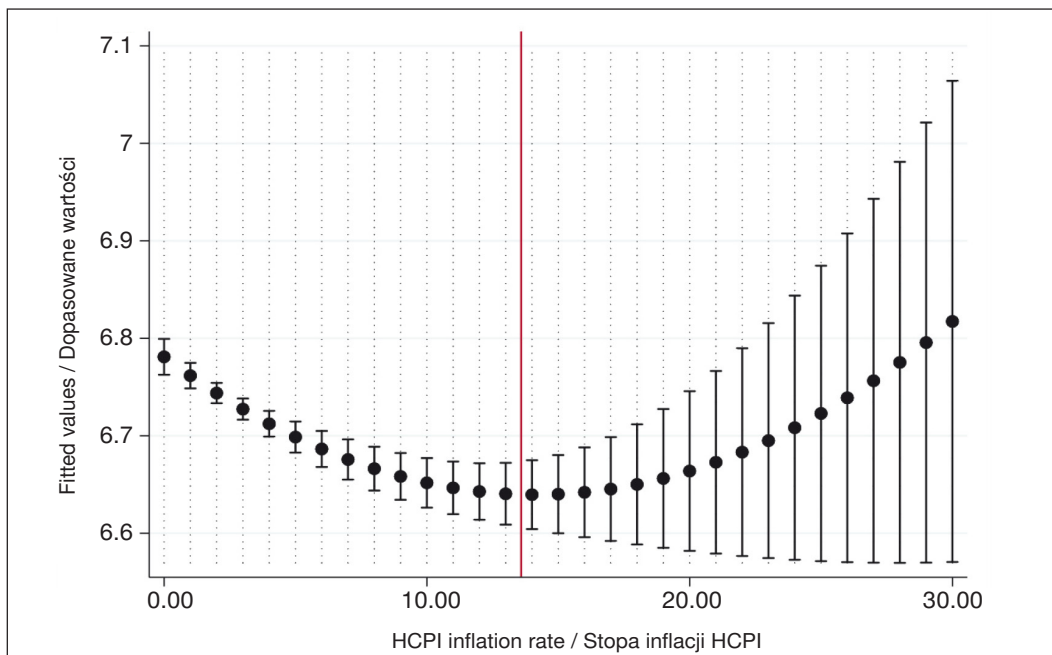
Źródło: badania własne autorów.

In the final stage of the study, a time series simulation was carried out for the AVA variable using the ARIMA model. The analysis aimed to determine the discrepancy between the projected performance of the agricultural sector in the Visegrad countries and the actual results obtained during the COVID-19 pandemic. The results, shown in Figure 4, indicate that in the initial period, the production volume of the agricultural sector increased compared to the projected results. However, in the subsequent periods, except in Czechia, production decreased compared to the projected values. The impact of the pandemic on the sector was staggered over time, with production declines occurring late in each country. Simulation results differed for each country, indicating specific local conditions, different policies and the direct impact of the pandemic on the agricultural sector.

W ostatnim etapie badania przeprowadzono symulację szeregów czasowych dla zmiennej AVA za pomocą modelu ARIMA. Analiza miała na celu określenie rozbieżności między prognozowanymi wynikami sektora rolnictwa w krajach Grupy Wyszehradzkiej a rzeczywistymi wynikami uzyskanymi podczas pandemii. Wyniki przedstawione na wykresie 4 wskazują, że w początkowym okresie wielkość produkcji sektora rolnego wzrosła w porównaniu z prognozowanymi wynikami, jednak w kolejnych okresach, z wyjątkiem Czech, produkcja zaczęła spadać w stosunku do wartości prognozowanych. Wpływ pandemii na sektor był rozłożony w czasie, a spadki produkcji w poszczególnych krajach występowały z opóźnieniem. Wyniki symulacji różniły się dla każdego kraju, co wskazuje na specyficzne warunki lokalne, różne polityki oraz bezpośredni wpływ pandemii na sektor rolny.

Figure 3. Dependence of fitted model values on HCPI inflation rate, including turning point and prediction intervals

Wykres 3. Zależność dopasowanych wartości modelu od stopy inflacji HCPI z uwzględnieniem punktu zwrotnego i przedziałów predykcyjnych

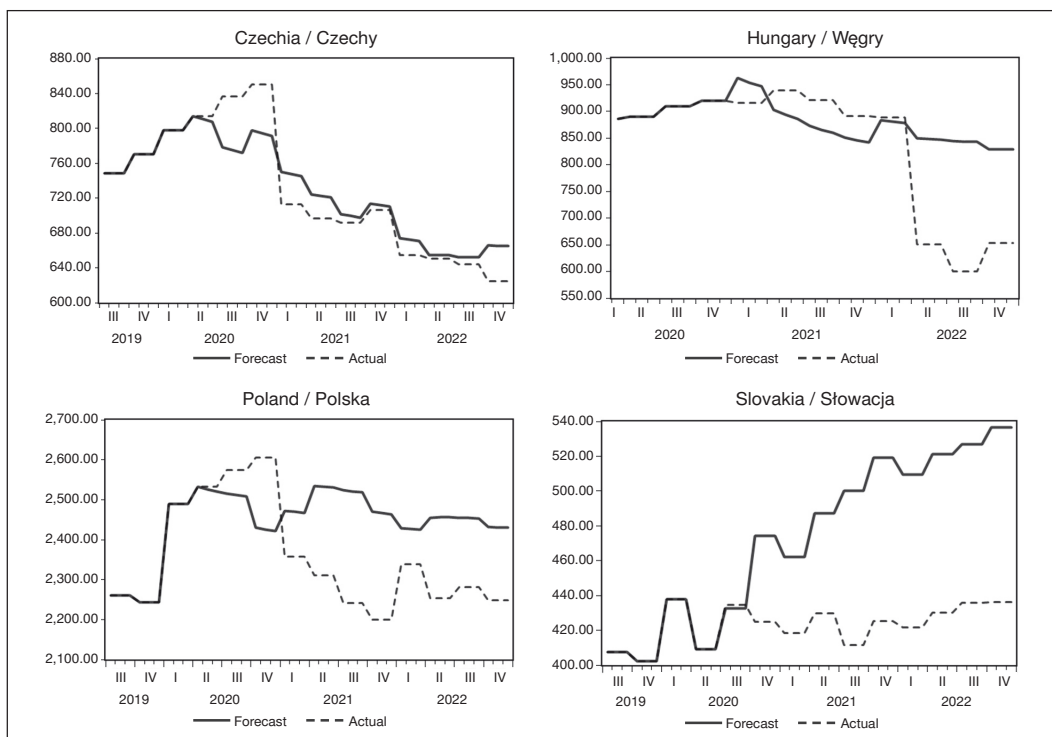


Source: authors' research.

Źródło: badania własne autorów.

Figure 4. ARIMA forecast for agricultural production during the COVID-19 pandemic

Wykres 4. Prognoza ARIMA dla produkcji w rolnictwie w okresie pandemii COVID-19



Source: authors' research.

Źródło: badania własne autorów.

Discussion

Comparing the results of this study with those of previous work is complicated for three reasons. Firstly, the economic impact of the pandemic is still at the centre of many analyses, and the long-term effects may not yet be visible. Secondly, most previous studies focus on descriptive methods rather than econometric estimation. Thirdly, the country groups analyzed differ from those studied in other studies. Nevertheless, the results obtained are partly consistent with previous work.

The results indicate that the pandemic significantly affected supply chains in the agricultural sector, leading to staff shortages, uncertainty, and production constraints. Health and lockdown restrictions hampered workers' movement, the transport of agricultural products and international trade. However, data analysis shows that trade disruptions were short-lived, especially in the early days of the pandemic. Similar findings can be found in the work of Galanakis et al. (2022) relating to the bioeconomy, of which agriculture is a part. The results are also comparable with the analyses of Jędruchiewicz et al. (2024), which highlighted that agri-food trade, despite short-term disruptions, showed greater resilience to the pandemic than other sectors. Ambroziak (2020) also found a positive impact of exports on Polish agricultural production, pointing only to short-lived shocks during the lockdown period. To some extent, this is also supported by the results of Cao et al. (2020), who noted that restrictions on international trade in agricultural products contributed to a reduction in trade and a decline in production.

The study also indicates a significant impact of consumer spending on the agricultural sector's output, with responses lagging the pandemic. Jędruchiewicz et al. (2024) noted increased interest in less processed products, fruits, and vegetables increased consumption. However, the results differ from the analysis of Kaplan et al. (2023), who indicated increased spending on products with a longer shelf life, adversely affecting the agricultural sector. In contrast, Shimpo et al. (2022) noted that changing consumer preferences forced agricultural producers to adapt their offerings. The results of the present study support hypothesis H1 that the COVID-19 pandemic significantly impacted agricultural production in the Visegrad countries through changes in household final consumption expenditure, exports, and imports of agricultural products and inflation dynamics.

Dyskusja

Porównanie wyników niniejszego badania z rezultatami wcześniejszych prac jest skomplikowane z trzech powodów. Po pierwsze, wpływ pandemii COVID-19 na gospodarkę nadal pozostaje w centrum wielu analiz, a skutki długoterminowe mogą być jeszcze niewidoczne. Po drugie, większość wcześniejszych badań skupia się na metodach opisowych, a nie na estymacji ekonometrycznej. Po trzecie, analizowane grupy krajów różnią się od tych badanych w innych opracowaniach. Mimo to uzyskane wyniki częściowo są zbieżne z wcześniejszymi pracami.

Wyniki wskazują, że pandemia istotnie wpłynęła na łańcuchy dostaw w sektorze rolnym, prowadząc do braków kadrowych, niepewności oraz ograniczeń produkcyjnych. Restrykcje zdrowotne i lockdowny utrudniały przemieszczanie się pracowników, transport produktów rolnych oraz wymianę międzynarodową. Analiza danych pokazuje jednak, że zakłócenia handlowe były krótkotrwałe, szczególnie w początkowym okresie pandemii. Podobne wnioski można znaleźć w pracach Galanakis i innych (2022) odnoszących się do biogospodarki, której rolnictwo jest częścią. Wyniki są również porównywalne z analizami Jędruchiewicza i innych (2024), w których podkreślono, że handel produktami rolno-spożywczymi, mimo krótkotrwałych zakłóceń, wykazał większą odporność na pandemię niż inne sektory. Ambroziak (2020) również stwierdził pozytywny wpływ eksportu na polską produkcję rolną, wskazując jedynie na krótkotrwałe szoki w okresie lockdownu. W pewnym stopniu potwierdzają to także wyniki Cao i innych (2020), którzy zauważyli, że restrykcje wobec międzynarodowego handlu produktami rolnymi przyczyniły się do ograniczenia wymiany handlowej i spadku produkcji.

Badanie wskazuje również na istotny wpływ wydatków konsumpcyjnych na produkcję sektora rolnego, przy czym reakcje następowały z opóźnieniem w stosunku do pandemii. Jędruchiewicz i inni (2024) zauważyli, że wzrost zainteresowania mniej przetworzonymi produktami, owocami i warzywami wpłynął na zwiększenie konsumpcji. Wyniki różnią się jednak od analiz Kaplan i innych (2023), którzy wskazali na wzrost wydatków na produkty o przedłużonej trwałości, co niekorzystnie wpływało na sektor rolny. Natomiast Shimpo i inni (2022) zauważyli, że zmiana preferencji konsumentów wymusiła na producentach rolnych dostosowanie oferty. Wyniki niniejszego badania potwierdzają hipotezę H1, że pandemia COVID-19 miała znaczący wpływ na produkcję rolną w krajach Grupy Wyszehradzkiej poprzez zmiany w wydatkach na spożycie końcowe gospodarstw domowych, eksport i import produktów rolnych oraz dynamikę inflacji.

The study's results indicate that the pandemic has contributed significantly to inflation, particularly food prices. Disruptions in supply chains and higher production costs have led to higher prices for staple products in global markets. The increase in inflation has affected the structure of consumer spending, reducing personal consumption. Jędruchniewicz et al. (2024) noted that despite the increased agricultural production after the pandemic, significant costs contributed to higher prices and reduced consumption of some products, especially among less affluent consumers. The results are consistent with the conclusions of Liu et al. (2022), who noted that changes in public sentiment impacted the demand and prices of agricultural products. On the other hand, Li et al. (2023) highlights that expansionary monetary policy during the pandemic led to excessive inflation, posing a threat to the agricultural sector. The results of the study support the H2 hypothesis that the COVID-19 pandemic had a non-linear, U-shaped effect on production in the agricultural sector in the Visegrad countries by affecting the level of inflation, leading initially to a decrease in production and then to an increase after a certain inflation threshold.

Conclusions

This study provides new insights into the impact of the COVID-19 pandemic on the agricultural sector. The results demonstrate both direct and indirect effects of the pandemic and lockdown measures on agricultural production in the Visegrad Group countries. The analyses conducted enabled the positive verification of the research hypotheses and the achievement of the stated scientific objectives.

The findings clearly indicate that domestic consumption was a key determinant of agricultural production. Disruptions in consumption patterns, caused by restrictions such as isolation, mobility limitations, and business closures, negatively affected production levels. These restrictions led to decreased incomes, reduced activity in the HoReCa sector, and disruptions in wholesale and retail trade of agricultural products, ultimately contributing to a decline in the value added generated by the agricultural sector. The sector's responses to the pandemic's effects varied and were delayed across individual countries.

An important determinant of the processes under analysis was the disruption of global supply chains. Exports proved to be a significant factor supporting agricultural production, whereas restrictions on international trade and excessive imports of agricultural

Wyniki badania pokazują również, że pandemia znacząco przyczyniła się do wzrostu inflacji, szczególnie w zakresie cen żywności. Zakłócenia w łańcuchach dostaw oraz wyższe koszty produkcji doprowadziły do wzrostu cen podstawowych produktów na globalnych rynkach. Wzrost inflacji wpłynął na strukturę wydatków konsumentów, zmniejszając konsumpcję indywidualną. Jędruchniewicz i inni (2024) zauważyli, że mimo wzrostu produkcji rolnej po pandemii znaczne koszty przyczyniły się do wyższych cen i zmniejszenia spożycia niektórych produktów, zwłaszcza wśród mniej zamożnych konsumentów. Wyniki są zbieżne z wnioskami Liu i innych (2022), którzy zauważyli, że zmiany nastrojów społecznych wywarły wpływ na popyt i ceny produktów rolnych. Li i inni (2023) natomiast podkreślają, że ekspansywna polityka pieniężna w trakcie pandemii doprowadziła do nadmiernej inflacji, stwarzając zagrożenie dla sektora rolnego. Wyniki badania potwierdzają hipotezę H2, że pandemia COVID-19 wywarła nieliniowy, U-kształtny wpływ na produkcję w sektorze rolnym w krajach Grupy Wyszehradzkiej poprzez oddziaływanie na poziom inflacji, prowadząc początkowo do spadku produkcji, a następnie do jej wzrostu po przekroczeniu określonego progu inflacji.

Wnioski

Niniejsze opracowanie dostarcza nowych informacji na temat wpływu pandemii COVID-19 na sektor rolnictwa. Uzyskane wyniki wskazują na bezpośredni i pośredni wpływ pandemii oraz wprowadzonych lockdownów na produkcję rolną w krajach Grupy Wyszehradzkiej. Przeprowadzone analizy pozwoliły na pozytywną weryfikację założonych hipotez badawczych oraz realizację postawionych celów naukowych.

Wyniki badań jednoznacznie potwierdzają, że spożycie wewnętrzne stanowiło kluczowy czynnik determinujący produkcję rolną. Zakłócenia w strukturze spożycia, wynikające z restrykcji takich jak izolacja, ograniczenia w przemieszczaniu się oraz zawieszenie działalności gospodarczej, wpłynęły negatywnie na poziom produkcji. Restrykcje te prowadziły do zmniejszenia dochodów, ograniczenia działalności sektora HoReCa oraz zakłóceń w handlu hurtowym i detalicznym produktami rolnymi, co w konsekwencji przyczyniło się do spadku wartości dodanej generowanej przez sektor rolny. Reakcje sektora na skutki pandemii były zróżnicowane i opóźnione w poszczególnych krajach.

Istotną determinantą analizowanych procesów były również zakłócenia w globalnych łańcuchach dostaw. Eksport okazał się istotnym czynnikiem

products negatively impacted the sector. The research confirmed that foreign trade in agri-food products demonstrated greater resilience to pandemic shocks compared to other economic sectors.

The COVID-19 pandemic and the accompanying expansionary monetary and fiscal policies contributed to a significant increase in inflation, which had a non-linear impact on agricultural sector production. ARIMA analysis results indicated that the pandemic and related restrictions led to a permanent loss of 4.5% in agricultural production in the studied countries.

Based on the findings, practical recommendations of significant importance for sectoral policy were formulated. Supporting the consumption of domestically produced agricultural products, developing local sales channels, and stimulating exports can significantly enhance the agricultural sector's resilience to crises. Securing supply chains through the creation of strategic reserves, the development of storage infrastructure, and investment in logistical innovations is also essential. Introducing temporary protective tariffs or quotas on imports of agricultural products during crisis periods may help safeguard domestic producers. Moreover, supporting farmers through preferential loans, rescue funds, and advisory programs can enhance their competitiveness and adaptability in the face of crises.

A limitation of the study is its focus on data for agriculture, forestry, and fisheries, as well as its geographical restriction to the Visegrad Group countries. Future research should expand to include other sectors linked to agriculture and a broader geographical context encompassing other EU countries. Considering variables such as EU agricultural policy, climate change, and technological innovations could contribute to a deeper understanding of the agricultural sector's resilience to future crises.

wspierającym produkcję rolną, podczas gdy ograniczenia w handlu międzynarodowym oraz nadmierny import produktów rolnych negatywnie wpływały na sektor. Badania potwierdziły, że handel zagraniczny produktami rolno-spożywczymi wykazał większą odporność na wstrząsy pandemiczne w porównaniu z innymi sektorami gospodarki.

Pandemia COVID-19 oraz wprowadzona w jej trakcie ekspansywna polityka monetarna i fiskalna przyczyniły się do istotnego wzrostu inflacji, która miała nieliniowy wpływ na produkcję w sektorze rolnym. Wyniki analizy ARIMA wykazały, że pandemia oraz związane z nią ograniczenia doprowadziły do trwałej utraty 4,5% produkcji rolnej w badanych krajach.

Na podstawie uzyskanych wyników sformułowano wnioski praktyczne o istotnym znaczeniu dla polityki sektorowej. Wspieranie konsumpcji krajowych produktów rolnych, rozwój lokalnych kanałów sprzedaży oraz stymulowanie eksportu mogą znacząco zwiększyć odporność sektora rolnictwa na kryzysy. Istotne jest także zabezpieczenie łańcuchów dostaw poprzez tworzenie rezerw strategicznych, rozwój infrastruktury przechowalniczej oraz inwestycje w innowacje logistyczne. Wprowadzenie tymczasowych ceł ochronnych lub kontyngentów na import produktów rolnych w okresach kryzysowych może pomóc w ochronie krajowych producentów. Warto również wspierać rolników poprzez preferencyjne kredyty, fundusze ratunkowe oraz programy doradcze, które zwiększą ich konkurencyjność i zdolność adaptacyjną w obliczu kryzysów.

Ograniczeniem badania jest jego skupienie na danych dla rolnictwa, leśnictwa i rybołówstwa oraz ograniczenie geograficzne do krajów Grupy Wyszehradzkiej. W przyszłości warto rozszerzyć zakres badań o inne sektory powiązane z rolnictwem oraz analizę szerszego kontekstu geograficznego, obejmującego inne kraje UE. Uwzględnienie zmiennych takich jak polityka rolna UE, zmiany klimatyczne czy innowacje technologiczne może przyczynić się do głębszego zrozumienia odporności sektora rolnego na przyszłe kryzysy.

References / Bibliografia

- Abid, A., & Jie, S. (2021). Impact of COVID-19 on Agricultural Food: A Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats (SWOT) analysis. *Food Frontiers*, 2(4), 396–406. <https://doi.org/10.1002/fft2.93>
- Akter, S. (2020). The Impact of COVID-19 Related ‘Stay-at-Home’ Restrictions on food Prices in Europe: Findings from a Preliminary Analysis. *Food Security*, 12, 719–725. <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01082-3>
- Ambroziak, Ł. (2020). Wpływ pandemii COVID-19 na handel rolno-spożywczy Polski: Pierwsze doświadczenia / The Impact of the Pandemic COVID-19 on Agri-Food Trade of Poland: First Experiences. *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie: Problemy Rolnictwa Światowego*, 20(4), 5–17. <https://doi.org/10.22630/PRS.2020.20.4.18>
- Andrade-Cuvi, M.J., Montalvo, C., & Moreno-Guerrero, C. (2023). Vegetable and Fruit Consumption During the COVID-19 Lockdown: Eating Habits in Ecuador. *Agricultural and Food Economics*, 11, 37. <https://doi.org/10.1186/s40100-023-00260-z>
- Anyanwu, J.C., & Salami, A.O. (2021). The Impact of COVID-19 on African Economies: An Introduction. *African Development Review*, 33(S1), S1–S16. <https://doi.org/10.1111/1467-8268.12531>
- Arita, S., Grant, J., Sydow, S., & Beckman, J. (2022). Has Global Agricultural Trade Been Resilient Under Coronavirus (COVID-19)? Findings from an Econometric Assessment of 2020. *Food Policy*, 107, 102204. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2021.102204>
- Arriola, C., Kowalski, P., & van Tongeren, F. (2022). *Understanding Structural Effects of COVID-19 on the Global Economy: First Steps*. OECD Trade Policy Papers, 261. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/f6a9ef88-en>
- Awan, T.M., & Aslam, F. (2020). Prediction of Daily Covid-19 Cases in European Countries Using Automatic Arima Model. *Journal of Public Health Research*, 9(3). <https://doi.org/10.4081/jphr.2020.1765>
- Badu-Prah, C., Agyeiwaa-Afrane, A., Gidiglo, F.K., Srofenyoh, F.Y., Agyei-Henaku, K.A.A.-O., & Djokoto, J.G. (2023). Trade, Foreign Direct Investment and Agriculture in Developing Countries. *Research on World Agricultural Economy*, 4(3), 1–14. <https://doi.org/10.36956/rwae.v4i3.861>
- Bai, J., Choi, S.H., & Liao, Y. (2021). Feasible Generalized Least Squares for Panel Data with Cross-sectional and Serial Correlations. *Empirical Economics*, 60(1), 309–326. <https://doi.org/10.1007/s00181-020-01977-2>
- Bai, Z., Ma, W., Zhao, H., Guo, M., Oenema, O., Smith, P., Velthof, G., Liu, X., Hu, C., Wang, P., Zhang, N., Liu, L., Guo, S., Fan, X., Winiwarter, W., & Ma, L. (2021). Food and Feed Trade has Greatly Impacted Global Land and Nitrogen Use Efficiencies over 1961–2017. *Nature Food*, 2, 780–791. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00351-4>
- Balcilar, M., Sertoglu, K., & Agan, B. (2022). The COVID-19 Effects on Agricultural Commodity Markets. *Agrekon*, 61(3), 239–265. <https://doi.org/10.1080/03031853.2022.2078381>
- Beacham, J.D., & Evans, D.M. (2023). Production and Consumption in Agri-Food Transformations: Rethinking Integrative Perspectives. *Sociologia Ruralis*, 63(2), 309–327. <https://doi.org/10.1111/soru.12423>
- Benvenuto, D., Giovanetti, M., Vassallo, L., Angeletti, S., & Ciccozzi, M. (2020). Application of the ARIMA Model on the COVID-2019 Epidemic Dataset. *Data in Brief*, 29, 105340. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105340>
- Bertrandt, J. (2021). Pandemia COVID-19 – wpływ na bezpieczeństwo żywnościowe, bezpieczeństwo żywności i żywe wienia / COVID-19 Pandemic – Impact on Food Security, Food and Nutrition Safety. In: Zbigniew Ciekankowski (Ed.), *Współczesne zagrożenia bezpieczeństwa państwa* (Vol. 2, pp. 86–108). Państwowa Szkoła Wyższa im. Papieża Jana Pawła II w Białej Podlaskiej. <https://repozytorium.akademiabialska.pl/bitstreams/55697d97-1097-47d3-87bd-d2cce29e547d/download>
- Bournaris, Th., Moulgianni, Ch., Arampatzis, S., Kiomourtzi, F., Wascher, D.M., & Manos, B. (2016). A Knowledge Brokerage Approach for Assessing the Impacts of the Setting Up Young Farmers Policy Measure in Greece. *Environmental Impact Assessment Review*, 57, 159–166. <https://doi.org/10.1016/j.ear.2015.12.004>
- Breusch, T.S., & Pagan, A.R. (1979). A Simple Test for Heteroscedasticity and Random Coefficient Variation. *Econometrica*, 47(5), 1287–1294. <https://doi.org/10.2307/1911963>
- Cao, L., Li, T., Wang, R., & Zhu, J. (2020). Impact of COVID-19 on China’s agricultural trade. *China Agricultural Economic Review*, 13(1), 1–21. <https://doi.org/10.1108/CAER-05-2020-0079>
- Cassetti, G., Boitier, B., Elia, A., Le Mouël, P., Gargiulo, M., Zagamé, P., Nikas, A., Koasidis, K., Doukas, H., & Chiodi, A. (2023). The Interplay Among COVID-19 Economic Recovery, Behavioural Changes, and the European Green Deal: An Energy-Economic Modelling Perspective. *Energy*, 263(C), 125798. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125798>
- Chari, F., Muzinda, O., Novukela, C., & Ngcamu, B.S. (2022). Pandemic Outbreaks and Food Supply Chains in Developing Countries: A Case of COVID-19 in Zimbabwe. *Cogent Business & Management*, 9(1), 2026188. <https://doi.org/10.1080/23311975.2022.2026188>
- Chen, J. (2023). The Impacts of COVID-19 on the Chinese Economy and the Related Countermeasures. *Advances in Economics, Management and Political Sciences*, 7, 329–334. <https://doi.org/10.54254/2754-1169/7/20230251>
- Chlipała, P., & Żbikowska, A. (2021). Zachowania konsumentów w czasie pandemii COVID-19. *Przegląd Organizacji*, 7, 3–11.

- Christelis, D., Georgarakos, D., Jappelli, T., & Kenny, G. (2020). *The Covid-19 Crisis and Consumption: Survey Evidence from Six EU Countries*. CEPR Discussion Paper, 15525. CEPR Press. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3751097>
- Ciotti, M., Ciccozzi, M., Terrinoni, A., Jiang, W.-C., Wang, C.-B., & Bernardini, S. (2020). The COVID-19 Pandemic. *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences*, 57(6), 365–388. <https://doi.org/10.1080/10408363.2020.1783198>
- Cruz-Cárdenas, J., Zabelina, E., Guadalupe-Lanas, J., Palacio-Fierro, A., & Ramos-Galarza, C. (2021). COVID-19, Consumer Behavior, Technology, and Society: A Literature Review and Bibliometric Analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, 173, 121179. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121179>
- Cybert, A., & Gałęcka, A. (2020). The Efficiency of Production Factors on Agricultural Farms of the Visegrad Group. *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego: Polityki Europejskie, Finanse i Marketing*, 24(73), 70–80. https://sj.wne.sggw.pl/pdf/PEFIM_2020_n73.pdf
- Czyżewski, A., & Michałowska, M. (2022). The Impact of Agriculture on Greenhouse Gas Emissions in the Visegrad Group Countries after the World Economic Crisis of 2008. Comparative Study of the Researched Countries. *Energies*, 15(6), 2268. <https://doi.org/10.3390/en15062268>
- Da Fonseca, M.R.R. (2024). Impacts of the Covid-19 Pandemic on the Economic Conjuncture of Latin American Countries. *Revista Economia e Políticas Públicas*, 12(1), 72–92. <https://doi.org/10.46551/epp2024v12n0106>
- Daglis, T., Konstantakis, K.N., & Michaelides, P.G. (2020). The Impact of Covid-19 on Agriculture: Evidence from Oats and Wheat Markets. *Studies in Agricultural Economics*, 122(3), 132–139. <https://doi.org/10.7896/j.2058>
- Daniłowska, A. (2024). Spatial Differentiation of the Impact of the COVID-19 Pandemic on Agriculture in Selected European Union Countries. *Annals of the Polish Association of Agricultural and Agribusiness Economists / Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*, 26(1), 56–68. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0054.4322>
- Delardas, O., Kechagias, K.S., Pontikos, P.N., & Giannos, P. (2022). Socio-Economic Impacts and Challenges of the Coronavirus Pandemic (COVID-19): An Updated Review. *Sustainability*, 14(15), 9699. <https://doi.org/10.3390/su14159699>
- Dey-Chowdhury, S., Khaliq, M., Okoye, G., & Abrahams, L. (2022, May 6). *Effects of the Coronavirus (COVID-19) Pandemic on “High-Contact” Industries*. Office of National Statistics. <https://www.ons.gov.uk/economy/grossvalueadded/gva/articles/effectsofthecoronaviruscovid19pandemiconhighcontactindustries/2022-05-06>
- Di Porto, E., Naticchioni, P., & Scrutinio, V. (2022). Lockdown, Essential Sectors, and Covid-19: Lessons from Italy. *Journal of Health Economics*, 81, 102572. <https://doi.org/10.1016/j.jhealeco.2021.102572>
- Dong, J., Li, S., Huang, L., He, J., Jiang, W., Ren, F., Wang, Y., Sun, J., & Zhang, H. (2024). Identification of International Trade Patterns of Agricultural Products: The Evolution of Communities and Their Core Countries. *Geo-Spatial Information Science*, 27(1), 49–63. <https://doi.org/10.1080/10095020.2022.2122875>
- Dupas, M.-C., Halloy, J., & Chatzimpiros, P. (2022). Power Law Scaling and Country-Level Centralization of Global Agricultural Production and Trade. *Environmental Research Letters*, 17(3), 034022. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac54ca>
- Elleby, C., Domínguez, I. P., Adenauer, M., & Genovese, G. (2020). Impacts of the COVID-19 Pandemic on the Global Agricultural Markets. *Environmental and Resource Economics*, 76(4), 1067–1079. <https://doi.org/10.1007/s10640-020-00473-6>
- Erokhin, V., Tianming, G., & Ivolga, A. (2021). International Agricultural Trade: Exporters and Importers. In: V. Erokhin, G. Tianming, & J.V. Andrei (Eds.), *Shifting Patterns of Agricultural Trade: The Protectionism Outbreak and Food Security* (pp. 21–51). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-16-3260-0_2
- Espitia, A., Rocha, N., & Ruta, M. (2020). *COVID-19 and Food Protectionism: The Impact of the Pandemic and Export Restrictions on World Food Markets*. Policy Research Working Paper, 9253. World Bank. <http://hdl.handle.net/10986/33800>
- Eurostat. (n.d.). Database. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/agriculture/database>
- Falkendal, T., Otto, C., Schewe, J., Jägermeyr, J., Konar, M., Kummu, M., Watkins, B., & Puma, M.J. (2021). Grain Export Restrictions During COVID-19 Risk Food Insecurity in Many Low-and Middle-Income Countries. *Nature Food*, 2, 11–14. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-00211-7>
- FAO. (2020). *The State of Food and Agriculture 2020: Overcoming Water Challenges in Agriculture*. <https://reliefweb.int/report/world/state-food-and-agriculture-2020-overcoming-water-challenges-agriculture>
- FAO. (2021). *World Food and Agriculture—Statistical Pocketbook 2021*. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cb4478en>
- Filonchik, M., Hurynovich, V., & Yan, H. (2021). Impact of Covid-19 Lockdown on Air Quality in the Poland, Eastern Europe. *Environmental Research*, 198, 110454. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110454>
- Fomby, T.B., Johnson, S.R., & Hill, R.C. (1984). Feasible Generalized Least Squares Estimation. In: T.B. Fomby, S.R. Johnson, & R.C. Hill (Eds.), *Advanced Econometric Methods* (pp. 147–169). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8746-4_8

- Galanakis, C.M., Brunori, G., Chiaramonti, D., Matthews, R., Panoutsou, C., & Fritsche, U.R. (2022). Bioeconomy and Green Recovery in a Post-COVID-19 Era. *Science of The Total Environment*, 808, 152180. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152180>
- Gemma, M. (2021). Agri-Food Economies in the Context of the COVID-19 Pandemic in Japan. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej / Problems of Agricultural Economics*, 366(1), 6–13. <http://www.zer.waw.pl/AGRI-FOOD-ECONOMIES-IN-THE-CONTEXT-OF-THE-COVID-19-PANDEMIC-IN-JAPAN,134399,0,2.html>
- Gollin, D. (2010). Chapter 73 Agricultural Productivity and Economic Growth. In: *Handbook of Agricultural Economics* (Vol. 4, pp. 3825–3866). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1574-0072\(09\)04073-0](https://doi.org/10.1016/S1574-0072(09)04073-0)
- Gorynia, M. (2023). *Pandemia, wojna, globalne przesilenie*. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu.
- Gruère, G., & Brooks, J. (2021). Viewpoint: Characterising early agricultural and food policy responses to the outbreak of COVID-19. *Food Policy*, 100, 102017. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2020.102017>
- Güngör, S., & Erer, D. (2022). *Examination of the Nonlinear Relationship Between, Exchange Rate, Oil Prices and the Food Prices in Turkey: Time-Varying Parameter VAR (TVP-VAR) Models*. Alanya Akademik Bakis. <https://doi.org/10.29023/alanyaakademik.1082332>
- Gylfason, T. (2000). Resources, Agriculture, and Economic Growth in Economies in Transition. *Kyklos*, 53(4), 337–361. <https://doi.org/10.1111/1467-6435.00133>
- Habibi, Z., Habibi, H., & Mohammadi, M.A. (2022). The Potential Impact of COVID-19 on the Chinese GDP, Trade, and Economy. *Economies*, 10(4), 73. <https://doi.org/10.3390/economies10040073>
- Hamulczuk, M., & Skrzypczyk, M. (2022). European Union Agri-Food Prices During COVID-19 and Their Selected Determinants / Ceny rolno-żywnościowe w krajach Unii Europejskiej w czasie kryzysu COVID-19 i ich wybrane determinanty. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej / Problems of Agricultural Economics*, 371(2), 5–27. <https://doi.org/10.30858/zer/147950>
- Haque, M.K., Zaman, M.R.U., Rahman, M.A., Hossain, M.Y., Shurid, T.I., Rimi, T.A., Arby, H., & Rabbany, M.G. (2022). A Review on Impacts of COVID-19 on Global Agricultural System and Scope for Bangladesh After Pandemic. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(36), 54060–54071. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21016-0>
- He, L.Z., & Huang, Y. (2023). Impact of COVID-19: Inflation Rate & CPI. *BCP Business & Management*, 40, 300–307. <https://doi.org/10.54691/bcpbm.v40i.4394>
- Henry, R. (2020). Innovations in Agriculture and Food Supply in Response to the COVID-19 Pandemic. *Molecular Plant*, 13(8), 1095–1097. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2020.07.011>
- Hillen, J. (2021). Online food prices during the COVID-19 pandemic. *Agribusiness*, 37(1), 91–107. <https://doi.org/10.1002/agr.21673>
- Hyndman, R.J., & Khandakar, Y. (2008). Automatic Time Series Forecasting: The Forecast Package for R. *Journal of Statistical Software*, 27, 1–22. <https://doi.org/10.18637/jss.v027.i03>
- Ijaz, M., Yar, M.K., Badar, I.H., Ali, S., Islam, M.S., Jaspal, M.H., Hayat, Z., Sardar, A., Ullah, S., & Guevara-Ruiz, D. (2021). Meat Production and Supply Chain Under COVID-19 Scenario: Current Trends and Future Prospects. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 660736. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.660736>
- Im, K.S., Pesaran, M.H., & Shin, Y. (2003). Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels. *Journal of Econometrics*, 115(1), 53–74. [https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(03\)00092-7](https://doi.org/10.1016/S0304-4076(03)00092-7)
- Immordino, G., Jappelli, T., & Oliviero, T. (2024). Consumption and Income Expectations During Covid-19. *Review of Economics of the Household*, 22(1), 95–116. <https://doi.org/10.1007/s11150-023-09656-8>
- Jędruchniewicz, A. (2022). Polityka państwa wobec rolnictwa w związku z pandemią COVID-19. *Horyzonty Polityki*, 13(45), 97–117.
- Jędruchniewicz, A., Kozak, S., Maśniak, J., & Miłucha, A. (2024). *Kanały i mechanizmy oddziaływania pandemii COVID-19 na rolnictwo w Polsce*. Wydawnictwo SGGW.
- Kaplan, E., Kaplan, K., & Gözener, B. (2023). Effects of Covid-19 Pandemic on Food Consumption Habits of Consumers (Example of the Central District of Tokat Province). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 11(4), 671–681. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v11i4.671-681.5487>
- Kerr, W.A. (2020). The COVID-19 Pandemic and Agriculture: Short- and Longrun Implications for International Trade Relations. *Canadian Journal of Agricultural Economics / Revue Canadienne d'agroeconomie*, 68(2), 225–229. <https://doi.org/10.1111/cjag.12230>
- Kiforenko, O. (2023). Correlation Between the Greatest Agricultural Products Exporters to the EU: Is Ukraine Included? *AGRIS on-line Papers in Economics and Informatics*, 15(3), 87–103. <https://doi.org/10.7160/aol.2023.150308>
- Klimiuk, Z. (2021). Rolnictwo jako podstawa uprzemysłowienia i rozwoju gospodarczego. Wnioski wynikające z doświadczeń historycznych krajów rozwijających się w drugiej połowie XIX i pierwszej połowie XX wieku / Agriculture as the Basis of Industrialization and Economic Development. Lessons from the Historical Experiences of Developing Countries in the Second Half of the 19th and the First half of the 20th Centuries. *Zeszyty Wiejskie / Rural Periodicals*, 27, 7–29. <http://hdl.handle.net/11089/41388>

- Knöbldorfer, I. (2022). *Links Between International Trade, Local Food Production, and Household Living Standards: Empirical Insights from West Africa*. [Doctoral thesis]. <https://doi.org/10.53846/goediss-9315>
- Kołodziejczak, A. (2023). Wykorzystanie platformy Polski e-bazarek na rzecz rozwoju smart usług w gospodarstwach rolnych województwa wielkopolskiego / The Use of the Polski e-bazarek online Marketplace for the Development of Smart Services in Agricultural Holdings of the Wielkopolskie Voivodeship. *Czasopismo Geograficzne*, 94(1), 173–189. <https://doi.org/10.12657/czageo-94-08>
- Kołodziejczak, W. (2020). Employment and Gross Value Added in Agriculture Versus Other Sectors of the European Union Economy. *Sustainability*, 12(14), 5518. <https://doi.org/10.3390/su12145518>
- Kowalczyk, S., & Sobiecki, R. (2019). Potencjał rolnictwa Europy Środkowo-Wschodniej wobec wyzwań globalnych. In: M. Strojny (Ed.), *Europa Środkowo-Wschodnia wobec globalnych trendów: gospodarka, społeczeństwo i biznes* (pp. 331–352). Oficyna Wydawnicza SGH. <http://hdl.handle.net/20.500.12182/752>
- Kozak, S. (2023). COVID-19 Pandemic and Changes in the Size and Structure of Agricultural Production in Poland. *Annals of the Polish Association of Agricultural and Agribusiness Economists*, 25(4), 214–227. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0054.0864>
- Kubisiak, A. (2023). Identyfikacja zmian wywołanych przez pandemię COVID-19 na polskim rynku pracy / Identification of Changes Caused by the COVID-19 Pandemic on the Polish Labour Market. *Polityka Społeczna*, 591(7), 1–8. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0053.9003>
- Lazorcakova, E., Dries, L., Peerlings, J., & Pokrivcak, J. (2022). Potential of the Bioeconomy in Visegrad Countries: An Input-Output Approach. *Biomass and Bioenergy*, 158, 106366. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2022.106366>
- Li, S., Wu, J., & Yang, Z. (2023). Impact of COVID-19 Pandemic: A Global Inflation Crisis. *BCP Business & Management*, 44, 163–172. <https://doi.org/10.54691/bcpbm.v44i.4808>
- Lin, B.-X., & Zhang, Y.Y. (2020). Impact of the COVID-19 Pandemic on Agricultural Exports. *Journal of Integrative Agriculture*, 19(12), 2937–2945. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63430-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63430-X)
- Liu, Y., Liu, S., Ye, D., Tang, H., & Wang, F. (2022). Dynamic Impact of Negative Public Sentiment on Agricultural Product Prices During COVID-19. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 64, 102790. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2021.102790>
- Loizou, E., Jurga, P., Rozakis, S., & Faber, A. (2019). Assessing the Potentials of Bioeconomy Sectors in Poland Employing Input-Output Modeling. *Sustainability*, 11(3), 594. <https://doi.org/10.3390/su11030594>
- Loizou, E., Karelakis, C., Galanopoulos, K., & Mattas, K. (2019). The Role of Agriculture as a Development Tool for a Regional Economy. *Agricultural Systems*, 173, 482–490. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.04.002>
- Lomachynska, I., Babenko, V., Yemets, O., Yakubovskiy, S., & Hryhorian, R. (2020). Impact Of the Foreign Direct Investment Inflow on the Export Growth of the Visegrad Group Countries. *Studies of Applied Economics*, 38(4), 1–11. <https://doi.org/10.25115/eea.v38i4.4007>
- Lugo-Morin, D.R. (2020). Global Food Security in a Pandemic: The Case of the New Coronavirus (COVID-19). *World*, 1(2), 171–190. <https://doi.org/10.3390/world1020013>
- Lusk, J. & Anderson, J.D. (2020). *Economic Impacts of COVID-19 on Food and Agricultural Markets*. CAST. <https://cast-science.org/publication/economic-impacts-of-covid-19-on-food-and-agricultural-markets/>
- Łącka, I., & Suproń, B. (2021). The Impact of COVID-19 on Road Freight Transport Evidence from Poland. *European Research Studies Journal*, 24(Special 2/1), 319–333. <https://doi.org/10.35808/ersj/2431>
- McKibbin, W., & Fernando, R. (2023). The Global Economic Impacts of the COVID-19 Pandemic. *Economic Modelling*, 129, 106551. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2023.106551>
- Mermillod, M., & Morisseau, T. (2021). Protect Others to Protect Myself: A Weakness of Western Countries in the Face of Current and Future Pandemics? Psychological and Neuroscientific Perspectives. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 15, 608151. <https://doi.org/10.3389/fnint.2021.608151>
- Millard, J. (2022). The Geo-Demographics of European Consumers' Food Behaviour in the New Age of Disruption. In: U. Ayman (Ed.), *A New Era of Consumer Behavior-In and Beyond the Pandemic*. Business, Management and Economics. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.106938>
- Monroe-Lord, L., Harrison, E., Ardakani, A., Duan, X., Spechler, L., Jeffery, T. D., & Jackson, P. (2023). Changes in Food Consumption Trends Among American Adults Since the COVID-19 Pandemic. *Nutrients*, 15(7), 1769. <https://doi.org/10.3390/nu15071769>
- Montero López, M. del P., Mora Urda, A. I., Martín Almena, F. J., & Enríquez-Martínez, O. G. (2022). Changes in Eating Behaviors During the COVID-19 Lockdown and the Impact on the Potential Inflammatory Effects of Diet. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(15), 9079. <https://doi.org/10.3390/ijerph19159079>
- Naseer, S., Khalid, S., Parveen, S., Abbass, K., Song, H., & Achim, M.V. (2023). COVID-19 Outbreak: Impact on Global Economy. *Frontiers in Public Health*, 10, 1009393. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1009393>

- Nitnavare, R., Bhattacharya, J., Thongmee, S., & Ghosh, S. (2024). Impact of COVID-19 on Global Agriculture and Food Sector. In: A. Kumar, J.F. White, J.S. Panwar (Eds.), *Sustainable Agricultural Practices, Plant and Soil Microbiome*, (pp. 33–56). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-19150-3.00010-2>
- O'Brien, D., Dumoncel, C., & Goncalves, E. (2021). The Role of Demand and Supply Factors in HICP Inflation During the COVID-19 Pandemic – A Disaggregated Perspective. *ECB Economic Bulletin*, 1, 62–79. https://www.ecb.europa.eu/press/economic-bulletin/articles/2021/html/ecb.ebart202101_02~7c3bd48751.en.html
- OECD. (2022). *Agricultural Policy Monitoring and Evaluation 2022*. <https://doi.org/10.1787/7f4542bf-en>
- Onyeaka, H., Tamasiga, P., Nkoutchou, H., & Guta, A.T. (2022). Food Insecurity and Outcomes During COVID-19 Pandemic in Sub-Saharan Africa (SSA). *Agriculture & Food Security*, 11, 56. <https://doi.org/10.1186/s40066-022-00394-1>
- Roubík, H., Lošťák, M., Ketuama, C.T., Procházka, P., Soukupová, J., Hakl, J., Karlík, P., & Hejzman, M. (2022). Current Coronavirus Crisis and Past Pandemics – What Can Happen in Post-COVID-19 Agriculture? *Sustainable Production and Consumption*, 30, 752–760. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.01.007>
- Rowan, N.J., & Galanakis, C.M. (2020). Unlocking Challenges and Opportunities Presented by COVID-19 Pandemic for Cross-cutting Disruption in Agri-Food and Green Deal Innovations: Quo Vadis? *Science of The Total Environment*, 748, 141362. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141362>
- Rubene, I. (2020). Recent Developments in Euro Area Food Prices. *ECB Economic Bulletin*, 5, 63–66. https://www.ecb.europa.eu/press/economic-bulletin/focus/2020/html/ecb.ebbox202005_07~174eeeb845.en.html
- Saboori, B., Radmehr, R., Zhang, Y.Y., & Zekri, S. (2022). A New Face of Food Security: A Global Perspective of the COVID-19 Pandemic. *Progress in Disaster Science*, 16, 100252. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2022.100252>
- Sawada, Y., & Sumulong, L. (2021). *Macroeconomic Impact of COVID-19 in Developing Asia*. ADBI Working paper Series, 1251. Asian Development Bank Institute. <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/696296/adbi-wp1251.pdf>
- Secco, E.L., & Conte, S. (2022). To Lockdown or Not to Lockdown: Analysis of the EU Lockdown Performance vs. COVID-19 Outbreak. *Frontiers in Medical Technology*, 4, 981620. <https://doi.org/10.3389/fmedt.2022.981620>
- Shimpo, M., Akamatsu, R., & Kojima, Y. (2022). Impact of the COVID-19 Pandemic on Food and Drink Consumption and Related Factors: A Scoping Review. *Nutrition and Health*, 28(2), 177–188. <https://doi.org/10.1177/02601060221078161>
- Siche, R. (2020). What is the Impact of COVID-19 Disease on Agriculture? *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 3–6. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.00>
- Singh, A.K., Kumar, S., & Jyoti, B. (2022). Impact of the COVID-19 on Food Security and Sustainable Development Goals in India: Evidence from Existing Literature. *GNOSI: An Interdisciplinary Journal of Human Theory and Praxis*, 5(2), 92–109. <https://www.gnosijournal.com/index.php/gnosi/article/view/196>
- Șmuleac, L., Botănoiu, D., Imbrea, F., Popescu, C.A., Iancu, T., Șmuleac, A., Adamov, T., Gavra, L., & Pașcalău, R. (2020). Impact of COVID in Agriculture. In: M.K. Goyal & A.K. Gupta (Eds.), *Integrated Risk of Pandemic: Covid-19 Impacts, Resilience and Recommendations* (pp. 197–216). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-7679-9_9
- Sobrosa Neto, R. de C., Sobrosa Maia, J., de Silva Neiva, S., Scalia, M.D., & de Andrade Guerra, J.B.S.O. (2020). The Fourth Industrial Revolution and the Coronavirus: A New Era Catalyzed by a Virus. *Research in Globalization*, 2, 100024. <https://doi.org/10.1016/j.resglo.2020.100024>
- Sridhar, A., Balakrishnan, A., Jacob, M.M., Sillanpää, M., & Dayanandan, N. (2023). Global Impact of COVID-19 on Agriculture: Role of Sustainable Agriculture and Digital Farming. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(15), 42509–42525. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19358-w>
- Stoer, J., & Bulirsch, R. (2002). Interpolation. In: J. Stoer & R. Bulirsch (Eds.), *Introduction to Numerical Analysis* (pp. 37–144). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-21738-3_2
- Sun, M., Yan, S., Cao, T., & Zhang, J. (2024). The Impact of COVID-19 Pandemic on the World's Major Economies: Based on a Multi-country and Multi-sector CGE Model. *Frontiers in Public Health*, 12, 1338677. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1338677>
- Tampubolon, J. (2023). Food and Agricultural Sector in Indonesia's Economic Growth During COVID-19 Pandemic: An ARDL Approach. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*, 9(2), 223–244. <https://doi.org/10.51599/are.2023.09.02.10>
- Tan, L., Wu, X., Guo, J., & Santibanez-Gonzalez, E.D.R. (2022). Assessing the Impacts of COVID-19 on the Industrial Sectors and Economy of China. *Risk Analysis*, 42(1), 21–39. <https://doi.org/10.1111/risa.13805>
- Thanh, P.T., Duy, D.T., & Duong, P.B. (2022). Disruptions to Agricultural Activities, Income Loss and Food Insecurity During the COVID-19 Pandemic: Evidence from Farm Households in a Developing Country. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, 12(3), 531–547. <https://doi.org/10.1108/JADEE-09-2021-0243>
- Thorbecke, W. (2020). The Impact of the COVID-19 Pandemic on the U.S. Economy: Evidence from the Stock Market. *Journal of Risk and Financial Management*, 13(10), 233. <https://doi.org/10.3390/jrfm13100233>

- Tucki, K., Krzywonos, M., Orynych, O., Kupczyk, A., Bączyk, A., & Wielewska, I. (2021). Analysis of the Possibility of Fulfilling the Paris Agreement by the Visegrad Group Countries. *Sustainability*, 13(16), 8826. <https://doi.org/10.3390/su13168826>
- Vlad, I.M., & Toma, E. (2022). The Assessment of the Bioeconomy and Biomass Sectors in Central and Eastern European Countries. *Agronomy*, 12(4), 880. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040880>
- Wang, J., Liu, Q., Hou, Y., Qin, W., Lesschen, J.P., Zhang, F., & Oenema, O. (2018). International Trade of Animal Feed: Its Relationships with Livestock Density and N and P Balances at Country Level. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 110(1), 197–211. <https://doi.org/10.1007/s10705-017-9885-3>
- Weersink, A., von Massow, M., Bannon, N., Ifft, J., Maples, J., McEwan, K., McKendree, M.G.S., Nicholson, C., Novakovic, A., Rangarajan, A., Richards, T., Rickard, B., Rude, J., Schipanski, M., Schnitkey, G., Schulz, L., Schuurman, D., Schwartzkopf-Genswein, K., Stephenson, M., ... Wood, K. (2021). COVID-19 and the Agri-Food System in the United States and Canada. *Agricultural Systems*, 188, 103039. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.103039>
- Westerlund, J. (2007). Testing for Error Correction in Panel Data*. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 69(6), 709–748. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.2007.00477.x>
- White, H. (1980). A Heteroskedasticity-Consistent Covariance Matrix Estimator and a Direct Test for Heteroskedasticity. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 40(4), 817–838. <https://doi.org/10.2307/1912934>
- Wiśniewska, M., & Wyrwa, J. (2022). *Bezpieczeństwo żywności i żywnościowe w okresie pandemii: Ujęcie interdyscyplinarne*. Polskie Towarzystwo Ekonomiczne.
- Wooldridge, J.M. (2010). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. The MIT Press.
- Workie, E., Mackolil, J., Nyika, J., & Ramadas, S. (2020). Deciphering the Impact of COVID-19 Pandemic on Food Security, Agriculture, and Livelihoods: A Review of the Evidence from Developing Countries. *Current Research in Environmental Sustainability*, 2, 100014. <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2020.100014>
- Yaddanapudi, R., & Mishra, A.K. (2021). Compound Impact of Drought and COVID-19 on Agriculture Yield in the USA. *The Science of the Total Environment*, 807, 150801–150801. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150801>
- Yan, W., Cai, Y., Lin, F., & Ambaw, D.T. (2021). The Impacts of Trade Restrictions on World Agricultural Price Volatility During the COVID-19 Pandemic. *China & World Economy*, 29(6), 139–158. <https://doi.org/10.1111/cwe.12398>
- Yannelis, C., & Amato, L. (2023). Household Behavior (Consumption, Credit, and Investments) During the COVID-19 Pandemic. *Annual Review of Financial Economics*, 15, 91–113. <https://doi.org/10.1146/annurev-financial-110821-020744>
- Zegar, J.S. (2018). Rolnictwo w rozwoju obszarów wiejskich. *Więś i Rolnictwo*, 179(2), 31–48. <https://doi.org/10.53098/wir.2018.2.179/02>
- Żurek, J., & Rudy, M. (2024). Impact of the COVID-19 Pandemic on Changes in Consumer Purchasing Behavior in the Food Market with a Focus on Meat and Meat Products—A Comprehensive Literature Review. *Foods*, 13(6), 933. <https://doi.org/10.3390/foods13060933>

Submission date / Data nadesłania: 22.07.2024.

Final revision date / Data ostatniej recenzji: 15.09.2024.

Acceptance date / Data akceptacji: 9.12.2024.

© 2024 Suproń, B., & Łącka, I. This is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



Autorskie prawa osobiste: Suproń, B. i Łącka, I. (2024). Niniejszy artykuł został opublikowany w otwartym dostępie na licencji Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

