



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

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

IMPACT OF THE LOGISTICS SECTOR ON POLAND'S ECONOMIC GROWTH 2018-2022

WPŁYW SEKTORA LOGISTYCZNEGO NA WZROST GOSPODARCZY POLSKI W LATACH 2018-2022

Mariusz Pyra^{1(A,B,C,D,E,F)}

¹ John Paul II University in Białą Podlaska, Poland

¹ Akademia Bialska im. Jana Pawła II, Polska

Citation:

Pyra, M. (2024). Impact of the logistics sector on Poland's economic growth 2018-2022/ Wpływ sektora logistycznego na wzrost gospodarczy Polski w latach 2018-2022. *Economic and Regional Studies*, 17(1), 149-163. <https://doi.org/10.2478/ers-2024-0008>

ORIGINAL ARTICLE

JEL code: C22, O47

Submitted:
December 2023

Accepted:
January 2024

Tables: 7
Figures: 1
References: 20

ORYGINALNY ARTYKUŁ NAUKOWY

Klasyfikacja JEL: C22, O47

Zgłoszony:
grudzień 2023

Zaakceptowany:
styczeń 2024

Tabele: 7
Rysunki: 1
Literatura: 20

Abstract

Subject and purpose of work: Analysis of the impact of the logistics sector on Poland's economic growth 2018-2022. The aim is to understand how logistics processes, including freight and passenger transport, sales of transport products and services, and warehouse management, affect key national economic indicators such as GDP and GNI.

Materials and methods: Economic and logistics dataset from CSO for Poland 2018-2022. The analysis methods used include correlation analysis, linear regression, cluster analysis and time series analysis, providing an in-depth understanding of the relationship between the logistics sector and economic growth.

Results: There is a significant positive correlation between the development of the logistics sector and Poland's GDP growth, with a clear impact of freight and logistics efficiency on key economic indicators.

Conclusions: Investment in and modernisation of the logistics sector is essential for Poland's economic growth, suggesting the need to further develop infrastructure and innovation in this area.

Keywords: transport, logistics, statistical analysis, economic growth, impact

Streszczenie

Przedmiot i cel pracy: Analiza wpływu sektora logistycznego na wzrost gospodarczy Polski w latach 2018-2022. Celem jest zrozumienie, jak procesy logistyczne, w tym przewozy ładunków i pasażerów, sprzedaż wyrobów i usług transportowych oraz gospodarka magazynowa, wpływają na kluczowe wskaźniki ekonomiczne kraju, takie jak PKB i DNB.

Materiały i metody: Zbiór danych ekonomicznych i logistycznych z GUS dla Polski z lat 2018-2022. Zastosowane metody analizy obejmują analizę korelacji, regresję liniową, analizę skupień i szeregów czasowych, co pozwala na dogłębne zrozumienie związków między sektorem logistycznym a wzrostem gospodarczym.

Wyniki: Istnieje istotna, dodatnia korelacja między rozwojem sektora logistycznego a wzrostem PKB Polski, z wyraźnym wpływem przewozów ładunków i efektywności logistycznej na kluczowe wskaźniki gospodarcze.

Wnioski: Inwestycje w sektor logistyczny i jego modernizacja mają zasadnicze znaczenie dla wzrostu gospodarczego Polski, sugerując potrzebę dalszego rozwijania infrastruktury i innowacji w tej dziedzinie.

Słowa kluczowe: transport, logistyka, analiza statystyczna, wzrost gospodarczy, wpływ

Address for correspondence / Adres korespondencyjny: dr Mariusz Pyra (ORCID 0000-0001-8246-851X; e-mail: m.pyra@dyd.akademiabialska.pl); Akademia Bialska im. Jana Pawła II, Wydział Nauk Ekonomicznych, ul. Sidorska 95/97, 21-500 Białą Podlaska, Poland; phone: +48 83 344-99-05.

Journal included in: AgEcon Search; AGRO; Arianta; Baidu Scholar; BazEkon; Cabell's Journalytics; CABI; CNKI Scholar; CNPIEC - cnpLINKer; Dimensions; DOAJ; EBSCO; ERIH PLUS; ExLibris; Google Scholar; Index Copernicus International; J-Gate; JournalTOCs; KESLI-NDL; MIAR; MyScienceWork; Naver Academic; Naviga (Softweco); Polish Ministry of Science and Higher Education; QOAM; ReadCube, Research Papers in Economics (RePEc); SCILIT; Scite; Semantic Scholar; Sherpa/RoMEO; TDNet; Ulrich's Periodicals Directory/ulrichsweb; WanFang Data; WorldCat (OCLC); X-MOL

Copyright: © 2024, Mariusz Pyra. **Publisher:** John Paul II University in Białą Podlaska, Poland.

Introduction

The development of the logistics sector is inextricably linked to the economic processes in each country. Logistics, understood as the process of planning, executing and controlling the efficient flow and storage of goods and services, plays a key role in the global trade and production system. In an era of globalisation and increased international trade, the logistics sector is becoming an increasingly important element affecting the economic competitiveness of countries (Sołtysik, 2009; Gołemska, 2022).

In the context of a booming global economy, the logistics sector plays a key role in shaping economic growth. As the foundation for the efficient flow of goods and services, logistics not only facilitates trade, but also influences other macroeconomic indicators. This has been pointed out by other researchers, emphasising the importance of logistics, transport for the functioning of markets, as well as socio-economic development (Platje, Paradowska, Kociszewski, 2018). In Poland, a country with a strategic location in Europe, the logistics sector has grown in importance, becoming an important driver of economic growth (Meyera, 2020).

The aim of this paper is to analyse the impact of the logistics sector on Poland's economic growth between 2018 and 2022. Using selected statistical methods, the work aims to identify and evaluate this impact.

The paper sets out the following main research hypothesis: The development of the logistics sector, including the transportation of cargo, passengers and the sale of transport and warehousing services, has a significant and positive impact on Poland's economic growth between 2018 and 2022, as measured by the increase in Gross Domestic Product (GDP) and Gross National Income (GNI).

The research material consists of CSO data on selected macroeconomic indicators, i.e. gross national income, gross domestic product, and logistics indicators, i.e. cargo transport, passenger transport, sales of transport and warehouse management products and services in Poland in 2018-2022. The research methods used were correlation analysis, linear regression, cluster analysis and time series analysis.

Economic growth and the logistics sector

Economic growth is a key aspect of economic analysis and theory. In theoretical terms, it is the process by which a country's economy generates and accumulates more goods and services, which

Wstęp

Rozwój sektora logistycznego jest nieodłącznie związany z procesami gospodarczymi w każdym kraju. Logistyka, rozumiana jako proces planowania, realizacji i kontrolowania efektywnego przepływu i magazynowania towarów oraz usług, odgrywa kluczową rolę w globalnym systemie handlu i produkcji. W dobie globalizacji i wzrostu międzynarodowego handlu, sektor logistyczny staje się coraz ważniejszym elementem wpływającym na konkurencyjność gospodarczą państw (Sołtysik, 2009; Gołemska, 2022).

W kontekście dynamicznie rozwijającej się gospodarki globalnej, sektor logistyczny odgrywa kluczową rolę w kształtowaniu wzrostu gospodarczego. Jako fundament efektywnego przepływu towarów i usług, logistyka nie tylko ułatwia handel, ale także wpływa na inne wskaźniki makroekonomiczne. Zwracają na to uwagę inni badacze, podkreślając znaczenie logistyki, transportu dla funkcjonowania rynków, a także rozwoju społeczno-gospodarczego (Platje, Paradowska, Kociszewski, 2018). W Polsce, kraju o strategicznym położeniu w Europie, sektor logistyczny zyskał na znaczeniu, stając się istotnym motorem wzrostu gospodarczego (Meyera, 2020).

Celem tej pracy jest analiza wpływu sektora logistycznego na wzrost gospodarczy Polski w latach 2018-2022. Przy zastosowaniu wybranych metod statystycznych, praca ma na celu zidentyfikowanie i ocenienie tego wpływu.

W pracy postawiono następującą główną hipotezę badawczą: Rozwój sektora logistycznego, w tym przewozy ładunków, pasażerów oraz sprzedaż usług transportowych i gospodarki magazynowej, ma istotny i dodatni wpływ na wzrost gospodarczy Polski w latach 2018-2022, mierzony wzrostem Produktu Krajowego Brutto (PKB) i Dochodu Narodowego Brutto (DNB).

Materiał badawczy stanowią dane GUS w zakresie wybranych wskaźników makroekonomicznych, tj. dochód narodowy brutto, produkt krajowy brutto oraz logistycznych, tj. przewozy ładunków, przewozy pasażerów, sprzedaż wyrobów i usług transportu i gospodarki magazynowej w Polsce w latach 2018-2022. Zastosowane metody badawcze to analiza korelacji, regresja liniowa, analiza skupień i analiza szeregów czasowych.

Wzrost gospodarczy a sektor logistyczny

Wzrost gospodarczy jest kluczowym aspektem ekonomicznej analizy i teorii. W ujęciu teoretycznym, jest to proces, w którym gospodarka danego kraju generuje i akumuluje więcej dóbr i usług, co

can translate into increased prosperity. Economic growth can be measured in various ways, but the most commonly used indicators are GDP and GNI.

Gross Domestic Product is the end result of the productive activity of resident production units. It represents the sum of the gross value added of individual institutional sectors or individual branches plus taxes on products less subsidies on products (which are not allocated to sectors or branches). It is also the balancing item of the production account of the total economy.

Gross National Income, on the other hand, is the sum of the gross primary incomes of all ownership sectors or all domestic institutional sectors; it is the sum of gross domestic product and foreign income (O) of the EU L 174 of 26.06.2013, as amended).

In the context of economic growth theory, the logistics sector can be seen as an important contributor to growth. By facilitating trade, improving supply chain efficiency and promoting global trade, logistics directly contributes to economic growth (Banaszyk, Kauf, Szołtysek, 2021). Additionally, investment in logistics infrastructure, such as transport and warehousing, can stimulate economic growth by creating jobs, increasing productivity and enabling faster movement of goods (Skowrońska, 2013). Many researchers abroad also see similar relationships in their research and analysis (Celebi, 2021; Saini, Hrusecka, 2021).

Modern logistics, encompassing freight and passenger transport, the sale of transport products and services and warehouse management, plays a vital role in shaping the country's economic growth. These processes have a direct impact on key economic indicators such as Gross Domestic Product and Gross National Income (Calderón, Servén, 2004). The selection of these logistics and economic variables allows for an in-depth analysis of the relationship between the logistics sector and overall economic performance, which is key to understanding the mechanisms affecting a country's economic growth.

Cargo transport is a fundamental element of logistics, affecting the efficiency of the supply chain and international trade. Efficient freight transport enables products to be delivered faster and cheaper, resulting in an increase in productivity and competitiveness of the economy. Improving transport infrastructure and logistics technology can lead to an increase in GDP by reducing transport costs and increasing trade volumes. Cargo transport is the sum of the weight of cargo transported by the different modes of transport, i.e. rail, road (commercial and business), pipeline, air and inland and maritime shipping

może przekładać się na wzrost dobrobytu. Wzrost gospodarczy można mierzyć na różne sposoby, ale najczęściej używanym wskaźnikiem jest PKB i DNB.

Produkt Krajowy Brutto to końcowy rezultat działalności produkcyjnej jednostek produkcyjnych będących rezydentami. Stanowi on sumę wartości dodanej brutto poszczególnych sektorów instytucjonalnych lub poszczególnych gałęzi powiększoną o podatki od produktów pomniejszone o dotacje do produktów (które nie są przydzielone do sektorów czy gałęzi). Jest też pozycją bilansującą rachunku produkcji gospodarki ogółem.

Natomiast Dochód Narodowy Brutto to suma dochodów pierwotnych brutto wszystkich sektorów własności albo wszystkich krajowych sektorów instytucjonalnych; stanowi on sumę produktu krajowego brutto i dochodu z zagranicy (Dz. Urz. UE L 174 z 26.06.2013, z późn. zm.).

W kontekście teorii wzrostu gospodarczego, sektor logistyczny może być postrzegany jako istotny czynnik wpływający na wzrost. Poprzez ułatwienie handlu, poprawę efektywności łańcucha dostaw i wspieranie globalnej wymiany handlowej, logistyka bezpośrednio przyczynia się do wzrostu gospodarczego (Banaszyk, Kauf, Szołtysek, 2021). Dodatkowo, inwestycje w infrastrukturę logistyczną, takie jak transport i magazynowanie, mogą stymulować wzrost gospodarczy poprzez tworzenie miejsc pracy, zwiększanie produktywności i umożliwianie szybszego przepływu towarów (Skowrońska, 2013). Wielu badaczy za granicą również dostrzega w prowadzonych badaniach i analizach podobne zależności (Celebi, 2021; Saini, Hrusecka, 2021).

Współczesna logistyka, obejmująca przewozy ładunków i pasażerów, sprzedaż wyrobów i usług transportowych oraz gospodarkę magazynową, odgrywa zasadniczą rolę w kształtowaniu wzrostu gospodarczego kraju. Procesy te mają bezpośredni wpływ na kluczowe wskaźniki ekonomiczne, takie jak Produkt Krajowy Brutto i Dochód Narodowy Brutto (Calderón, Servén, 2004). Wybór tych zmiennych logistycznych i ekonomicznych pozwala na dogłębną analizę zależności między sektorem logistycznym a ogólną wydajnością gospodarczą, co jest kluczowe dla zrozumienia mechanizmów wpływających na wzrost gospodarczy kraju.

Przewozy ładunków są fundamentalnym elementem logistyki, wpływającym na efektywność łańcucha dostaw i handlu międzynarodowego. Efektywny transport towarów umożliwia szybsze i tańsze dostarczanie produktów, co przekłada się na wzrost produktywności i konkurencyjności gospodarki. Poprawa infrastruktury transportowej i technologii logistycznych może prowadzić do zwiększenia PKB poprzez obniżenie kosztów

(<https://stat.gov.pl/metainformacje/slownik-pojec/pojecia-stosowane-w-statystyce-publicznej>).

Passenger transport, although less directly than freight, also affects the economy. The development of public and private transport enables better mobility of the workforce, which is key to labour market efficiency. Improved transport accessibility can increase the productivity of workers and enable a faster response to market needs, which has a positive impact on GDP. Passenger transport is the sum of passengers carried by each mode of transport, i.e. rail, bus and air transport, as well as inland waterway and maritime transport (<https://stat.gov.pl/metainformacje/slownik-pojec/pojecia-stosowane-w-statystyce-publicznej>).

The transport sector, which offers a wide range of products and services, as well as efficient warehousing, are vital components of the economy and are key to supply chain management. Developments in transport technology, such as autonomous vehicles or efficient fleet management systems, as well as automation and advanced inventory management systems, can have a significant impact on reducing costs and improving delivery speeds. This in turn translates into increased productivity and economic efficiency, which is important for GDP growth (Tundys, Matuszczak, 2014).

Economic growth is therefore a multidimensional process in which the logistics sector plays a key role, contributing to economic efficiency and productivity (Kurasiński, 2014).

Statistical research methodology

Four main statistical methods were used to achieve the aim of the study, namely to analyse the impact of the logistics sector on Poland's economic growth: correlation analysis, linear regression, cluster analysis and time series analysis. The choice of these methods is justified by their ability to describe and interpret in detail the complex relationships between selected economic and logistical variables (Table 1).

transportu i zwiększenie obrotów handlowych. Przewozy ładunków to suma masy ładunków przewiezionych poszczególnymi gałęziami transportu, tj. transportem kolejowym, samochodowym (zarobkowym i gospodarczym), rurociągowym, lotniczym oraz żeglugą śródlądową i żeglugą morską (<https://stat.gov.pl/metainformacje/slownik-pojec/pojecia-stosowane-w-statystyce-publicznej>).

Transport pasażerski, choć mniej bezpośrednio niż przewozy ładunków, wpływa również na gospodarkę. Rozwój transportu publicznego i prywatnego umożliwi lepszą mobilność siły roboczej, co jest kluczowe dla efektywności rynku pracy. Lepsza dostępność transportu może zwiększać produktywność pracowników i umożliwiać szybsze reagowanie na potrzeby rynku, co pozytywnie wpływa na PKB. Przewozy pasażerów to suma pasażerów przewiezionych poszczególnymi rodzajami transportu, tj. transportem kolejowym, autobusowym i lotniczym oraz żeglugą śródlądową i żeglugą morską (<https://stat.gov.pl/metainformacje/slownik-pojec/pojecia-stosowane-w-statystyce-publicznej>).

Sektor transportowy, oferujący szeroką gamę wyrobów i usług, jak również efektywna gospodarka magazynowa, są istotnymi komponentami gospodarki i mają kluczowe znaczenie dla zarządzania łańcuchem dostaw. Rozwój technologii transportowych, takich jak pojazdy autonomiczne czy efektywne systemy zarządzania flotą, a także automatyzacja i zaawansowane systemy zarządzania zapasami, mogą znacząco wpływać na redukcję kosztów i poprawę szybkości dostaw. To z kolei przekłada się na wzrost produktywności i efektywności gospodarczej, co jest istotne dla wzrostu PKB (Tundys, Matuszczak, 2014).

Wzrost gospodarczy jest zatem wielowymiarowym procesem, w którym sektor logistyczny odgrywa kluczową rolę, przyczyniając się do zwiększenia efektywności i produktywności gospodarczej (Kurasiński, 2014).

Metodyka badań statystycznych

W ramach realizacji celu pracy, czyli analizy wpływu sektora logistycznego na wzrost gospodarczy Polski, wykorzystano cztery główne metody statystyczne: analizę korelacji, regresję liniową, analizę skupień oraz analizę szeregów czasowych. Wybór tych metod uzasadniony jest ich zdolnością do szczegółowego opisu i interpretacji złożonych zależności między wybranymi zmiennymi ekonomicznymi i logistycznymi (Tabela 1).

Table 1. Poland's key economic and logistics indicators 2018-2022**Tabela 1.** Kluczowe wskaźniki ekonomiczne i logistyczne Polski w latach 2018-2022

Specification / Wyszczególnienie		2018	2019	2020	2021	2022
Gross National Income / Dochód Narodowy Brutto	PLN million / mln zł	2036989	2192953	2249340	2512894	2946660
Gross Domestic Product / Produkt Krajowy Brutto	PLN million / mln zł	2126506	2288492	2337672	2631302	3067495
Cargo transport / Przewozy ładunków	thousand tonnes / tys. ton	2191889	2220601	2201252	2253377	2277093
Passenger transport / Przewozy pasażerów	thousand / tys.	663013	687680	373810	422962	571472
Sales of transport and storage pro- ducts and services / Sprzedaż wyrobów i usług trans- portu i gospodarki magazynowej	PLN million / mln zł	253257.7	283918.2	283254.9	332065.7	415037.2

Source: Own elaboration based on CSO data.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS.

Correlation analysis is a method to assess the degree of relationship between two variables. In the context of the paper, correlation analysis was used to examine the relationship between economic indicators and logistical indicators. Pearson rank correlation tests are appropriate as they allow the strength and direction of the relationship between quantitative variables to be determined (Pułaska-Turyna, 2011).

Kendall's rank correlation coefficient seems to be an appropriate supplement, as it focuses on rank rather than linear relationships between variables. They are particularly useful in economic and logistical research, where relationships between variables may be non-linear or more complex than those that can be assessed using Pearson correlations. In the context of research into the impact of the logistics sector on economic growth, Kendall tests allow for a deeper understanding of the relationships between variables that may be hidden with traditional correlation methods, providing valuable information on the impact of logistics on the economy (Ręklewski, 2020).

The linear regression method is used to model the relationship between the dependent variable and one or more independent variables. It is a key predictive and forecasting tool to understand how changes in one variable affect another. In the paper, this method makes it possible to assess the extent to which growth in the logistics sector affects economic growth (Korkhin, 2012).

Cluster analysis is a statistical technique that identifies groups (clusters) of similar observations in a data set. In the context of the research, cluster analysis has been used to uncover patterns and trends in logistical and economic data that may

Analiza korelacji to metoda pozwalająca na ocenę stopnia związku między dwiema zmiennymi. W kontekście pracy, analiza korelacji została użyta do zbadania zależności między wskaźnikami ekonomicznymi a wskaźnikami logistycznymi. Testy korelacji rang Pearsona są odpowiednie, gdyż pozwalają na określenie siły i kierunku związku między zmiennymi ilościowymi (Pułaska-Turyna, 2011).

Właściwym uzupełnieniem wydaje się być współczynnik korelacji rang Kendalla, bowiem koncentruje się on na związkach rangowych, a nie liniowych między zmiennymi. Są one szczególnie przydatne w badaniach ekonomicznych i logistycznych, gdzie zależności między zmiennymi mogą być nieliniowe lub bardziej złożone niż te, które można ocenić za pomocą korelacji Pearsona. W kontekście badań nad wpływem sektora logistycznego na wzrost gospodarczy, testy Kendalla pozwalają na głębsze zrozumienie zależności między zmiennymi, które mogą być ukryte w przypadku tradycyjnych metod korelacji, dostarczając cennych informacji na temat wpływu logistyki na gospodarkę (Ręklewski, 2020).

Metoda regresji liniowej służy do modelowania związku między zmienną zależną a jedną lub więcej zmiennymi niezależnymi. Jest to kluczowe narzędzie do przewidywania i prognozowania, które pozwala na zrozumienie, jak zmiany w jednej zmiennej wpływają na inną. W pracy metoda ta umożliwi ocenę, w jakim stopniu wzrost w sektorze logistycznym wpływa na wzrost gospodarczy (Korkhin, 2012).

Analiza skupień to technika statystyczna pozwalająca na identyfikację grup (skupień) podobnych obserwacji w zbiorze danych. W kontekście badań, analiza skupień została wykorzystana do odkrycia wzorców i trendów w danych logistycznych i ekonomicznych, które mogą nie być oczywiste przy użyciu

not be obvious using other methods. The k-means algorithm is a popular cluster analysis algorithm that is used to divide a data set into groups (clusters) based on the similarity between observations (Aczel, 2017). It is an iterative algorithm that works as follows:

1. Initialisation – initial centroids (cluster centres) are randomly selected. The centroids represent the average attribute values in each potential cluster.
2. Assignment to clusters – each observation is assigned to the nearest centroid (cluster) based on Euclidean distance or other measure of distance.
3. Update centroids – for each cluster, new centroids are calculated as the average attribute values of all observations assigned to that cluster.
4. Repeat steps 2 and 3 – steps 2 and 3 are repeated iteratively and observations are assigned to clusters based on the closest centroid, and then the centroids are updated.
5. Termination – the algorithm continues to iterate until a termination condition is met, such as no change in cluster assignments or reaching a certain number of iterations (Stanisz, 2006).

Time series analysis is a statistical method for analysing and interpreting data collected at regular intervals. It is a key tool in many fields, from economics and finance to science and engineering. The main objective of time series analysis is to identify important characteristics of the data, such as trend, seasonality, cycles and other patterns and anomalies. Time series analysis provides an understanding of how variables change over time and how these changes are related to each other. This is particularly valuable in the context of analysing the impact of the logistics sector on the economy, as it enables the identification of trends, patterns and relationships that are key to understanding economic and logistics dynamics (Józefacka, Kołek, Arciszewska-Leszczuk, Iwankowski, 2023).

innych metod. Algorytm k-means to popularny algorytm analizy skupień, który służy do dzielenia zestawu danych na grupy (skupienia) na podstawie podobieństwa między obserwacjami (Aczel, 2017). Jest to algorytm iteracyjny, który działa w następujący sposób:

1. Inicjalizacja – losowo wybierane są początkowe centroidy (środki skupień). Centroidy reprezentują średnie wartości atrybutów w każdym z potencjalnych skupień.
2. Przydział do skupień – każda obserwacja jest przypisywana do najbliższego centroidu (skupienia) na podstawie odległości euklidesowej lub innej miary odległości.
3. Aktualizacja centroidów – dla każdego skupienia obliczane są nowe centroidy jako średnie wartości atrybutów wszystkich obserwacji przypisanych do tego skupienia.
4. Powtarzanie kroków 2 i 3 – kroki 2 i 3 są powtarzane iteracyjnie, a obserwacje są przypisywane do skupień na podstawie najbliższego centroidu, a następnie centroidy są aktualizowane.
5. Zakończenie – algorytm kontynuuje iterację, dopóki nie zostanie spełniony warunek zakończenia, na przykład brak zmian w przypisaniach do skupień lub osiągnięcie określonej liczby iteracji (Stanisz, 2006).

Analiza szeregów czasowych to metoda statystyczna służąca do analizowania i interpretowania danych zbieranych w regularnych odstępach czasu. Jest to kluczowe narzędzie w wielu dziedzinach, od ekonomii i finansów po nauki ścisłe i inżynierię. Głównym celem analizy szeregów czasowych jest identyfikacja istotnych charakterystyk danych, takich jak trend, sezonowość, cykle oraz inne wzorce i anomalie. Analiza szeregów czasowych pozwala na zrozumienie, jak zmienne zmieniają się w czasie i jak te zmiany są ze sobą powiązane. Jest to szczególnie cenne w kontekście analizy wpływu sektora logistycznego na gospodarkę, ponieważ umożliwia identyfikację trendów, wzorców i zależności, które są kluczowe dla zrozumienia dynamiki gospodarczej i logistycznej (Józefacka, Kołek, Arciszewska-Leszczuk, Iwankowski, 2023).

Table 2. List of formulae used in the statistical data analysis**Tabela 2.** Wykaz formuł użytych w analizie danych statystycznych

Method / Metoda	Formula / Formuła
Pearson rank correlation / Korelacja rang Pearsona	$r = \frac{\sum (X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{X})^2 \sum (Y - \bar{Y})^2}}$
Spearman rank correlation / Korelacja rang Spearmana	$r = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$
Kendall rank correlation / Korelacja rang Kendalla	$\tau = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{i < j} \text{sign}(x_i - x_j) \cdot \text{sign}(y_i - y_j)$
Linear regression / Regresja liniowa	$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon$
Cluster analysis (K-means) / Analiza skupień (K-means)	No specific formula - relies on K-means clustering algorithms / Brak konkretnej formuły - opiera się na algorytmach grupowania K-means
Time series analysis / Analiza szeregów czasowych	$(1 - \sum_{i=1}^p \phi_i L^i)(1 - L)^d Y_t = (1 + \sum_{i=1}^q \theta_i L^i) \epsilon_t$

Source: Own elaboration based on A. Maksimowicz-Ajchel (2007). *Introduction to statistics. Methods of statistical description*. Publishing House of the University of Warsaw: Warsaw.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie A. Maksimowicz-Ajchel (2007). *Wstęp do statystyki. Metody opisu statystycznego*. Wyd. Uniwersytetu Warszawskiego: Warszawa.

The application of these methods allows for a comprehensive analysis of the relationship between the logistics sector and economic growth, providing a sound basis for drawing reliable conclusions.

Zastosowanie tych metod pozwala na kompleksową analizę zależności między sektorem logistycznym a wzrostem gospodarczym, zapewniając solidne podstawy do wyciągania wiarygodnych wniosków.

Results

Correlation analysis is a basic statistical method for determining the relationship between two variables. The Pearson correlation coefficient can be used to measure the strength and direction of the relationship between, for example, freight movements and economic indicators such as GDP. The value of r shows how strongly and in which direction the variables are related to each other. Values close to 1 or -1 indicate a strong correlation, while values close to 0 indicate a weak or no relationship.

Wyniki

Analiza korelacji to podstawowa metoda statystyczna służąca do określania związku pomiędzy dwiema zmiennymi. Można użyć współczynnika korelacji Pearsona, aby zmierzyć siłę i kierunek związku między np. przewozami ładunków a wskaźnikami gospodarczymi, takimi jak PKB. Wartość r pokazuje, jak mocno i w jakim kierunku zmienne są ze sobą związane. Wartości bliskie 1 lub -1 wskazują na silną korelację, podczas gdy wartości bliskie 0 wskazują na słaby lub brak związku.

Table 3. Pearson correlations for logistic indicators against GDP and GNI**Tabela 3.** Korelacje Pearsona dla wskaźników logistycznych względem PKB i DNB

Specification / Wyszczególnienie	GDP / PKB	GNI / DNB
Carriage of cargo / Przewóz ładunków	0.95	0.95
Carriage of passengers / Przewóz pasażerów	-0.23	-0.23
Sales of transport and storage products and services / Sprzedaż wyrobów i usług transportu i gospodarki magazynowej	0.99	0.99

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

These results indicate very strong links between both GDP and GNI and freight and sales of transport and storage products and services. In both cases, passenger transport has a weak negative correlation with GDP and GNI, which may suggest that passenger transport dynamics are not as closely linked to general economic indicators as GDP and GNI. It is important to remember that Pearson's correlation measures only linear relationships between variables. It does not detect non-linear relationships, nor does it imply a cause-and-effect relationship.

Te wyniki wskazują na bardzo silne związki między zarówno PKB, jak i DNB, a przewozami ładunków oraz sprzedażą wyrobów i usług transportu i gospodarki magazynowej. W obu przypadkach, przewozy pasażerów mają słabą ujemną korelację z PKB i DNB, co może sugerować, że dynamika przewozów pasażerów nie jest tak ściśle powiązana z ogólnymi wskaźnikami gospodarczymi, jak PKB i DNB. Ważne jest, aby pamiętać, że korelacja Pearsona mierzy tylko liniowe związki między zmiennymi. Nie wykrywa związków nieliniowych, ani nie implikuje związku przyczynowo-skutkowego.

Table 4. Spearman correlations for logistic indicators against GDP and GNI

Tabela 4. Korelacje Spearmana dla wskaźników logistycznych względem PKB i DNB

Specification / Wyszczególnienie	GDP / PKB	GNI / DNB
Carriage of cargo / Przewóz ładunków	0.9	0.9
Carriage of passengers / Przewóz pasażerów	-0.5	-0.5
Sales of transport and storage products and services / Sprzedaż wyrobów i usług transportu i gospodarki magazynowej	0.9	0.9

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

Spearman and Kendall tests, which are less sensitive to assumptions about the normality of distributions and can detect non-linear relationships, also showed strong correlations between GDP/GNI and freight and sales of transport and warehousing products and services. These results are consistent with those obtained using the Pearson correlation coefficient.

Testy Spearmana i Kendalla, które są mniej wrażliwe na założenia dotyczące normalności rozkładów i mogą wykrywać zależności nieliniowe, również wykazały silne korelacje między PKB/DNB a przewozami ładunków oraz sprzedażą wyrobów i usług transportu i gospodarki magazynowej. Wyniki te są zgodne z wynikami uzyskanymi za pomocą współczynnika korelacji Pearsona.

Table 5. Kendall's correlations for logistic indicators against GDP and GNI

Tabela 5. Korelacje Kendalla dla wskaźników logistycznych względem PKB i DNB

Specification / Wyszczególnienie	GDP / PKB	GNI / DNB
Carriage of cargo / Przewóz ładunków	0.8	0.8
Carriage of passengers / Przewóz pasażerów	-0.2	-0.2
Sales of transport and storage products and services / Sprzedaż wyrobów i usług transportu i gospodarki magazynowej	0.8	0.8

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

The correlations between passenger traffic and GDP/GNI are weaker and negative, which is also in line with previous results. It is worth noting that both tests indicate similar trends in the data, suggesting that the relationships between these variables are primarily linear or at least monotonic.

Korelacje między przewozami pasażerów a PKB/DNB są słabsze i mają charakter ujemny, co również jest zgodne z wcześniejszymi wynikami. Warto zauważyć, że oba testy wskazują na podobne tendencje w danych, co sugeruje, że związki między tymi zmiennymi są przede wszystkim liniowe lub

There is therefore no clear evidence of significant non-linear relationships between these variables in the data analysed.

The table below presents the results of a multiple regression analysis illustrating the impact of key logistics indicators on economic indicators such as GDP and GNI. These results reflect the strength and direction of the relationship between the development of the logistics sector and the country's economic growth.

przynajmniej monotoniczne. Nie ma więc wyraźnych dowodów na istnienie istotnych zależności nieliniowych między tymi zmiennymi w analizowanych danych.

Poniższa tabela prezentuje wyniki analizy regresji wielokrotnej, ilustrujące wpływ kluczowych wskaźników logistycznych na wskaźniki ekonomiczne takie jak PKB i DNB. Wyniki te odzwierciedlają siłę i kierunek zależności między rozwojem sektora logistycznego a ekonomicznym wzrostem kraju.

Table 6. Results of multiple regression analysis for logistic indicators and their impact on GDP and GNI

Tabela 6. Wyniki analizy regresji wielokrotnej dla wskaźników logistycznych i ich wpływ na PKB oraz DNB

Specification / Wyszczególnienie	B_{GNI} / B_{DNB}	B_{GDP} / B_{PKB}	β_0	R^2
Carriage of cargo / Przewóz ładunków	-1.316	1.358	1,990,398,000	0.976
Carriage of passengers / Przewóz osób	-1.386	1.247	749,766,200	0.057
Sales of transport and storage products and services / Sprzedaż wyrobów i usług transportu i gospodarki magazynowej	0.147	0.029	-110,325,600	0.995

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

A PLN 1 million increase in GDP is associated with an increase in freight transport of an average of 1,358,000 tonnes, while a PLN 1 million increase in GNI is associated with a decrease in freight transport of 1,316,000 tonnes. This model explains 97.6% of the variability in freight transport.

A PLN 1 million increase in GDP is associated with an increase in passenger transport of 1,247,000 on average, while a PLN 1 million increase in GNI is associated with a decrease in passenger transport of 1,386,000. However, the model only explains 5.7% of the variation in passenger transport, indicating a poor model fit.

A PLN 1 million increase in GDP is associated with an average increase in sales of transport and storage products and services of PLN 0.029 million, while a PLN 1 million increase in GNI is associated with an increase in sales of PLN 0.147 million. The model explains 99.5% of the variability in sales of transport and storage management products and services.

In summary, the results show significant relationships between economic and logistics variables, particularly for freight and sales of transport and warehousing products and services. However, it is important to note the limitations of the model, such as the relatively small amount of data (5 years) and potential other factors affecting the variables that were not included in the model.

Wzrost PKB o 1 mln zł wiąże się ze wzrostem przewozu ładunków o średnio 1.358 tys. ton, podczas gdy wzrost DNB o 1 mln zł wiąże się ze zmniejszeniem przewozu ładunków o 1.316 tys. ton. Model ten wyjaśnia 97.6% zmienności przewozu ładunków.

Wzrost PKB o 1 mln zł wiąże się ze wzrostem przewozu osób o średnio 1.247 tys., podczas gdy wzrost DNB o 1 mln zł wiąże się ze zmniejszeniem przewozu osób o 1.386 tys. Jednakże model ten wyjaśnia jedynie 5.7% zmienności przewozu osób, co wskazuje na słabe dopasowanie modelu.

Wzrost PKB o 1 mln zł wiąże się ze wzrostem sprzedaży wyrobów i usług transportu i gospodarki magazynowej o średnio 0.029 mln zł, podczas gdy wzrost DNB o 1 mln zł wiąże się ze wzrostem sprzedaży o 0.147 mln zł. Model ten wyjaśnia 99.5% zmienności sprzedaży wyrobów i usług transportu i gospodarki magazynowej.

Podsumowując, wyniki wskazują na istotne związki między zmiennymi ekonomicznymi a logistycznymi, szczególnie w przypadku przewozu ładunków oraz sprzedaży wyrobów i usług transportu i gospodarki magazynowej. Należy jednak zwrócić uwagę na ograniczenia modelu, takie jak relatywnie niewielka ilość danych (5 lat) oraz potencjalne inne czynniki wpływające na zmienne, które nie zostały uwzględnione w modelu.

W analizie skupień użyto algorytmu k-means w następujący sposób:

The cluster analysis used the k-means algorithm as follows:

1. Data preparation – the data were prepared in a form in which each year (2018-2022) was a separate observation and the variables (GDP, freight movements, etc.) were attributes of the observations.
2. Data standardisation – data were standardised so that each variable had a mean value of zero and a standard deviation of one. This helps to avoid the influence of a single variable with large values on the results of the analysis.
3. Selection of the number of clusters – the number of clusters was determined from the data analysis. In this case, it seemed that three focuses would be appropriate.
4. The k-means algorithm – a k-means algorithm was applied to the data, dividing the years into three clusters based on similarity in the values of the variables.
5. Analysis of results – results were analysed by identifying which years belonged to the same clusters and what the characteristics of these clusters were.

1. Przygotowanie danych – dane zostały przygotowane w formie, w której każdy rok (2018-2022) stanowił odrębną obserwację, a zmienne (PKB, przewozy ładunków, itd.) były atrybutami obserwacji.
2. Standaryzacja danych – dane zostały standaryzowane, aby każda zmienna miała średnią wartość równą zero i odchylenie standardowe równe jeden. To pomaga uniknąć wpływu jednej zmiennej o dużych wartościach na wyniki analizy.
3. Wybór liczby skupień – określono liczbę skupień na podstawie analizy danych. W tym przypadku wydawało się, że trzy skupienia będą odpowiednie.
4. Algorytm k-means – zastosowano algorytm k-means do danych, dzieląc lata na trzy skupienia na podstawie podobieństwa w wartościach zmiennych.
5. Analiza wyników – przeanalizowano wyniki identyfikując, które lata należały do tych samych skupień i jakie były charakterystyki tych skupień.

Table 7. Grouping of years by analysed indicators of Poland 2018-2022

Tabela 7. Grupowanie lat według analizowanych wskaźników Polski w latach 2018-2022

Specification / Wyszczególnienie	Group 1 - 2019, 2020, 2022 / Grupa 1 – 2019, 2020, 2022	Group 2 - 2018 / Grupa 2 – 2018	Group 3 - 2021 / Grupa 3 – 2021
Description / Opis	These years have similar levels of GDP, freight, passenger transport, GNI and sales of transport and warehousing products and services. / W tych latach występuje podobny poziom PKB, przewozów ładunków, przewozów pasażerów, DNB i sprzedaży wyrobów i usług transportu i gospodarki magazynowej.	In 2018, there are lower values for GDP, freight and passenger transport compared to other years. GNI and sales of transport and warehousing products and services are also lower. / W roku 2018 występują niższe wartości PKB, przewozów ładunków i przewozów pasażerów w porównaniu do innych lat. DNB i sprzedaż wyrobów i usług transportu i gospodarki magazynowej są również niższe.	There is a higher GDP value in 2021 compared to other years. Cargo, passenger transport, GNI and sales of transport and warehousing products and services are also at higher levels. / W roku 2021 występuje wyższa wartość PKB w porównaniu do innych lat. Przewozy ładunków, przewozy pasażerów, DNB i sprzedaż wyrobów i usług transportu i gospodarki magazynowej są również na wyższym poziomie.

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

Group 1 may represent a period of economic stability, where key economic and logistical indicators remain similar. The stability of these indicators suggests the absence of significant economic disruptions during these years, as well as potentially effective economic and logistical policies.

Group 2 may be characterised by different economic conditions to the other years. Lower index values may indicate slower economic growth or the initial phase of recovery. It is possible that there have been some events or political, economic changes

Grupa 1 może reprezentować okres stabilności gospodarczej, gdzie kluczowe wskaźniki ekonomiczne i logistyczne utrzymują się na zbliżonym poziomie. Stabilność tych wskaźników sugeruje brak znaczących zakłóceń gospodarczych w tych latach, a także potencjalnie skuteczną politykę gospodarczą i logistyczną.

Grupa 2 może charakteryzować się innymi warunkami ekonomicznymi niż pozostałe lata. Niższe wartości wskaźników mogą wskazywać na wolniejszy wzrost gospodarczy lub początkową fazę

this year that have affected economic and logistical indicators.

2021 could be a key year for the Polish economy, characterised by economic growth. Higher values of the indicators may indicate strong economic growth, perhaps due to recovery from a period of stagnation or crisis, or the result of the introduction of successful economic strategies. It is also possible that this year has seen increased activity in the logistics sector, which may have contributed to growth.

However, these conclusions should be treated as hypotheses that require additional analysis and comparison with the historical, economic and political context of Poland during these years. It is also important to take into account other factors that may have affected the economy, such as global economic trends, international politics or emergency events (e.g. the COVID-19 pandemic).

The temporal analysis below gives a picture of the overall growth trend in Poland's economic and logistics sector between 2018 and 2022, with a clear impact of some global events, such as the COVID-19 pandemic, on some indicators such as passenger transport.

ożywienia gospodarczego. Możliwe, że w tym roku wystąpiły pewne wydarzenia lub zmiany polityczne, gospodarcze, które miały wpływ na wskaźniki ekonomiczne i logistyczne.

Rok 2021 może być kluczowym rokiem dla gospodarki Polski, charakteryzującym się wzrostem gospodarczym. Wyższe wartości wskaźników mogą wskazywać na silny wzrost ekonomiczny, być może spowodowany ożywieniem po okresie stagnacji lub kryzysu, albo efektem wprowadzenia skutecznych strategii gospodarczych. Możliwe, że w tym roku zaobserwowano również wzmożoną aktywność w sektorze logistycznym, co mogło przyczynić się do wzrostu gospodarczego.

Wnioski te powinny być jednak potraktowane jako hipotezy, które wymagają dodatkowej analizy i porównania z kontekstem historycznym, gospodarczym i politycznym Polski w tych latach. Ważne jest również uwzględnienie innych czynników, które mogły wpłynąć na gospodarkę, takich jak globalne trendy ekonomiczne, polityka międzynarodowa czy wydarzenia nadzwyczajne (np. pandemia COVID-19).

Poniżej przeprowadzona analiza czasowa daje obraz ogólnego trendu wzrostu w sektorze ekonomicznym i logistycznym Polski w latach 2018-2022, z wyraźnym wpływem niektórych zdarzeń globalnych, jak pandemia COVID-19, na niektóre wskaźniki, takie jak przewozy pasażerów.

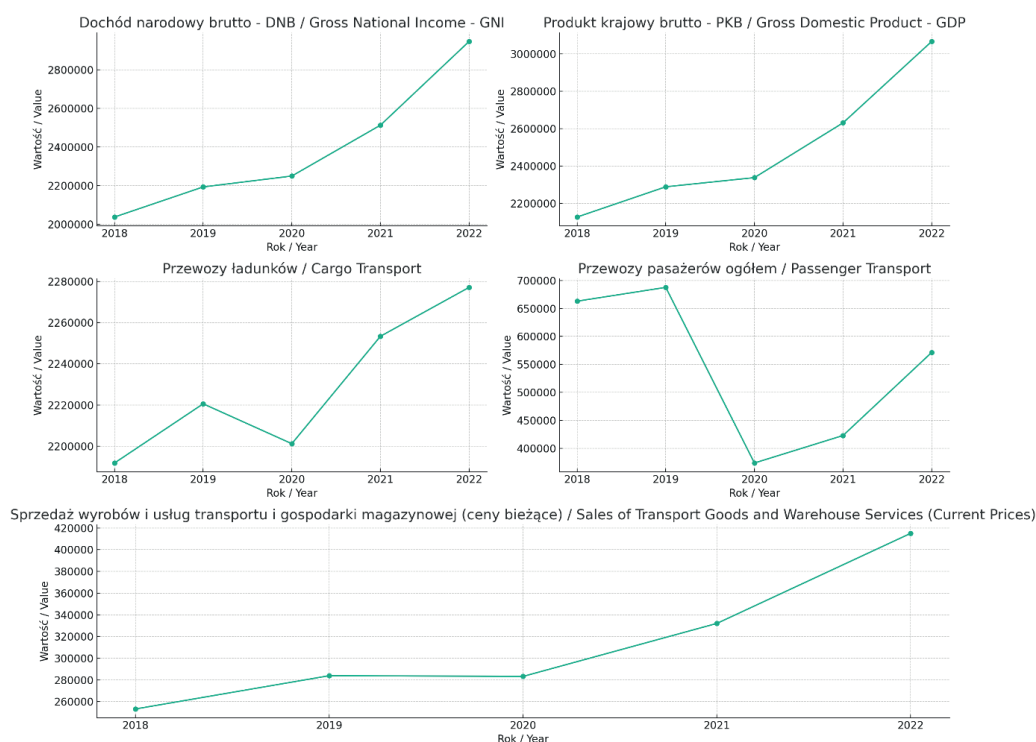


Figure 1. Time trend analysis for key logistics and economic indicators

Rysunek 1. Analiza trendów czasowych dla kluczowych wskaźników logistycznych i ekonomicznych

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

Based on the graphs for the individual variables, the following trends can be observed:

1. Gross National Income (GNI) and Gross Domestic Product (GDP) both show growth over the period under review. This is an overall indicator of a positive trend in Poland's economy. An increase in GDP indicates an increase in the country's production and services, while an increase in GNI may indicate an increase in national income.
2. Carriage of cargo – this indicator also shows an overall upward trend, with one break in 2020. (the year of the COVID-19 pandemic outbreak), although it is not as pronounced as for GNI and GDP. The observed increase in freight transport can be interpreted as a sign of increasing demand for freight transport, which is often linked to growing economic activity. This may indicate that the logistics sector contributes to economic growth by supporting trade and distribution.
3. Passenger transport – a significant decline is seen in 2020, which may be related to the impact of the COVID-19 pandemic, followed by a gradual increase in subsequent years, suggesting a recovery in this industry, which may be linked to the overall economic recovery.
4. Sales of transport and warehousing products and services – growth in this category indicates a growing demand for logistics and warehousing services, which can be directly linked to the development of other economic sectors.

However, it should be borne in mind that the temporal analysis is based on limited data and does not take into account all possible factors affecting the economy. Therefore, these conclusions should be considered preliminary and require further verification through more detailed analyses.

Conclusions

Between 2018 and 2022, Poland's logistics sector has seen a significant impact on the country's economic growth. During the period under review, the COVID-19 pandemic took place, which caused significant changes in the logistics sector, including transport modes, supply chains and logistics. The five-year period covers the time before the pandemic, its duration and the period of initial recovery afterwards. This provides an opportunity to compare the economic and operating conditions

Na podstawie wykresów dla poszczególnych zmiennych, można zaobserwować następujące tendencje:

1. Dochód Narodowy Brutto (DNB) i Produkt Krajowy Brutto (PKB) – oba te wskaźniki pokazują wzrost w badanym okresie. Jest to ogólny wskaźnik pozytywnego trendu w gospodarce Polski. Wzrost PKB świadczy o zwiększeniu produkcji i usług w kraju, natomiast wzrost DNB może wskazywać na zwiększenie dochodów narodowych.
2. Przewozy ładunków – ten wskaźnik również wykazuje ogólny trend wzrostowy, z jednym załamaniem w 2020 r. (rok wybuchu pandemii COVID-19), choć nie jest on tak wyraźny, jak w przypadku DNB i PKB. Zaobserwowany wzrost w przewozach ładunków może być interpretowany jako znak rosnącego zapotrzebowania na przewóz towarów, co jest często związane z rosnącą aktywnością gospodarczą. To może wskazywać na to, że sektor logistyczny przyczynia się do wzrostu gospodarczego poprzez wsparcie handlu i dystrybucji.
3. Przewozy pasażerów – widać znaczny spadek w roku 2020, co może być związane z wpływem pandemii COVID-19, a następnie stopniowy wzrost w kolejnych latach, co może sugerować ożywienie w tej branży, które może być powiązane z ogólnym ożywieniem gospodarczym.
4. Sprzedaż wyrobów i usług transportu i gospodarki magazynowej – wzrost w tej kategorii wskazuje na rosnący popyt na usługi logistyczne i magazynowe, co może być bezpośrednio związane z rozwojem innych sektorów gospodarczych.

Należy jednak pamiętać, że analiza czasowa opiera się na ograniczonych danych i nie uwzględnia wszystkich możliwych czynników wpływających na gospodarkę. Dlatego też, wnioski te powinny być traktowane jako wstępne i wymagające dalszej weryfikacji za pomocą bardziej szczegółowych analiz.

Podsumowanie

W latach 2018-2022 sektor logistyczny Polski odnotował znaczący wpływ na wzrost gospodarczy kraju. W analizowanym okresie miała miejsce pandemia COVID-19, która spowodowała znaczące zmiany w sektorze logistycznym, w tym w sposobach transportu, łańcuchach dostaw i logistyce. Pięcioletni okres obejmuje czas przed pandemią, jej trwanie oraz okres początkowego ożywienia po niej. Daje to możliwość porównania warunków gospodarczych i funkcjonowania sektora logistycznego w różnych

of the logistics sector in different settings. Economic and logistical data were analysed using statistical methods, including correlation analysis, linear regression, cluster analysis and time series analysis.

The research carried out and the results of the statistical analyses have led to the following conclusions, which, from the point of view of the author of the paper, appear to be the most important:

- 1) Correlation analysis showed a significant positive correlation between freight and GDP, suggesting that growth in the logistics sector is linked to economic growth.
- 2) Linear regression confirmed that freight growth directly and significantly affects GDP growth.
- 3) Based on the cluster analysis, periods were identified where freight patterns and economic growth were more pronounced, indicating potential periods of logistics optimisation for maximising economic growth.
- 4) Based on the time series analysis, growth in the logistics sector, especially in freight and sales of transport and warehousing products and services, is in line with overall economic growth as measured by GDP and GNI. This suggests that the logistics sector can play an important role in supporting Poland's economic growth.
- 5) Steady growth in GDP and GNI, indicating economic development, appears to be supported by increasing activity in the logistics sector. Increased sales of logistics and warehousing services indicate a growing demand for efficient supply chain management, which is an indispensable part of the modern economy.
- 6) The importance of the logistics sector underlines the need for investment in transport and warehousing infrastructure, which can contribute to further economic growth. Support for innovation in logistics, including automation and digitalisation, can increase the efficiency of the sector and thereby accelerate economic growth.

The study undertook a multivariate statistical analysis to verify the research hypothesis on the significant and positive impact of the development of the logistics sector on Poland's economic growth between 2018 and 2022, as measured by growth in Gross Domestic Product (GDP) and Gross National Income (GNI). Using data on freight movements, passengers and sales of transport and warehousing services, the necessary statistical analyses were carried out on the basis of which the research hypothesis was verified. These results indicate

warunkach. Dane ekonomiczne i logistyczne analizowane były za pomocą metod statystycznych, w tym analizy korelacji, regresji liniowej, analizy skupień i analizy szeregów czasowych.

Przeprowadzone badania i wyniki analiz statystycznych pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków, które z punktu widzenia autora pracy, wydają się być najważniejsze:

- 1) Analiza korelacji wykazała istotną, dodatnią korelację między przewozami ładunków a PKB, co sugeruje, że wzrost w sektorze logistycznym jest związany ze wzrostem gospodarczym.
- 2) Regresja liniowa potwierdziła, że wzrost przewozów ładunków bezpośrednio i w sposób istotny wpływa na wzrost PKB.
- 3) Na podstawie analizy skupień zidentyfikowano okresy, w których wzorce przewozów ładunków i wzrost gospodarczy były wyraźniejsze, wskazując na potencjalne okresy optymalizacji logistyki dla maksymalizacji wzrostu gospodarczego.
- 4) Na podstawie analizy szeregów czasowych wzrost w sektorze logistycznym, zwłaszcza w przewozach ładunków i w sprzedaży wyrobów i usług transportu i gospodarki magazynowej, jest zgodny z ogólnym wzrostem gospodarczym mierzonym PKB i DNB. To sugeruje, że sektor logistyczny może odgrywać istotną rolę we wspieraniu wzrostu gospodarczego Polski.
- 5) Stały wzrost PKB i DNB, wskazujący na rozwój gospodarczy, wydaje się być wspierany przez rosnącą aktywność w sektorze logistycznym. Zwiększona sprzedaż usług logistycznych i magazynowych wskazuje na rosnące zapotrzebowanie na efektywne zarządzanie łańcuchem dostaw, co jest nieodzownym elementem nowoczesnej gospodarki.
- 6) Znaczenie sektora logistycznego podkreśla potrzebę inwestycji w infrastrukturę transportową i magazynową, co może przyczynić się do dalszego wzrostu gospodarczego. Wsparcie dla innowacji w logistyce, w tym automatyzacja i cyfryzacja, może zwiększyć efektywność sektora i tym samym przyspieszyć wzrost gospodarczy.

W badaniu podjęto wieloaspektową analizę statystyczną w celu zweryfikowania hipotezy badawczej dot. istotnego i pozytywnego wpływu rozwoju sektora logistycznego na wzrost gospodarczy Polski w latach 2018-2022, mierzony wzrostem Produktu Krajowego Brutto (PKB) i Dochodu Narodowego Brutto (DNB). Wykorzystując dane dotyczące przewozów ładunków, pasażerów oraz sprzedaży usług transportowych i gospodarki magazynowej, przeprowadzono niezbędne analizy statystyczne,

that the development of the logistics sector had a significant and positive impact on Poland's economic growth during the period analysed, highlighting the importance of the sector as a key economic factor.

However, it is recommended to continue and deepen the research in order to get a more comprehensive picture of the impact of the logistics sector on the economy. The five-year research period provides the basis for further, more extensive analyses covering longer time periods and may also include international comparisons.

na podstawie których hipoteza badawcza została zweryfikowana. Wyniki te wskazują, że rozwój sektora logistycznego miał istotny i dodatni wpływ na wzrost gospodarczy Polski w analizowanym okresie, co podkreśla znaczenie tego sektora jako kluczowego czynnika ekonomicznego.

Jednakże zaleca się kontynuację i pogłębienie badań w celu uzyskania bardziej kompleksowego obrazu wpływu sektora logistycznego na gospodarkę. Pięcioletni okres badawczy stanowi podstawę do dalszych, bardziej rozbudowanych analiz obejmujących dłuższe okresy czasowe, a także mogą one obejmować również porównania międzynarodowe.

References:

1. Aczel, A.D. (2017). *Statystyka w zarządzaniu*. Warszawa: PWN.
2. Banaszyk, P., Kauf, S., Szołtysek, J. (2021). *Logistyka jako czynnik dobrostanu nowej generacji*. Warszawa: PWE. <https://doi.org/10.33226/1231-2037.2021.9.2>
3. Calderón, C., Servén, L. (2004). The Effects of Infrastructure Development on Growth and Income Distribution. *World Bank Policy Research Working Paper*, No. 3400. Waszyngton: The World Bank. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-3400>
4. Celebi, U. (2021). The impact of logistics performance index upon Gross Domestic Product: mediating roles of foreign direct investment and patents. *Journal of Global Strategic Management*, 15(1), 29-45. <https://doi.org/10.20460/JGSM.2021.297>
5. Dz. Urz. UE L 174 z 26.06.2013, z późn. zm.
6. Gołemska, E. (2022). *Ważniejsze przesłanki logistyki w biznesie międzynarodowym*. W: S. Konecka i A. Łupicka (red.), *Logistyka gospodarki światowej* (13–25). Poznań: Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego. <https://doi.org/10.18559/978-83-8211-106-4/1>
7. <https://stat.gov.pl/metainformacje/slownik-pojec/pojecia-stosowane-w-statystyce-publicznej> (data dostępu: 10.12.2023).
8. Józefacka, N., Kołek, M., Arciszewska-Leszczuk, A., Iwankowski, P. (2023). *Metodologia i statystyka*. Tom 1. *Przewodnik naukowego turysty*. Warszawa: PWN. <https://doi.org/10.53271/2022.140>
9. Korkhin, A. (2012). *Modeling Method of Stochastic Systems with Parameters Varying in Time*. W: S. Forlicz (red.), *Zastosowanie metod ilościowych w ekonomii i zarządzaniu* (159-174). Warszawa: CeDeWu.
10. Kurasiński, Z. (2014). *Profesjonalna logistyka szansą gospodarki polskiej w czasach kryzysów, chaosu i zmian*. W: Z. Kurasiński, K. Szelaż (red.), *Profesjonalizm w logistyce. Kształcenie logistyków – doświadczenia i wnioski* (9-20). Łódź: Wyd. Społecznej Akademii Nauk.
11. Maksimowicz-Ajchel, A. (2007). *Wstęp do statystyki. Metody opisu statystycznego*. Warszawa: Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego. <https://doi.org/10.31338/uw.9788323527909>
12. Meyera, D.F. (2020). An assessment of the impact of logistics and related infrastructure on the economy: a comparative analysis of the Visegrad countries. *Polish Journal of Management Studies*, 22(1), 295-309. <https://10.17512/pjms.2020.22.1.19>
13. Platje, J., Paradowska, M., Kociszewski, K. (2018). *Ekonomika transportu – Teoria dla praktyki*. Wrocław: Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bankowej.
14. Pułaska-Turyna, B. (2011). *Statystyka dla ekonomistów*. Warszawa: Difin.
15. Ręklewski, M. (2020). *Statystyka opisowa. Teoria i przykłady*. Włocławek: Wydawnictwo Państwowej Uczelni Zawodowej.
16. Saini, M., Hrušecká, D. (2021). Comparative impact of logistics performance index, ease of doing business and logistics cost on economic development: a fuzzy QCA analysis. *Journal of Business Economics and Management*, 22(6), 1577–1592. <https://doi.org/10.3846/jbem.2021.15586>
17. Skowrońska, A. (2013). Makrologistyka jako czynnik rozwoju gospodarki światowej w warunkach kryzysu ekonomicznego. *Gospodarka Materiałowa i Logistyka*, 9, 10-20.

18. Sołtysik, M. (2009). *Uwarunkowania logistyki w łańcuchach dostaw*. W: D. Kisperska-Moroń, S. Krzyżaniak (red.), *Logistyka* (11-53). Poznań: Instytut Logistyki i Magazynowania.
19. Stanisław, A. (2006). *Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny*. Kraków: Statsoft.
20. Tundys, B., Matuszczak, A. (2014). Analiza zależności pomiędzy poziomem PKB a transportem i jego kosztami zewnętrznymi w wybranych krajach Unii Europejskiej. *Logistyka*, 2, 361-372.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>) allowing third parties to copy and redistribute the material in any medium or format and remix, transform, and build upon the material for any purpose, even commercially.