

**Prace Komisji Geografii Przemysłu  
Polskiego Towarzystwa Geograficznego**  
kwartalnik naukowy

**Studies of the Industrial Geography Commission  
of the Polish Geographical Society**  
a scientific quarterly

**WYBRANE PROCESY TRANSFORMACJI  
GOSPODARKI EUROPEJSKIEJ**

pod redakcją  
Małgorzaty Zdon-Korzeniowskiej i Moniki Noviello

**SELECTED TRANSFORMATION PROCESSES  
IN THE EUROPEAN ECONOMY**

edited by  
Małgorzata Zdon-Korzeniowska and Monika Noviello

DOI 10.24917/20801653.402

**40(2) • 2026**

Polskie Towarzystwo Geograficzne – Komisja Geografii Przemysłu  
Polish Geographical Society – Industrial Geography Commission  
Uniwersytet Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie  
University of the National Education Commission, Krakow

**PRACE KOMISJI GEOGRAFII PRZEMYSŁU POLSKIEGO TOWARZYSTWA GEOGRAFICZNEGO**  
**STUDIES FROM THE INDUSTRIAL GEOGRAPHY COMMISSION OF THE POLISH GEOGRAPHICAL SOCIETY**

40(2), 2026

**Redaktor naczelny / Editor-in-chief:** Wioletta Kilar

**Zastępca redaktora naczelnego / Associate editor:** Sławomir Dorocki

**Honorowy Redaktor Naczelny / Honorary Editor:** Zbigniew Ziolo

**Redaktorzy tomu / Volume Editors:** Małgorzata Zdon-Korzeniowska, Monika Noviello

**Rada Redakcyjna / Editorial Board**

Felix Arion, György Csomós, Paweł Czapliński, Ben Derudder, Sławomir Dorocki, Wiesława Gierańczyk, Anatol Jakobson, Wioletta Kilar, Ana María Liberali, Tadeusz Marszał, Tomasz Rachwał, Piotr Raźniak, Andrés Rodríguez-Pose, Eugeniusz Rydz, Tadeusz Stryjakiewicz, Yolanda Carbajal Suárez, Zdeněk Szczyrba, Anna Tobolska, Géza Tóth, Krzysztof Wiedermann, Nuri Yavan, Natalia Zdanowska, Zbigniew Ziolo

**Lista recenzentów dostępna na stronie internetowej czasopisma / The list of reviewers is available on the journal's website**

**Redaktor prowadzący z Wydawnictwa / Managing editor of the Publishing House:** Natalia Majoch

**Redaktor językowy / Language editor:** Rokszana Blech

**Korekta w języku angielskim / Proofreading of English texts:** Richard Bolt

**Deklaracja wersji pierwotnej / Definition of primary version**

Wersja elektroniczna jest wersją pierwotną publikacji / The primary version of the journal is the electronic version

**Czasopismo jest indeksowane w bazach / Journal is abstracted and indexed in:**

BazEkon, BazHum, CEJSH (Central European Journal of Social Sciences and Humanities), CEEOL (Central and Eastern European Online Library), DOAJ (Directory of Open Access Journals), ERIH PLUS (European Reference Index for the Humanities and the Social Sciences), IndexCopernicus, PBN – Polska Bibliografia Naukowa / Polish Scientific Bibliography, Pedagogiczna Biblioteka Cyfrowa / Pedagogical Digital Library, POL-index, Web of Science Core Collection – Emerging Sources Citation Index (ESCI)

**Strona internetowa czasopisma z informacjami dla autorów i dostępem do pełnych tekstów archiwalnych artykułów w wersji elektronicznej / Journal website with information for authors and access to the full-text electronic versions of archive papers:** <https://prace-kgp.uken.krakow.pl>, ISSN (on-line): 2449-903X

**Kontakt z redakcją / Journal contact**

Sekretarz Redakcji (Editorial Secretary): Karolina Smętkiewicz, Monika Noviello

Uniwersytet Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie, ul. Podchorążych 2, 30–084 Kraków, p. 519a

tel. (+48) 12 662 64 13, e-mail: [pracekgp@uken.krakow.pl](mailto:pracekgp@uken.krakow.pl)

ISSN 2080-1653

© Copyright by Wydawnictwo Naukowe UKEN, Kraków 2026

**Wydawca/Publisher**

Uniwersytet Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie  
University of the National Education Commission, Krakow

Wydawnictwo Naukowe Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie

e-mail: [wydawnictwo@uken.krakow.pl](mailto:wydawnictwo@uken.krakow.pl); <http://www.wydawnictwoup.pl>

**Współwydawca/Co-publisher**

Polskie Towarzystwo Geograficzne – Komisja Geografii Przemysłu

Polish Geographical Society – Industrial Geography Commission

Druk / Printed by Zespół Poligraficzny WN UKEN

## WPROWADZENIE

Współczesna gospodarka europejska podlega dynamicznym przemianom wynikającym z postępujących procesów globalizacji, integracji gospodarczej i transformacji technologicznej oraz ze zmian strukturalnych zachodzących na poziomie zarówno sektorów gospodarki, jak i pojedynczych przedsiębiorstw. Procesy te wpływają na sposób funkcjonowania podmiotów gospodarczych, kształtują nowe uwarunkowania konkurencyjności oraz determinują kierunki rozwoju regionalnego i krajowego. Szczególnego znaczenia nabierają kwestie dotyczące powiązań międzysektorowych, transformacji tradycyjnych gałęzi przemysłu oraz postępującej cyfryzacji działalności gospodarczej.

W niniejszym numerze przedstawiono wybrane aspekty współczesnych procesów transformacyjnych zachodzących w gospodarce europejskiej z perspektywy sektorowej, regionalnej oraz przedsiębiorstw. Prezentowane opracowania podejmują problematykę zmian strukturalnych gospodarki, skutków restrukturyzacji działalności przemysłowej oraz wyzwań związanych z transformacją cyfrową przedsiębiorstw. Analizowane zagadnienia wskazują na złożoność współczesnych procesów rozwojowych oraz ich na wpływ na funkcjonowanie gospodarki na różnych poziomach: makro-, mezo- i mikroekonomicznym.

Na poziomie makro- analizie poddano powiązania międzysektorowe w wybranych gospodarkach europejskich (Lyubomyr Sozansky). Na podstawie danych wejścia-wyjścia zidentyfikowano kluczowe sektory oraz oceniono ich znaczenie dla funkcjonowania gospodarek Niemiec, Polski i Słowacji. Wyniki badań wskazują na istotne różnice w strukturze powiązań gospodarczych między analizowanymi krajami, co wynika z odmiennych uwarunkowań rozwojowych, ze skali gospodarki oraz ze stopnia integracji z europejskimi sieciami produkcyjnymi.

Na poziomie mezo- podjęte badania koncentrują się na problematyce restrukturyzacji sektora wydobywczego na przykładzie Kopalni Węgla Kamiennego Bobrek-Piekary w Piekarach Śląskich (Wioletta Kilar, Patrycja Nowosielska). Przedstawiono społeczne, ekonomiczne i środowiskowe konsekwencje procesu transformacji zachodzącego w regionie Górnego Śląska. Analiza wskazuje, że restrukturyzacja tradycyjnych gałęzi przemysłu stanowi nie tylko wyzwanie dla lokalnych społeczności i rynku pracy, lecz jest także impulsem do poszukiwania nowych ścieżek rozwoju gospodarczego.

Poziom mikro- przedstawiono w kontekście cyfryzacji przedsiębiorstw w Polsce na tle państw Unii Europejskiej (Jakub Misztal). Szczególną uwagę poświęcono różnicowaniu poziomu wykorzystania technologii cyfrowych w zależności od wielkości przedsiębiorstw oraz identyfikacji barier ograniczających rozwój cyfrowy. Wyniki przeprowadzonych analiz wskazują, że pomimo systematycznego postępu polskie przedsiębiorstwa nadal napotykają na wyzwania utrudniające im osiągnięcie poziomu cyfrowych liderów europejskich.

Wspólnym obszarem prezentowanych opracowań jest zaś analiza procesów transformacyjnych determinujących współczesny rozwój gospodarczy. Zarówno zmiany

w strukturze sektorowej gospodarki, jak i transformacja tradycyjnych sektorów przemysłu oraz postępująca cyfryzacja przedsiębiorstw wpływają na konkurencyjność gospodarek, efektywność funkcjonowania przedsiębiorstw oraz możliwości rozwoju regionów.

Mamy nadzieję, że przedstawione zagadnienia spotkają się z zainteresowaniem Czytelników. Jednocześnie wyrażamy zachętę do podejmowania dyskusji nad problematyką przemian w przemyśle i usługach, jej dalszego rozwijania oraz prezentowania wyników badań na łamach naszego Czasopisma.

*Małgorzata Zdon-Korzeniowska, Monika Noviello*

## INTRODUCTION

The contemporary European economy is undergoing dynamic changes driven by advancing globalization, economic integration, technological transformation and structural shifts occurring both at the level of economic sectors and individual enterprises. These processes influence the functioning of economic entities, shape new determinants of competitiveness, and define the directions of regional and national development. Particular importance is attached to issues related to intersectoral linkages, the transformation of traditional industries and the ongoing digitalization of economic activity.

This issue presents selected aspects of contemporary transformation processes taking place within the European economy from sectoral, regional and enterprise perspectives. The articles included address topics related to structural changes in the economy, the consequences of industrial restructuring, and the challenges associated with the digital transformation of enterprises. The analyzed issues highlight the complexity of contemporary development processes and their impact on economic performance at macro-, meso- and micro-economic levels.

At the macro-economic level, the analysis focuses on intersectoral linkages in selected European economies (Lyubomyr Sozansky). Based on input–output data, key sectors were identified and their significance for the functioning of the economies of Germany, Poland and Slovakia was assessed. The research findings reveal significant differences in the structure of economic linkages among the analyzed countries, resulting from varying development conditions, economic scale and degrees of integration into European production networks.

At the meso-economic level, the research concentrates on the restructuring of the mining sector, using the Bobrek–Piekary Hard Coal Mine in Piekary Śląskie (Poland) as a case study (Wioletta Kilar and Patrycja Nowosielska). The study presents the social, economic and environmental consequences of the transformation process taking place in the Upper Silesia region. The analysis indicates that the restructuring of traditional industrial sectors constitutes not only a challenge for local communities and labor markets but also an impetus for seeking new pathways of economic development.

The micro-economic level is examined in the context of the digitalization of enterprises in Poland compared with other European Union member states (Jakub Misztal). Particular attention is devoted to differences in the adoption of digital technologies according to enterprise size and to the identification of barriers limiting digital development. The results of the analyses indicate that, despite systematic progress, Polish enterprises continue to face challenges that hinder their ability to reach the level of Europe's digital leaders.

A common theme linking the contributions presented in this issue is the analysis of transformation processes shaping contemporary economic development. Changes in the sectoral structure of the economy, the transformation of traditional industrial sectors, and the ongoing digitalization of enterprises all influence the competitiveness

of economies, the efficiency of business operations, and the development opportunities available to regions.

We hope that the topics presented above will attract the interest of our readers. We also encourage further discussion on the transformation of industry and services, the continued development of this field of research, and the dissemination of research findings in the pages of our Journal.

*Małgorzata Zdon-Korzeniowska, Monika Noviello*

LYUBOMYR SOZANSKY

Dolishniy Institute of Regional Research of the NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine

## Intersectoral Linkages in European Economies: a Comparative Analysis of Germany, Poland and Slovakia

**Abstract:** This study provides a comparative assessment of intersectoral linkages in Germany, Poland and Slovakia, three European economies that differ in scale, structural development and integration into European production networks. Rasmussen's backward and forward linkage indices are calculated from OECD input-output tables and used to classify 45 sectors into four groups: key sectors, sectors with high backward linkages, sectors with high forward linkages and weak-linkage sectors. The study examines the hypothesis that larger, more diversified economies tend to have broader sets of sectors with high backward linkages and a lower concentration of key sectors, while smaller open economies embedded in European production networks tend to concentrate on key sectors in manufacturing and logistics. The results reveal cross-national differences. Germany has the largest share of sectors with high backward linkages (42.2%) and a relatively low share of key sectors (15.6%). Poland occupies an intermediate post-transition position, with key sectors accounting for 26.7%. Slovakia has the highest share of key sectors (31.1%), dominated by manufacturing, especially automotive-related activities, reflecting strong specialization and integration into European production networks. The findings indicate that EU industrial and regional policy should take account of differences in sectoral linkage structures.

**Keywords:** input-output analysis; Rasmussen method; key sectors; intersectoral linkages; cross-country analysis; global value chains

**Received:** 2 March 2026

**Accepted:** 15 June 2026

### **Suggested citation:**

Sozansky, L. (2026). Intersectoral Linkages in European Economies: a Comparative Analysis of Germany, Poland and Slovakia. *Prace Komisji Geografii Przemysłu Polskiego Towarzystwa Geograficznego [Studies of the Industrial Geography Commission of the Polish Geographical Society]*, 40(2), 7–22. doi: <https://doi.org/10.24917/20801653.402.1>

## Introduction

The structure of intersectoral linkages is a core characteristic of modern economies, shaping how demand, policy measures and technological change are transmitted through production networks. Understanding these linkages is important for industrial policy, regional development and the assessment of structural transformation. Input-output analysis, developed by Leontief (1936), remains a well-established framework for examining

these interdependencies, as it quantifies how sectors are connected through flows of intermediate goods and services.

In the European Union, the analysis of intersectoral linkages is particularly relevant because national economies differ considerably in scale, level of development and structural composition. This diversity affects economic integration, policy coordination and the prospects for structural convergence. However, despite numerous single-country input-output studies, comparative research that applies the same methodology and harmonized data to economies of different sizes remains limited.

This study addresses this gap by offering a comparative assessment of intersectoral linkages in three European economies representing distinct structural profiles: Germany as a large and highly developed economy, Poland as a medium-sized post-transition economy, and Slovakia as a small open economy. The study applies the Rasmussen method (Rasmussen, 1956), a classical and transparent approach to classifying sectors according to the intensity of their backward and forward linkages, to OECD input-output tables for 2020.

The comparison of Germany, Poland and Slovakia is based on three dimensions relevant to production structure: economic scale, structural development and integration into European and global value chains (Baldwin, 2016; Stöllinger, 2016). Germany represents a large, highly developed and diversified economy with a central role in European manufacturing networks. Poland is examined as a medium-sized post-transition economy whose production structure reflects both post-socialist transformation and integration into European value chains. Slovakia represents a small open economy with a relatively narrow domestic market, high trade openness and strong manufacturing specialization, especially in automotive-related activities. Since all three countries are EU members and are reported within a common OECD input-output framework, their sectoral structures can be compared using the same classification and methodology.

The purpose of the study is to assess and compare the intersectoral linkages of Germany, Poland, and Slovakia using the Rasmussen method, to classify sectors into four linkage groups, and to identify common and country-specific structural patterns in relation to economic scale, development stage and integration into European production networks.

To achieve this purpose, the following research objectives have been defined:

- to identify common patterns of intersectoral linkages across Germany, Poland and Slovakia;
- to determine the specific features of intersectoral linkages in Poland and Slovakia as post-transition economies in comparison with Germany as a highly developed economy;
- to interpret the observed differences in the structure of intersectoral linkages in relation to economic development, production specialization and integration into global value chains.

The main research hypothesis is that the structure of intersectoral linkages – expressed in the relative shares of key sectors, sectors with high backward linkages, sectors with high forward linkages and weak-linkage sectors – differs across European economies in relation to their economic scale, stage of structural development and position within European production networks. More specifically, a large and diversified economy is expected to have a broader group of sectors with high backward linkages and a lower

concentration of key sectors, whereas smaller and more open economies are expected to have a higher concentration of key sectors in manufacturing and logistics.

This hypothesis has both theoretical and policy relevance. Theoretically, the study provides comparable empirical evidence on how economic scale, structural development and value-chain position are associated with intersectoral architecture. From a policy perspective, the results are relevant to industrial policy, regional development strategies and EU integration initiatives, since the effectiveness of policy instruments depends partly on the underlying structure of sectoral linkages.

The remainder of the article is organized as follows. The Literature Review outlines the theoretical foundations of input-output analysis and the Rasmussen method and summarizes empirical findings from previous studies of Germany, Poland, Slovakia and other European economies. The Methodology section presents the data, the Rasmussen indices, and the sector-classification procedure. Research Results report the empirical classification of sectors into four linkage groups and compares backward and forward linkages across countries, while Discussion interprets the results in relation to the research hypothesis and the relevant literature. The Conclusions summarize the main findings, policy implications, limitations and directions for further research.

## LITERATURE REVIEW

The input-output model developed by Leontief (1936) provides the theoretical basis for studying intersectoral interactions. It enables the direct and indirect effects of changes in demand or production in one sector to be assessed for the economy as a whole by representing inter-industry flows of goods and services in matrix form.

Within this framework, the Rasmussen method is widely used to assess backward and forward linkages and to classify sectors according to their position in the system of intersectoral flows. The classification distinguishes key sectors from those with predominantly backward linkages, those with predominantly forward linkages, and those with weak linkages. Its relevance lies in its conceptual clarity, established theoretical basis, and transparent classification criteria (Miller, Blair, 2009). Although the method has limitations, including the equal treatment of sectors at different scales, linearity assumptions and limited consideration of dynamic effects (Miller, Blair, 2009; Temurshoev, Oosterhaven, 2014), it remains suitable for comparative studies because it provides a consistent basis for comparing national economic structures.

The German economy has long been a focus of input-output research. Early studies documented a highly diversified structure with intensive linkages, especially in manufacturing (Vetter, 1973; Menges, Beutel, 1974). Contemporary research confirms the continuing importance of these linkages. Mrówczyńska-Kamińska et al. (2013) identify strong backward linkages in the German agro-industrial complex, which reflects the high degree of integration in the food production system. Landesmann et al. (2015) emphasize that large Western European economies, including Germany, France and Italy, have more complex production networks and closer interaction between industrial and service sectors than smaller countries.

Poland, the largest economy in Central and Eastern Europe, reflects the outcomes of the structural transformation initiated in the 1990s. Gurgul and Lach (2015) argue that the country's key sectors include both traditional heavy industries, such as metallurgy and chemicals, and service segments, including transport and communications. Olczyk (2011)

shows that EU accession in 2004 accelerated the shift towards a more service-oriented model and deepened integration into European production chains. At the same time, Górska (2015) notes that Poland maintains a specific profile: pronounced backward linkages in industry indicate the continuing importance of manufacturing, while weaker forward linkages point to a stronger orientation towards final consumption. Recent evidence by Gacek (2025) confirms the mixed nature of the Polish economy, where mechanical engineering and metalworking function alongside a strong trade and transport block.

Slovakia represents a development model shaped by small-country openness, geographical position and integration into Central European production networks. Kubala et al. (2015) show that after 2004 the automotive cluster became a key driver of the Slovak economy, forming a dense network of backward linkages with component suppliers and developing a strong export orientation. Analyses of small open economies, including Guarda and Rouabah's (2015) study of Luxembourg and related evidence for Czechia and Hungary, reveal a common pattern: specialization in selected production niches, substantial dependence on imported resources, and the importance of strategic component suppliers within European networks.

Beyond country-specific input-output studies, the literature on global value chains (GVCs) and trade in value added provides a broader context for interpreting national linkage patterns. Baldwin (2016) describes how the international unbundling of production has reorganized manufacturing into cross-border networks, while Timmer et al. (2014) document the rising foreign value-added content of output and show, for example, how German automotive value chains rely on suppliers across Central Europe. Koopman et al. (2014) demonstrate that gross trade flows and total backward linkages can overstate domestically generated value added because they include imported intermediates. This caveat is directly relevant to import-dependent assembly economies. For the EU, Stöllinger (2016) identifies a Central European manufacturing core encompassing the Czechia, Hungary, Poland and Slovakia, in which deep GVC integration reinforces manufacturing specialization. This literature suggests that high measured backward linkages in smaller open economies may reflect their role as assembly nodes within regional production networks rather than only the depth of their domestic supplier base.

Despite this body of research, several gaps remain. First, comparative studies based on a unified methodology and harmonized data for economies of different scales are still fragmented. Second, medium-sized post-transition economies, including Poland, are not always examined in detail from the perspective of intersectoral architecture. Third, many existing studies rely on earlier data and therefore do not fully capture recent changes in European production networks, including digitalization and supply-chain reconfiguration.

The present study addresses these gaps by conducting a comparative analysis of intersectoral linkages in Germany, Poland and Slovakia. The use of an identical Rasmussen-based classification and harmonized OECD input-output data makes it possible to provide empirical evidence on how economy size, development stage and value-chain position are associated with the architecture of national production systems.

## METHODOLOGY

This study uses OECD input-output tables for 2020 for Germany, Poland and Slovakia. These symmetric tables provide a detailed representation of intersectoral flows of goods

and services, showing how the output of each sector is used as intermediate input by other sectors or as final demand.

The choice of 2020 as the base year is motivated by the use of harmonized OECD input-output tables for Germany, Poland and Slovakia within a common statistical framework. A single comparable cross-section allows the same sectoral classification and the same Rasmussen procedure to be applied to all three economies. The linkage indices calculated in this study are based on total requirements and therefore capture intermediate demand regardless of whether it is satisfied by domestic suppliers or by imports. This feature is considered when interpreting the results for open economies integrated into cross-border production networks.

The Rasmussen method (Rasmussen, 1956) is a classical approach to classifying sectors by the strength of their backward and forward linkages. It is based on the Leontief inverse matrix (L), which shows the total direct and indirect requirements for each sector's output needed to satisfy a unit of final demand. The mathematical apparatus for the study is based on calculating two fundamental indicators: the backward linkage index and the forward linkage index.

1. Backward Linkage Index (BL<sub>j</sub>) indicates the extent to which sector j stimulates production in other industries through demand for their intermediate products. The indicator is defined as the ratio of the average column sum of the total requirements matrix to the overall average value of the matrix elements:

where:

$$BL_j = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n l_{ij}}{\frac{1}{n^2} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n l_{ij}} = \frac{n \sum_{i=1}^n l_{ij}}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n l_{ij}} \quad (1)$$

$l_{ij}$  – elements of the Leontief total requirements matrix  $L = (I-A)^{-1}$ ;

$n$  – number of economic sectors;

$\sum_{i=1}^n l_{ij}$  – sum of elements in the j-th column of matrix L, reflecting the total economic response to a unit change in final demand in sector j.

2. Forward Linkage Index (FL<sub>i</sub>) measures the extent to which other sectors depend on intermediate supplies from sector i. It is calculated as the ratio of the average row sum of matrix L to the overall average level:

$$FL_i = \frac{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n l_{ij}}{\frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n l_{ij}} = \frac{n \sum_{j=1}^n l_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n l_{ij}} \quad (2)$$

where – the sum of elements in the i-th row of matrix L, characterizing the volume of sector i output required to support a unit increase in production across all sectors.

Based on these two indices, sectors can be classified into four categories:

1. Key sectors (BL > 1 and FL > 1): sectors with both high backward and high forward linkages, which have the greatest potential to transmit production effects through the economy.

2. Backward linkage sectors ( $BL > 1$  and  $FL \leq 1$ ): sectors with high backward linkages and low forward linkages, which stimulate production in other sectors through their demand for inputs.
3. Forward linkage sectors ( $BL \leq 1$  and  $FL > 1$ ): sectors with low backward linkages and high forward linkages, which support production in other sectors through their supply of inputs.
4. Weak linkage sectors ( $BL \leq 1$  and  $FL \leq 1$ ): sectors with low backward and forward linkages, which have limited direct potential to stimulate production through intersectoral linkages.

This classification provides a clear and intuitive framework for comparing the structural role of sectors in terms of their intersectoral linkages.

## RESEARCH RESULTS

the analysis of intersectoral interactions based on OECD input-output tables for 2020 reveals substantial structural differences across the three economies. The classification of 45 sectors according to Rasmussen's methodology shows that, in the comparison between Germany, Poland and Slovakia, the share of key sectors and weakly linked sectors is higher in the smaller and more open economies, while the proportion of sectors with high backward linkages is highest in Germany (Table 1).

Table 1. Structure of sector distribution by type of intersectoral linkage

Type of intersectoral linkages	Germany		Poland		Slovakia	
	Number	%	Number	%	Number	%
Key sector	7	15.6	12	26.7	14	31.1
Sector with high backward linkages	19	42.2	11	24.4	9	20.0
Sector with high forward linkages	8	17.8	8	17.8	8	17.8
Sector with weak linkages	11	24.4	14	31.1	14	31.1
Total	45	100.0	45	100	45	100.0

Source: authors based on OECD.Stat (2023)

The German economy, as the largest and most diversified among the three countries, is characterized by the dominance of sectors with high backward linkages (42.2%). This indicates the depth and multi-level structure of domestic production chains, in which manufacturing industries are important consumers of intermediate products from related activities. In Poland (26.7%) and especially in Slovakia (31.1%), the share of key sectors is higher. This pattern can be interpreted in the context of these countries' integration into global value chains (GVCs). In smaller open economies, sectors may acquire key-sector status not only because of domestic intersectoral integration but also because they function as assembly, manufacturing or logistics nodes within European production networks. This may limit the depth of autonomous national production cycles.

The comparison also shows that the combined share of key sectors and sectors with high backward linkages is highest in Germany (57.8%), indicating a stronger capacity to generate domestic intersectoral demand. At the same time, the share of sectors with high forward linkages is identical in all three countries (17.8%). This similarity points to the common role of service and infrastructure activities in modern European

economies, where they support the functioning of the industrial core regardless of national specificity or the degree of integration into global supply networks.

The structure of the German economy is distinguished by several system-forming industries that simultaneously act as key suppliers of intermediate products and depend strongly on final demand. These include energy, extractive industries, transport and logistics, and core manufacturing industries such as chemicals, metallurgy and metalworking (Table 2). Together, they form the basis of production chains and support the high level of vertical integration characteristic of the German industrial model.

In addition, the German economy contains a broad group of sectors with high backward linkages whose production relies intensively on resources from other industries. These sectors include agriculture, food and textile industries, woodworking, pharmaceuticals, and machinery and equipment manufacturing. Mechanical engineering, despite its economic importance, is not classified as a key sector because a significant share of its output is exported.

A separate group consists mainly of service sectors with high forward linkages, including construction, trade, finance, IT and professional services. These sectors consume relatively few material resources, but their output is important for the functioning of other sectors and forms part of the production infrastructure of the economy.

Social services and cultural industries, by contrast, display weak intersectoral linkages. This reflects their budget-based financing and orientation towards final consumption, which limits their direct integration into production chains.

The Polish economy has a post-transition structural profile. Its key sectors include not only metallurgy and chemicals, as in Germany, but also agriculture, food, paper, rubber and plastic products, and construction. This indicates a combination of traditional industrial activities, sectors oriented towards intermediate demand, and service-related functions characteristic of an economy that has undergone deep restructuring after systemic transformation.

The group of sectors with high backward linkages in Poland is smaller than in Germany, reflecting a lower depth of production chains. At the same time, mechanical engineering industries remain important, confirming their integration into European production networks.

Another important feature of the Polish economy is the larger share of sectors with weak linkages. Their proportion exceeds 31%, which is higher than in Germany. This points to less extensive intermediate-sector integration and to the significant role of industries oriented towards final consumption, particularly social services, culture and information industries.

The Slovak economy, as a small open system, has the widest group of key sectors: 14 in total. In addition to traditional industrial sectors, it includes rubber products, metallurgy and almost all mechanical engineering sectors. This reflects the specificity of small open economies, where many sectors are simultaneously integrated into international production chains and serve the domestic market.

The number of sectors with high backward linkages in Slovakia is the smallest among the three countries, at only nine. This result is consistent with the limited depth of domestic production chains. At the same time, mechanical engineering and the automotive industry remain key drivers of integration into European production networks.

The structure of sectors with weak linkages in Slovakia is similar to that observed in Poland, indicating a degree of structural similarity between the two economies. Social

Table 2. Identification of economic activities in Germany, Poland and Slovakia by type of linkage

Type of economic activity (TEA)	Code TEA	Germany			Poland			Slovakia		
		Backward	Forward	I	Backward	Forward	I	Backward	Forward	I
Agriculture, hunting, forestry	A01-A02	1.00	0.74	B	1.07	1.04	K	1.01	1.08	K
Fishing and aquaculture	A03	1.09	0.52	B	1.00	0.50	B	0.96	0.45	W
Mining of energy producing products	B05-B06	1.15	1.23	K	0.85	1.34	F	0.75	1.17	F
Mining of non-energy producing products	B07-B08	1.04	0.56	B	0.92	1.02	F	1.06	0.62	B
Mining support service activities	B09	0.99	0.50	W	0.68	0.55	W	0.51	0.60	W
Food products, beverages, tobacco	C10-12	1.19	0.83	B	1.26	1.13	K	1.13	0.66	B
Textiles, wearing apparel, leather	C13-15	1.10	0.60	B	1.13	0.66	B	0.96	0.54	W
Wood and products of wood and cork	C16	1.10	0.67	B	1.13	0.77	B	1.02	0.74	B
Paper products and printing	C17-C18	1.09	0.84	B	1.16	1.04	K	1.17	0.71	B
Coke and refined petroleum products	C19	1.43	0.87	B	1.18	1.01	K	1.17	1.00	K
Chemicals and chemical products	C20	1.08	1.31	K	1.17	1.34	K	1.10	1.20	K
Pharmaceuticals, medicinal chemicals	C21	1.05	0.61	B	0.97	0.54	W	1.08	0.53	B
Rubber and plastic products	C22	1.06	0.79	B	1.13	1.16	K	1.14	1.01	K
Other non-metallic mineral products	C23	1.05	0.70	B	1.09	0.84	B	1.12	0.95	B
Basic metals	C24	1.39	1.40	K	1.32	1.32	K	1.34	1.66	K
Fabricated metal products	C25	1.06	1.05	K	1.12	1.28	K	1.12	1.37	K
Computer, electronic, optical products	C26	0.98	0.84	W	1.34	0.89	B	1.63	1.45	K
Electrical equipment	C27	1.05	0.79	B	1.30	0.98	B	1.30	1.26	K
Machinery and equipment n.e.c.	C28	1.08	0.97	B	1.12	0.88	B	1.29	1.00	K

Type of economic activity (TEA)	Code TEA	Germany				Poland				Slovakia			
		Forward		Backward		Forward		Backward		Forward			
		Backward	I	Forward	I	Backward	I	Forward	I	Backward	I		
Motor vehicles, trailers, semi-trailers	C29	1.14	B	0.91	B	1.31	B	0.95	B	1.54	B	1.43	K
Other transport equipment	C30	1.22	B	0.72	B	1.28	B	0.69	B	1.29	B	0.53	B
Manufacturing n.e.c.; repair of machinery	C31-C33	1.02	B	0.83	B	1.08	B	1.07	K	1.07	K	1.17	K
Electricity, gas, steam, air conditioning	D	1.01	K	1.35	K	0.85	F	1.26	F	1.18	F	1.99	K
Water supply; sewerage, waste	E	0.96	F	1.08	F	0.94	F	0.85	W	0.90	W	0.58	W
Construction	F	0.99	F	1.28	F	1.13	K	1.88	K	1.06	K	1.64	K
Wholesale, retail trade; repair of vehicles	G	0.86	F	2.86	F	0.86	F	3.50	F	0.90	F	3.34	F
Land transport and transport via pipelines	H49	1.00	K	1.21	K	1.02	K	2.01	K	0.92	K	1.40	F
Water transport	H50	1.29	B	0.65	B	1.13	B	0.50	B	1.12	B	0.49	B
Air transport	H51	1.17	B	0.52	B	1.17	B	0.52	B	1.31	B	0.51	B
Warehousing and support activities	H52	1.08	K	1.85	K	1.02	K	1.35	K	1.03	K	1.32	K
Postal and courier activities	H53	1.06	B	0.85	B	0.94	B	0.52	W	1.00	W	0.75	F
Accommodation and food service activities	I	0.99	W	0.57	W	0.99	W	0.53	W	0.86	W	0.47	W
Publishing, audiovisual, broadcasting	J58-J60	0.96	W	0.74	W	0.97	W	0.68	W	0.88	W	0.56	W
Telecommunications	J61	0.99	W	0.93	W	0.94	W	0.64	W	0.83	W	0.59	W
IT and other information services	J62-J63	0.82	F	1.86	F	0.83	F	1.47	F	0.83	F	1.27	F
Financial and insurance activities	K	0.95	F	1.58	F	0.78	F	1.14	F	0.84	F	0.93	W
Real estate activities	L	0.69	F	1.40	F	0.81	W	0.89	W	0.63	W	1.28	F

Type of economic activity (TEA)	Code TEA	Germany			Poland			Slovakia		
		Backward	Forward	I	Backward	Forward	I	Backward	Forward	I
Professional, scientific, technical activities	M	0.86	2.38	F	0.82	1.85	F	0.86	2.11	F
Administrative and support services	N	0.79	1.97	F	0.83	1.31	F	0.90	1.46	F
Public administration, defense, social security	O	0.80	0.89	W	0.68	0.52	W	0.70	0.58	W
Education	P	0.65	0.59	W	0.61	0.50	W	0.62	0.50	W
Human health and social work	Q	0.76	0.50	W	0.82	0.54	W	0.76	0.50	W
Arts, entertainment, recreation	R	0.79	0.60	W	0.91	0.53	W	0.86	0.62	W
Other service activities	S	0.72	0.62	W	0.92	0.55	W	0.83	0.56	W
Activities of households as employers	T	0.00	0.00	W	0.00	0.00	W	0.00	0.00	W

I – identification of economic activity by comparative assessment of linkages

K – key sector

B – sector with high backward linkage

F – sector with high forward linkage

W – sector with weak linkages

Source: authors based on OECD.Stat (2023)

services and final-consumption-oriented industries have limited production linkages and remain predominantly oriented towards domestic demand.

Overall, the three countries display different models of intersectoral linkages. Germany is a highly integrated and diversified economy with strong industrial sectors. Poland occupies an intermediate post-transition position, combining industrial sectors with an expanding service block and gradually approaching Western European structural patterns. Slovakia is a small open economy with concentrated production linkages, in which mechanical engineering and the automotive industry play a central role.

The results of the Rasmussen-based analysis point to substantial structural commonalities among the economies of Germany, Poland and Slovakia. As shown in Table 3, this similarity is based on four common key sectors: chemicals (C20), basic metals (C24), fabricated metal products (C25) and warehousing and support activities (H52). The high intensity of both forward and backward linkages in these industries indicates their role as important nodes within production chains. While the industrial sectors (C20–C25) act as basic suppliers of raw materials and semi-finished products, warehousing and logistics (H52) performs an integrative function by channeling resources between related industries and supporting the continuity of intermediate flows.

Table 3. Patterns of intersectoral linkages characteristic of economic activities in Germany, Poland and Slovakia

Type of economic activity (TEA)	Code TEA	Type of Linkage
Chemicals and chemical products	C20	Key sector
Basic metals	C24	
Fabricated metal products	C25	
Warehousing and support activities	H52	
Wood and products of wood and cork	C16	High backward linkage
Other non-metallic mineral products	C23	
Other transport equipment	C30	
Wholesale, retail trade; repair of vehicles	G	High forward linkage
IT and other information services	J62-J63	
Professional, scientific, technical activities	M	
Administrative and support services	N	
Public administration, defence, social security	O	Weak linkage
Education	P	
Human health and social work	Q	
Arts, entertainment, recreation	R	
Other service activities	S	
Accommodation and food service activities	I	
Publishing, audiovisual, broadcasting	J58-J60	
Telecommunications	J61	
Mining support service activities	B09	

Source: authors based on OECD.Stat (2023)

Industries with a pronounced unilateral linkage orientation also play an important role in aggregate demand and service support. Stable high backward linkages were identified in all three countries in woodworking (C16), production of mineral products (C23), and transport engineering (C30), marking these activities as strong consumers

of products from other sectors. In parallel, the infrastructure framework of the economies is formed through high forward linkages in trade (G), IT services (J62–J63), professional, scientific and technical activities (M), and administrative activities (N). This configuration indicates a common model of business-service support, in which these sectors provide organizational, informational and service inputs to national production systems.

Alongside these common patterns, the study identifies sectors whose indicators are close across the three countries, such as land transport (H49) and financial activities (K). A group of nine sectors also share a common weak-linkage profile. This group consists mainly of socially oriented spheres, including public administration, education and health care, as well as specific services such as accommodation and food services, publishing and broadcasting, telecommunications and mining support activities. Despite their social significance, these sectors have a limited direct effect on intermediate consumption in the industrial sector. These multidirectional linkages emphasize the complex structure of the Central European economic model, in which a common industrial core coexists with national growth drivers.

## DISCUSSION

The structural differences identified between Germany, Poland and Slovakia are broadly consistent with the Petty-Clark law and Kuznets' account of structural change in the course of economic growth (Clark, 1940; Kuznets, 1966). These approaches emphasize the gradual shift in the relative weight of economic activity from primary production towards manufacturing and, subsequently, services as income rises. The German economy displays features of a mature post-industrial system, in which the agricultural sector (A01-A03) functions as a technologically advanced consumer of intermediate products with high backward linkages. Poland and Slovakia, by contrast, remain in a phase of service-oriented restructuring while retaining a comparatively stronger role for construction and agriculture, which is consistent with ongoing structural adaptation within the EU. The identical share of sectors with high forward linkages across all three countries (17.8%) suggests that knowledge-intensive services, including IT, consulting and professional and scientific activities, play a stable role in supporting production regardless of national economic scale.

The findings are also consistent with the theory of production fragmentation and with the literature on cross-border production networks (Baldwin, 2016; Timmer et al., 2014). The high intensity of linkages in Slovakia's mechanical engineering and automotive industries, and in Poland's chemical and mechanical engineering industries, reflects their role as nodes within the Central European manufacturing core (Stöllinger, 2016). This supports earlier evidence on the centrality of the automotive complex in the Slovak economy (Kubala et al., 2015) and on the mixed industrial profile of Poland (Górska, 2015; Gacek, 2025). Since the Rasmussen indices are computed using total input-output tables, the high backward linkages observed for assembly-oriented sectors may reflect both domestic intersectoral demand and imported intermediate inputs. This is particularly relevant for Poland and Slovakia, where industrial sectors are strongly embedded in cross-border production networks. By contrast, German mechanical engineering (C28) exhibits high backward but moderate forward linkages. This pattern may be explained by the fact that a large share of the sector's output is directed to external markets as final demand, which lowers its measured direct forward linkages; the value

embodied in these exports is partly generated along international rather than purely domestic production chains (Koopman et al., 2014; Timmer et al., 2014). These sectors should therefore be interpreted as elements of European production networks rather than only as domestic multipliers.

The identification of sectors with strong mutual interdependence is closely connected to the multiplier and linkage effects formalized within the input-output tradition (Miller, Blair, 2009). Public investment in key sectors can generate cascading demand through backward linkages and supply resources to related industries through forward linkages. Because the sets of key sectors differ across the three countries, uniform support measures are unlikely to be equally effective. Industrial policy should therefore be tailored to the specific architecture of linkages in each economy: for large diversified economies, the priority is to preserve the depth and differentiation of domestic production chains; for smaller open economies, the central challenge is to increase the domestic value-added content of import-dependent assembly nodes rather than to rely on their gross linkage intensity alone.

The classification of education (P), health care (Q) and public administration (O) as sectors with weak linkages reflects their institutional and demand characteristics, including high labor intensity and budget financing. However, their significance extends beyond direct intersectoral flows, because they form human capital and institutional infrastructure. These indirect effects are important for long-term development and require a balanced policy approach: support for key sectors can strengthen short-term multiplier effects, while support for weak-linkage sectors contributes to the quality and sustainability of economic growth.

Taken together, the results suggest that the architecture of intersectoral linkages reflects a combination of structural maturity, sectoral specialization and position within European production networks. This interpretation avoids reducing the observed cross-national differences to economy size alone and places them within broader debates on structural change and production fragmentation.

## CONCLUSIONS

The comparative analysis of intersectoral linkages in Germany, Poland and Slovakia leads to the following conclusions.

The comparison indicates a consistent cross-national pattern in the distribution of linkage types. In the large and diversified German economy, key sectors account for a relatively small proportion of all sectors (15.6%), whereas in the smaller Slovak economy their share rises to 31.1%. This indicates greater structural concentration and a stronger tendency for individual industries to perform both demand-generating and supply-providing functions within production chains. This pattern is accompanied by a lower proportion of sectors with high backward linkages in Slovakia than in Germany (20.0% compared with 42.2%) and a higher share of sectors with weak linkages (31.1% compared with 24.4%). These results support the research hypothesis, while also showing that the observed differences reflect not only economy size, but also development stage, specialization, post-transition restructuring and participation in European production networks.

A common technological core was identified, comprising four sectors (8.9% of the total number of economic activities): chemicals (C20), basic metals (C24), fabricated

metal products (C25) and warehousing and support activities (H52). These industries are consistently classified as key sectors in all three countries, indicating their shared role in supporting production-chain cohesion across the examined economies.

The three economies also share sectors with high backward linkages: woodworking (C16), production of mineral products (C23) and transport engineering (C30). This common pattern indicates the presence of similar demand-generating industries, although the wider national context of these industries differs across countries.

A block of nine common weak-linkage sectors, representing 20% of all sectors, was also identified. It consists mainly of socially oriented activities, including public administration (O), education (P) and health care (Q), as well as specific services such as telecommunications (J61), publishing and broadcasting (J58–J60), accommodation and food services (I), and mining support activities (B09).

At the same time, the comparison reveals both shared structural patterns and country-specific features. Shared patterns are visible in business-service sectors such as trade (G), IT services (J62–J63), professional activities (M) and administrative services (N). Country-specific features are reflected in the relatively important role of agriculture in Poland and the automotive industry in Slovakia.

The stable share of sectors with high forward linkages (17.8%) in all three countries indicates that knowledge-intensive services, especially IT and professional activities, have become an important infrastructural component supporting production competitiveness across economies with different levels of industrialization.

The results suggest that public support may be more effective when it takes into account sectors with strong multiplier and linkage effects. For small open economies, policy priorities should also include diversification and the development of high-tech services in order to reduce vulnerability to external disruptions in global production chains. EU integration policy should therefore account for structural differences in intersectoral linkages between economies of different sizes. A one-size-fits-all approach may be ineffective; instead, economic policy should be adapted to the specific structural characteristics of different types of economies.

Overall, the Rasmussen method is useful as a transparent tool for the comparative assessment of intersectoral linkages. It makes it possible to classify sectors consistently across countries and to reveal differences in the architecture of production systems within a common methodological framework.

The study has two analytical limitations that define the scope of interpretation. First, it is comparative and structural rather than dynamic: the harmonized 2020 cross-section captures the architecture of intersectoral linkages at one point in time and does not trace their evolution. Second, the use of total input-output requirements means that linkages are measured without separating domestic and imported components. Future research could extend the analysis to multi-period and multi-regional input-output data in order to test the stability of the identified patterns and distinguish domestic from imported components of intersectoral linkages.

The results provide an empirical basis for developing differentiated strategies of structural transformation in Central and Eastern European countries in the context of digital and green restructuring of the European economy.

## References

- Baldwin, R. (2016). *The great convergence: Information technology and the new globalization*. Harvard University Press.
- Clark, C. (1940). *The conditions of economic progress*. Macmillan.
- Eurostat. (2024). National accounts and GDP. Statistics Explained. Retrieved from: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=National\\_accounts\\_and\\_GDP](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=National_accounts_and_GDP) (access: 15.02.2026).
- Gacek, K. (2025). Sectoral interdependencies and waste generation in Poland (2010–2018): Insights from input-output analysis. *Economics and Environment*, 92(1), 798. doi: <https://doi.org/10.34659/eis.2025.92.1.798>
- Górska, R. (2015). Backward and forward linkages based on an input-output analysis – comparative study of Poland and selected European countries. *Applied Econometrics Papers*, 2(1), 30–50. Retrieved from: <https://ideas.repec.org/a/wse/journal/v2y2015i1p30-50.html> (access: 15.02.2026).
- Guarda, P., Rouabah, A. (2015). *Is the financial sector Luxembourg's engine of growth?* Working Paper No. 97. Banque centrale du Luxembourg. Retrieved from: <https://www.bcl.lu/en/publications/Working-papers/97/BCLWP097.pdf> (access: 15.02.2026).
- Gurgul, H., Lach, Ł. (2015). Key sectors in the post-communist CEE economies: What does the transition data say? *Communist and Post-Communist Studies*, 48(1), 15–32. doi: <https://doi.org/10.1016/j.postcomstud.2014.12.001>
- Koopman, R., Wang, Z., Wei, S.-J. (2014). Tracing value-added and double counting in gross exports. *American Economic Review*, 104(2), 459–494. doi: <https://doi.org/10.1257/aer.104.2.459>
- Kubala, J., Lábaj, M., Silanič, P. (2015). Štruktúrne väzby v slovenskej ekonomike v roku 2010: Identifikácia kľúčových odvetví [Structural linkages in the Slovak economy in 2010: Identification of key sectors]. *Ekonomický časopis [Journal of Economics]*, 63(8), 795–816. Retrieved from: [https://www.sav.sk/?doc=journal-list&journal\\_article\\_no=11890&lang=sk&part=article\\_response\\_page](https://www.sav.sk/?doc=journal-list&journal_article_no=11890&lang=sk&part=article_response_page) (access: 15.02.2026).
- Kuznets, S. (1966). *Modern economic growth: Rate, structure, and spread*. Yale University Press.
- Landesmann, M., Leitner, S.M., Stehrer, R. (2015). Competitiveness of the European economy (wiiw Research Report No. 401). *The Vienna Institute for International Economic Studies*. Retrieved from: <https://wiiw.ac.at/competitiveness-of-the-european-economy-p-3629.html> (access: 15.02.2026).
- Leontief, W. (1936). Quantitative input and output relations in the economic system of the United States. *The Review of Economics and Statistics*, 18(3), 105–125. doi: <https://doi.org/10.2307/1927837>
- Menges, G., Beutel, P. (1974). Triangulation der nach 11 Sektoren gegliederten Input-Output-Tabellen der Länder der alten EWG [Triangulation of the 11-sector input-output tables of the countries of the former EEC]. *Statistische Hefte*, 15(4), 276–302. doi: <https://doi.org/10.1007/BF02922911>
- Miller, R.E., Blair, P.D. (2009). *Input-output analysis: Foundations and extensions*. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press. doi: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511626982>
- Mrówczyńska-Kamińska, A., Poczta, W. (2013). Erzeugung und Verteilung der Produkte des Agrarsektors und der Lebensmittelindustrie vor dem Hintergrund ihrer Verbindungen mit der Volkswirtschaft (vergleichende Analyse des Agrar- und Lebensmittelsektors in Polen und Deutschland) [Production and distribution of agricultural and food industry products in the context of their connections with the national economy: Comparative analysis of the agricultural and food sector in Poland and Germany]. *Berichte über Landwirtschaft*, 91(1), 5–28. doi: <https://doi.org/10.12767/buel.v91i1.11>
- OECD.Stat. (2023). *Input-output tables*. OECD Statistics. Retrieved from: <https://www.oecd.org/en/data/datasets/input-output-tables.html> (access: 15.02.2026).
- Olczyk, M. (2011). *Structural changes in the Polish economy – the analysis of input-output*. MPRA Paper No. 33659. Munich: University Library of Munich. Retrieved from: <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/33659/> (access: 15.02.2026).
- Rasmussen, P.N. (1956). *Studies in inter-sectoral relations*. North-Holland.

- Stöllinger, R. (2016). Structural change and global value chains in the EU. *Empirica*, 43(4), 801–829. doi: <https://doi.org/10.1007/s10663-016-9349-z>
- Temurshoev, U., Oosterhaven, J. (2014). Analytical and empirical comparison of policy-relevant key sector measures. *Spatial Economic Analysis*, 9(3), 284–308. doi: <https://doi.org/10.1080/17421772.2014.930168>
- Timmer, M.P., Erumban, A.A., Los, B., Stehrer, R., de Vries, G.J. (2014). Slicing up global value chains. *Journal of Economic Perspectives*, 28(2), 99–118. doi: <https://doi.org/10.1257/jep.28.2.99>
- Vetter, S. (1973). Internationaler Vergleich von Wirtschaftsstrukturen auf der Basis standardisierter Input-Output-Tabellen für 8 europäische Länder [International comparison of economic structures based on standardized input-output tables for 8 European countries]. *Statistische Hefte*, 14(2), 162–180.
- World Bank. (2024). *Trade (% of GDP) – Slovak Republic. World Development Indicators*. Retrieved from: <https://data.worldbank.org/indicator/NE.TRD.GNFS.ZS?locations=SK> (access: 15.02.2026).

Funding: This research was carried out within the academic project “Modeling of Intersectoral Linkages in the System of Ensuring the Reconstructive Recovery of Ukraine’s Economy,” funded by the National Research Foundation of Ukraine under the Presidential Grant of Ukraine for Doctors of Science under the age of 45.

**Lyubomyr Sozanskyi**, DSc in Economics, Leading Researcher at the Department of Issues in the Real Sector of the Economy of Regions, Dolishniy Institute of Regional Research of the NAS of Ukraine. His research interests include the functioning of the real sector of the economy, intersectoral and interregional imbalances, and economic-mathematical modelling of financial and economic processes at macro, meso and micro levels. He has published over 150 academic works, including eight monographs and more than 100 articles.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7854-3310>

**Address:**

Dolishniy Institute of Regional Research of the NAS of Ukraine  
Department of Problems of the Real Sector of the Economy of Regions  
Kozelnytska St, 4  
79026, Lviv, Ukraine  
email: [ls.ird2@ukr.net](mailto:ls.ird2@ukr.net)

WIOLETTA KILAR

Uniwersytet Komisji Edukacji Narodowej, Kraków, Polska / University of the National Education Commission, Krakow, Poland

PATRYCJA NOWOSIELSKA

Uniwersytet Komisji Edukacji Narodowej, Kraków, Polska / University of the National Education Commission, Krakow, Poland

## Spółeczno-ekonomiczne i środowiskowe skutki restrukturyzacji Kopalni Węgla Kamiennego Bobrek–Piekary w Piekarach Śląskich

### Socio-Economic and Environmental Effects of the Restructuring of the Bobrek–Piekary Hard Coal Mine in Piekary Śląskie

**Streszczenie:** Restrukturyzacja przedsiębiorstw, w tym także restrukturyzacja kopalni węgla kamiennego, niesie ze sobą szereg wyzwań i konsekwencji. Celem artykułu jest szczegółowa identyfikacja skutków restrukturyzacji Kopalni Węgla Kamiennego Bobrek–Piekary w Piekarach Śląskich, ze szczególnym uwzględnieniem aspektów społeczno-ekonomicznych oraz środowiskowych. Proces ten stanowi część szerszych przemian gospodarczych zachodzących w regionie Górnego Śląska i wiąże się z ogólnokrajową transformacją energetyczną. W artykule przedstawiono nie tylko przebieg samej restrukturyzacji, lecz także jej konsekwencje dla lokalnej społeczności, rynku pracy, sytuacji demograficznej oraz stanu środowiska naturalnego. Badania oparto na analizie danych statystycznych (m.in. GUS), na wynikach badań ankietowych przeprowadzonych wśród mieszkańców oraz na wywiadach pogłębionych z przedstawicielami lokalnych władz. Uzyskane wyniki wskazują, że mimo początkowych trudności i negatywnych skutków ekonomicznych miasto podejmuje konkretne działania zmierzające do zminimalizowania skutków restrukturyzacji oraz kreowania nowych kierunków rozwoju gospodarczego.

**Abstract:** The restructuring of enterprises brings a range of consequences. The restructuring of a hard coal mine, a complex undertaking, also involves numerous challenges and impacts. The aim of this article is to provide a detailed identification of the effects of the restructuring of the Bobrek–Piekary Hard Coal Mine in Piekary Śląskie, with particular emphasis on socio-economic and environmental aspects. This process is part of the broader economic transformations occurring in the Upper Silesia region and is linked to the nationwide energy transition. The article presents not only the course of the restructuring itself but also its effects on the local community, labour market, demographic situation and the state of the natural environment. The research is based on statistical data analysis (including data from Statistics Poland – GUS), survey results conducted among residents, and in-depth interviews with representatives of local authorities. The findings indicate that despite initial difficulties and negative economic impacts, the city is undertaking concrete actions aimed at minimizing the effects of restructuring and is creating new directions for economic development.

**Słowa kluczowe:** kopalnia węgla kamiennego; KWK Bobrek–Piekary; przemiany gospodarcze; przemysł wydobywczy; restrukturyzacja; transformacja

**Keywords:** hard coal mine; Bobrek–Piekary Mine; economic transformation; mining industry; restructuring; transition

**Otrzymano:** 4 września 2025

**Received:** 4 September 2025

**Zaakceptowano:** 16 czerwca 2026

**Accepted:** 16 June 2026

**Sugerowana cytacja / Suggested citation:**

Kilar, W., Nowosielska, P. (2026). Społeczno-ekonomiczne i środowiskowe skutki restrukturyzacji Kopalni Węgla Kamiennego Bobrek–Piekary w Piekarach Śląskich. *Prace Komisji Geografii Przemysłu Polskiego Towarzystwa Geograficznego*, 40(2), 23–41. doi: <https://10.24917/20801653.402.3>

## WSTĘP

Restrukturyzacja gospodarki Polski, w tym sektora górnictwa węglowego, to proces trwający od lat 90. XX w. (Kilar, Rachwał, 2014). Stanowi ona odpowiedź na wyzwania związane z nieopłacalnością wielu kopalń, transformacją energetyczną oraz rosnącą świadomością ekologiczną. Likwidacja kopalń w regionach silnie uzależnionych od górnictwa, takich jak Piekary Śląskie, w dużym stopniu wpływa na strukturę zatrudnienia, kondycję finansową gospodarstw domowych, a także tożsamość kulturową lokalnych społeczności. Przedmiotem prezentowanych badań jest Kopalnia Węgla Kamiennego Bobrek–Piekary w Piekarach Śląskich – jedna z ostatnich kopalń funkcjonujących w tym mieście, której restrukturyzacja i częściowa likwidacja zamknęły ponad 150-letni okres górnictwa węglowego w regionie. Cel niniejszego artykułu to identyfikacja skutków restrukturyzacji Kopalni Węgla Kamiennego Bobrek–Piekary w Piekarach Śląskich na tle przebiegu procesu transformacji kopalni oraz identyfikacja kluczowych wyzwań i możliwości rozwojowych, jakie wynikają z aktualnej sytuacji społeczno-gospodarczej miasta.

Badania do artykułu przeprowadzono z zastosowaniem triangulacji metod badawczych, łączącej podejście ilościowe i jakościowe. Analiza danych statystycznych pochodzących z Głównego Urzędu Statystycznego umożliwiła zidentyfikowanie trendów demograficznych i ekonomicznych w latach 2010–2024. Ponadto przeprowadzono badania ankietowe w formie elektronicznej i tradycyjnej (por. *Załącznik*), które wykonano wśród 400 wybranych losowo mieszkańców Piekar Śląskich – oznacza to, że próba badawcza jest statystycznie reprezentatywna (poziom ufności – 95%; błąd maksymalny – 5%). Badanie zostało wykonywane w okresie od lipca do października 2024 r. w formie anonimowych ankiet internetowych na platformie Google Forms oraz ankiet tradycyjnych. Ankieta badawcza zawierała 12 pytań, które miały głównie charakter zamknięty i dotyczyły subiektywnej oceny skutków zamknięcia kopalni oraz obecnej sytuacji zawodowej respondentów. Dodatkowo przeprowadzono dwa wywiady pogłębione: z prezydent miasta oraz z głównym geologiem powiatowym. Ich celem było uzyskanie perspektywy decydentów na temat procesu restrukturyzacji oraz planowanych działań naprawczych.

## PROBLEMATYKA RESTRUKTURYZACJI KOPALNI WĘGLA KAMIENNEGO W ŚWIETLE LITERATURY

Restrukturyzacja gospodarki w Polsce to zagadnienie podejmowane przez badaczy od ponad 30 lat. Istotnym pojęciem z punktu widzenia przyjętego celu badań jest definicja słowa *restrukturyzacja*. W *Słowniku Języka Polskiego* (2021) przyjęto, że restrukturyzacja to zmiana struktury gospodarczej kraju lub przedsiębiorstwa mająca zwiększyć jego

wydajność lub funkcjonalność. Bardzo podobnie brzmi definicja, którą podaje *Wielki Słownik Języka Polskiego* (2013) – według niego restrukturyzacja to zmiana organizacji przedsiębiorstwa, której celem jest ulepszenie jego działalności. Z kolei Dziennik Ustaw z dnia 22 stycznia 2021 r. podaje, że przez restrukturyzację należy rozumieć wszczęcie i przeprowadzenie postępowania restrukturyzacyjnego w celu przywrócenia przedsiębiorcy długookresowej zdolności do konkurowania na rynku. Restrukturyzacja może obejmować:

- „1. zobowiązania cywilnoprawne według stanu na dzień 30 czerwca 2002 r.;
2. zobowiązania publicznoprawne [...];
3. majątek;
4. zatrudnienie”.

Na potrzeby artykułu przyjęto za Dziennikiem Ustaw z dnia 22 stycznia 2021 r., że restrukturyzacja to połączenie dwóch słów: *reconstrute* (budowanie w nowej formie) oraz *the structure* (struktura). Ważna jest także *transformacja*, którą definiuje się w *Wielkim Słowniku Języka Polskiego* (2013) jako przekształcenie czegoś lub przekształcenie się w coś innego. Takie też ujęcie przyjęto w niniejszych rozważaniach.

Rozwój gospodarki w Polsce wykazuje coraz większe zapotrzebowanie na surowce energetyczne (Makieła, 2006: 207), co przekłada się na ropę ich pozyskania, co z kolei otwiera szereg kierunków badawczych. W literaturze przedmiotu problematyka związana z kopalniami węgla kamiennego obejmuje kilka kluczowych wątków.

Ważnym kierunkiem badań są polityki i strategie transformacyjne przemysłu wydobywczego w zakresie węgla kamiennego. Yanguas Parra i in. (2025) przeprowadzili systematyczny przegląd literatury dotyczący polityk po stronie podaży w procesach transformacji węglowej. Zidentyfikowano: 193 polityki związane z gospodarką polityczną, 125 polityk dotyczących zależności subnarodowych, 73 polityki ekonomiczne i 51 polityk infrastrukturalnych. Autorzy podkreślają przy tym potrzebę lepszej koordynacji wszystkich polityk i większego nacisku na dywersyfikację gospodarczą. Ponadto autorzy badali przemysł węglowy i jego przemiany jako jeden z przemysłów wydobywczych. Doszli do wniosku, iż restrukturyzacja przemysłu węglowego jest globalnym procesem wynikającym z presji klimatycznej, ekonomicznej i społecznej. W związku z tym w wielu krajach obserwuje się stopniowe wygaszanie kopalń, co wiąże się z koniecznością wdrażania polityk sprawiedliwej transformacji (*just transition*) oraz działań łagodzących skutki społeczne i środowiskowe (Marszowski, 2017).

Wspomniane badania obejmują koncepcję sprawiedliwej transformacji (*just transition*), która stanowi fundament wielu strategii restrukturyzacyjnych. Raport Banku Światowego (2018) wskazuje na trzy kluczowe filary skutecznego zamykania kopalń:

- wczesne zaangażowanie interesariuszy,
- programy wsparcia dla pracowników,
- rekultywację terenów pogórnich.

Wobec tego w tym nurcie badań podkreśla się konieczność dialogu ze społecznościami i wdrażania aktywnych polityk rynku pracy. Akcentuje się również to, jak kluczowe jest planowanie zamknięcia kopalń z wyprzedzeniem i zapewnienie mobilności zawodowej pracowników. Dialog ze społecznościami górniczymi jest konieczny, co podkreśla Kaizuka (2024), analizując przypadek Wielkiej Brytanii i wskazując na błędy polityczne wynikające z braku dialogu ze społecznościami górniczymi, co doprowadziło do społecznych napięć i marginalizacji regionów pogórnich. Z kolei Measham i in. (2024) proponują nowe podejście do transformacji pokopalnianej, uwzględniające aspekty nie tylko

techniczne, lecz także kulturowe, społeczne i ekologiczne. Autorzy podkreślają potrzebę redefinicji pojęcia *post-mining* oraz integracji działań z lokalnymi strategiami rozwoju.

Wielu badaczy prowadziło również pogłębione analizy przemian regionów węglowych (np. Tkocz, 2001) oraz studia przykładowe transformacji kopalni węgla kamiennego w różnych lokalizacjach na świecie. Doświadczenia w zakresie procesów transformacji w sześciu krajach, tj. w Chinach, Indiach, RPA, Polsce, Niemczech i Australii, wskazują, że transformacja jest technicznie wykonalna i może być społecznie sprawiedliwa, jeśli zostanie odpowiednio zaplanowana i otrzyma wsparcie na różnych płaszczyznach. W Polsce szczególną uwagę zwrócono na konieczność przygotowania się do wyczerpania złóż węgla brunatnego (Coal Transitions, 2018). Także badania prowadzone przez New Climate Institute (2022) dotyczące doświadczeń krajów europejskich (Niemcy, Wielka Brytania, Hiszpania) w zakresie wygaszania przemysłu węglowego wskazują na kluczowe znaczenie inwestycji w edukację, infrastrukturę transportową oraz rekultywację terenów pokopalnianych jako fundamentów nowej gospodarki.

Ważnym kierunkiem badań nad przemianami zachodzącymi w przemyśle wydobywczym węgla kamiennego jest analiza społecznych i ekonomicznych skutków ich transformacji. Badacze wskazują, że skutki procesu mają charakter zarówno pozytywny, jak i negatywny – i to na obu płaszczyznach, czyli bezpośrednio i pośrednio. Gao i in. (2025), analizując skutki wygaszania elektrowni węglowych w Chinach, dowodzą, że mimo spadku dochodów (3,1% na obszarach wiejskich i 1,9% w miastach) odnotowano wzrost subiektywnego poczucia szczęścia i satysfakcji z życia. Badanie pokazuje więc rozbieżność między wskaźnikami ekonomicznymi a dobrostanem społecznym, co sugeruje potrzebę uwzględnienia szerszych miar w polityce transformacyjnej. Organizacja Narodów Zjednoczonych także analizuje procesy restrukturyzacji przemysłu węglowego i ich skutki w krajach transformacji ustrojowej. Wskazuje przy tym na konieczność dywersyfikacji gospodarczej i inwestycji w nowe sektory gospodarki oraz wsparcia dla regionów monokulturowych (United Nations, 2002).

Podsumowując dotychczasowe rozpoznania, należy zauważyć, że problematyka transformacji przemysłu wydobywczego węgla kamiennego, w tym restrukturyzacji kopalń, jest podejmowana w polskiej i światowej literaturze stosunkowo często. Jednocześnie istotnego uzupełnienia wymagają badania nad długoterminowymi skutkami społecznymi restrukturyzacji, skutecznością polityk sprawiedliwej transformacji w różnych kontekstach kulturowych, rolą lokalnych społeczności w procesach decyzyjnych oraz wpływem transformacji na dobrostan psychiczny i jakość życia.

## PRZYCZYNY I PRZEBIEG RESTRUKTURYZACJI KOPALNI WĘGLA KAMIENNEGO BOBREK–PIEKARY

Jak wynika z przeprowadzanej analizy literatury przedmiotu oraz ze zidentyfikowanych luk badawczych, zasadne wydaje się wielowymiarowe zbadanie Kopalni Węgla Kamiennego Bobrek–Piekary i jej przemian.

Historia kopalni w Piekarach Śląskich rozpoczęła się na początku lat 50. XX w. (Potempa, 2004; Duda, 2014; Włoczek, 2023). Wówczas minister górnictwa zarządzeniem z dnia 22 lutego 1951 r. powołał w ramach Bytomskiego Zjednoczenia Przemysłu Węglowego dyrekcję budowy Kopalni Węgla Kamiennego Julian. Rozpoczęto ją w 1951 r. Najpierw zamontowano urządzenia wyciągowe, które przywieziono z kopalni w Wałbrzychu. Kolejnym krokiem było wybudowanie szybu wydobywczego Julian I – jednak

aby kopalnia działała, konieczne było zbudowanie m.in. budynków administracyjnych, magazynu, kotłowni, stacji ratowniczej i sortowni. 4 grudnia 1954 r. nastąpiło uroczyste otwarcie kopalni. Dla górników, którzy mieszkali w Piekarach i w oddalonych miejscowościach, zbudowano hotele robotnicze. W latach 60. XX w. zbudowano kolejne szyby, które miały pomóc w funkcjonowaniu kopalni. By zachęcić i wykształcić młodych pracowników, w 1962 r. powstała szkoła górnicza. Wzniesiono również sztolnię, która służyła do ćwiczeń. Aby polepszyć warunki życia pracowników, w latach 1961–1964 wybudowano dla nich mieszkania w czterech blokach. W 1961 r. powstał Klub Górniczy. Dla pracowników, a także dla mieszkańców Piekar Śląskich w 1962 r. powstał Zakład Leczniczo-Zapobiegawczy, który działa do dziś.

W latach 70. kopalnia nadal się rozwijała, na co wpływało zwiększenie produkcji węgla. Druga połowa lat 70. była okresem najwyższego wydobycia węgla w tej kopalni. Wiązało się to z rozwojem zakładu wynikającym z mechanizacji robót górniczych. W 1977 r. po raz trzeci kopalnia dostała sztandar przechodni Ministerstwa Górnictwa i Zarządu Związku Zawodowego Górników za dobre wyniki ekonomiczne. Popyt na pracowników rósł, dlatego też wraz z działającą w mieście kopalnią Andaluzja wybudowano nową szkołę, która rozpoczęła działalność w roku 1977. W związku z większym zatrudnieniem wybudowano nowe bloki dla pracowników – w latach 80. zamieszkało w nich 541 rodzin.

Od 30 sierpnia do 3 września 1980 r. trwał strajk pracowników. Zgodnie z postulatem o wolności związków zawodowych powstał Niezależny Samorządny Związek Zawodowy „Solidarność”. W roku 1981 po wprowadzeniu stanu wojennego górnicy strajkowali od 13 do 16 grudnia. W tym czasie kopalnie zostały zmilitaryzowane. Po zakończeniu stanu wojennego kopalnia nadal się rozwijała. Budowano oraz modernizowano istniejące maszyny, dzięki czemu kopalnia mogła jeszcze efektywniej wydobywać węgiel, a co za tym idzie – przynosić większy zysk. Wznoszono kolejne budynki mieszkalne dla pracowników. W 1989 r. zakończono budowę hali sportowej, która działa po dziś dzień.

W latach 90. powołano Bytomską Spółkę Węglową SA, do której włączono kopalnię Julian. Od tamtego momentu rozpoczęły się procesy restrukturyzacji kopalni. Polegały one na wydzieleniu ze struktur kopalni oddziałów, które nie były powiązane bezpośrednio z procesem wydobywania węgla. Miały one stworzyć odrębne podmioty gospodarcze lub włączyć się w istniejące już spółki. W styczniu 1999 r. kopalnię Julian przekształcono w spółkę z ograniczoną odpowiedzialnością, wszystkie udziały zostały objęte przez BSW SA. 1 lipca 1999 r. utworzono Zakład Górniczy Piekary. Była to spółka z ograniczoną odpowiedzialnością. Piekary prowadziły działalność na części dotychczasowego obszaru Kopalni Węgla Kamiennego Julian. W 1993 r. powstał Zakład Wzbogacania Węgla Julian Sp. z o.o., którego współwłaścicielami były Kopalnia Węgla Kamiennego Julian i Zespół Elektrociepłowni Łódź SA. Po zmianie właściciela przedsiębiorstwo nosiło nazwę Węglokoks Kraj Sp. z o.o. Od lutego 2003 r. ZG Piekary, przez restrukturyzację węgla kamiennego, wszedł w strukturę Kompanii Węglowej SA. W roku 2005 Kompania Węglowa SA podjęła decyzję, że w związku z procesem likwidacji Zakładu Górniczego Bytom II część jego obszaru włączy do ZG Piekary. ZG Piekary stał się wtedy kopalnią na trzech rejonach: Piekary, Brzeziny i Rozbark.

1 stycznia 2012 r. nastąpiła zmiana nazwy zakładu na Kopalnię Węgla Kamiennego Piekary. 8 maja 2015 r. kopalnia Piekary została sprzedana firmie Węglokoks Kraj sp. z o.o., a 15 grudnia tego samego roku połączono ją z Bytomską Kopalnią Bobrek–Centrum i utworzono dwuruchową Kopalnię Węgla Kamiennego Bobrek–Piekary. W 2018 r. część Ruchu Piekary przekazano do Spółki Restrukturyzacji Kopalń, nie oznaczało to jednak

zakończenia wydobycia. Kopalnia Bobrek–Piekary zatrudniała wówczas 2,8 tys. osób, z czego ok. 1,2 tys. pracowało w piekarskiej części zakładu. Wtedy też rozpoczął się proces rozdzielania pracowników.

Jak wynika z prowadzonych badań, głównym powodem restrukturyzacji Kopalni Węgla Kamiennego Bobrek-Piekary były czynniki ekonomiczne, przede wszystkim jej nierentowność. Jak podkreśliła prezydent miasta Sława Umińska-Kajdan, celem była „poprawa rentowności przedsiębiorstw górniczych poprzez zlikwidowanie trwale nierentownych zakładów wydobywczych. W odniesieniu do Ruchu Piekary (dawny Julian), dr hab. inż. Grzegorz Strozik (wywiad badawczy, 2024) jako główną przyczynę likwidacji wskazał wyczerpywanie złoża. Pomimo że Julian był kopalnią stosunkowo młodą, gdyż uruchomioną w 1954 r., to kontynuacja eksploatacji wymagałaby znacznych, kosztownych inwestycji związanych z pogłębieniem szybów i budową nowego poziomu (najniższy poziom był na głębokości 438 m, podczas gdy inne kopalnie miały poziomy na głębokości 700–900 m). Wobec ogólnie niskiej rentowności sektora górniczego budowa nowego poziomu była ekonomicznie nieuzasadniona. Badania geologiczne wskazały, że dostępne złoża Piekar są na wyczerpaniu, a węgiel występuje wyspowo na różnych pokładach, dlatego czerpanie z tych złóż byłoby bardzo trudne lub w ogóle niemożliwe.

31 stycznia 2020 r. z ruchu Piekary wyjechała ostatnia tona węgla. Po likwidacji zakładu górniczego obiekty zostały przekazane do Spółki Restrukturyzacji Kopalń, która rozpoczęła wyburzenia obiektów, w tym w 2022 r. szybów Julian II i Julian IV. Z dawnej kopalni pozostał jeszcze szyb Julian I, który przypomina zarówno mieszkańcom, jak i osobom odwiedzającym Piekary Śląskie górnicze tradycje tego miejsca.

## SKUTKI SPOŁECZNO-EKONOMICZNE RESTRUKTURYZACJI KOPALNI WĘGLA KAMIENNEGO BOBREK–PIEKARY

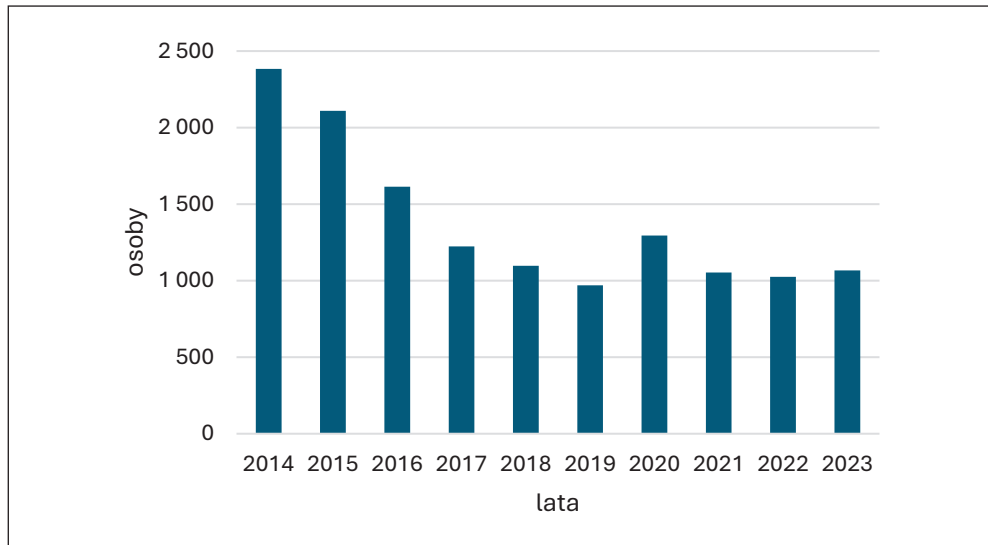
Przemiany i likwidacja Kopalni Węgla Kamiennego Bobrek–Piekary miała natychmiastowy odczuwalny wpływ na lokalny rynek pracy. W 2020 r., tuż po zamknięciu części zakładu, bezrobocie wzrosło o ponad 2 punkty procentowe (rycina 1).

Jak wynika z przeprowadzonych badań, przemiany analizowanej kopalni wpłynęły także na odpływ ludności w wieku produkcyjnym, co może być związane z migracją zarobkową do większych aglomeracji. Skutkiem odpływu ludności jest zaś zmniejszająca się gęstość zaludnienia (rycina 2). W roku 2014 wynosiła 1 419,6 osób na km<sup>2</sup>, a w 2020, gdy kopalnia Bobrek–Piekary się zamykała – 1 329,9 osób na km<sup>2</sup>. Najnowsze dane dostępne w Głównym Urzędzie Statystycznym pokazują, że w 2023 r. w Piekarach Śląskich mieszka 1 297,2 osób na km<sup>2</sup>.

Restrukturyzacja Kopalni Węgla Kamiennego Bobrek–Piekary była złożonym procesem, który dotknął nie tylko pracowników i decydentów, lecz także mieszkańców i osoby pracujące na stałe w Piekarach Śląskich – a więc mieszkańców Piekar i miast ościennych. Dlatego ważnym elementem badań było zebranie opinii mieszkańców na temat postrzegania procesu restrukturyzacji badanej kopalni (*Załącznik*).

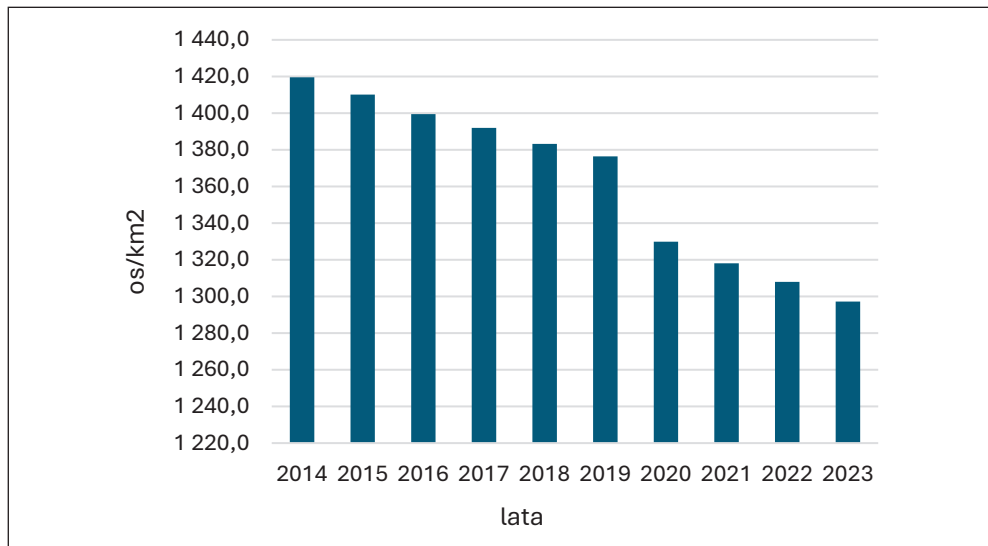
Jak wynika z przeprowadzonych badań, mieszkańcy negatywnie oceniają przemiany i zamknięcie kopalni Bobrek–Piekary. Na pytanie: „Jakie są Twoje ogólne odczucia dotyczące zamknięcia kopalni?” aż 35,8% respondentów wskazało odczucia negatywne, a 31,5% – neutralne. Trzecia najczęściej wybierana odpowiedź – 21,8% badanych – to bardzo negatywne odczucia (tabela 1). Zatem można uznać, że mieszkańcy Piekar Śląskich negatywnie oceniają proces zamknięcia kopalni.

Rycina 1. Liczba osób bezrobotnych zarejestrowanych w Piekarach Śląskich w latach 2014–2023



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS

Rycina 2. Gęstość zaludnienia w Piekarach Śląskich w latach 2014–2023 [osoba/km<sup>2</sup>]



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS

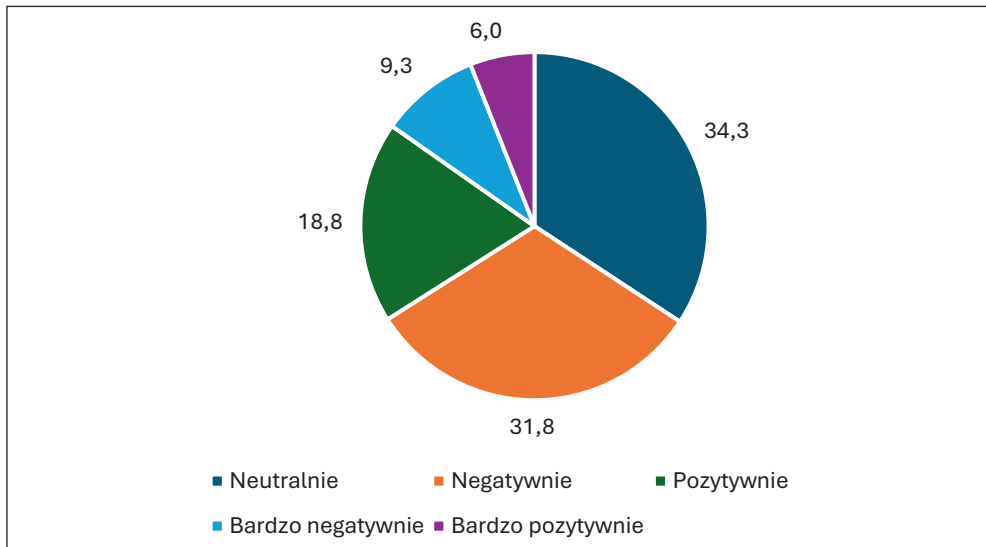
Kolejne pytanie brzmiało: „Jak oceniasz wpływ kopalni na lokalny rynek pracy?” (rycina 3). Ponad jedna trzecia respondentów (34,3%) ma w tej kwestii neutralną opinię, co może wynikać z faktu, że koncentrują się oni na rynku pracy poza Piekarami Śląskimi. Istotne jest, że ponad 30% odpowiadających (31,8%) negatywnie ocenia wpływ restrukturyzacji na rynek pracy. Z kolei pozytywnie postrzega ją 18,8% badanych. Skrajnych odpowiedzi – bardzo negatywnie (9,3%) i bardzo pozytywnie (6%) – udzieliło niewielu

Tabela 1. Postrzeżenie procesu zamknięcia KWK Bobrek–Piekary przez mieszkańców w Piekarach Śląskich w 2024 r.

Postrzeżenie procesu	Wiek respondentów				Suma końcowa	Postrzeżenie procesu (% w ogóle odpowiedzi)					
	0–18 lat		18–35 lat			36–64 lata		65 lat		Wolę nie podawać	ŁĄCZNIE
	0–18 lat	18–35 lat	36–64 lata	Powyżej 65 lat		0–18 lat	18–35 lat	36–64 lata	Powyżej 65 lat		
Bardzo negatywne	6	25	35	21	87	1,5	6,3	8,8	5,3	0,0	21,8
Bardzo pozytywne	1	7	5	1	14	0,3	1,8	1,3	0,3	0,0	3,5
Negatywne	5	47	72	18	143	1,3	11,8	18,0	4,5	0,3	35,8
Neutralne	17	30	69	10	126	4,3	7,5	17,3	2,5	0,0	31,5
Pozytywne	7	8	13	2	30	1,8	2,0	3,3	0,5	0,0	7,5
Suma końcowa	36	117	194	52	400	9,0	29,3	48,5	13,0	0,3	100,0

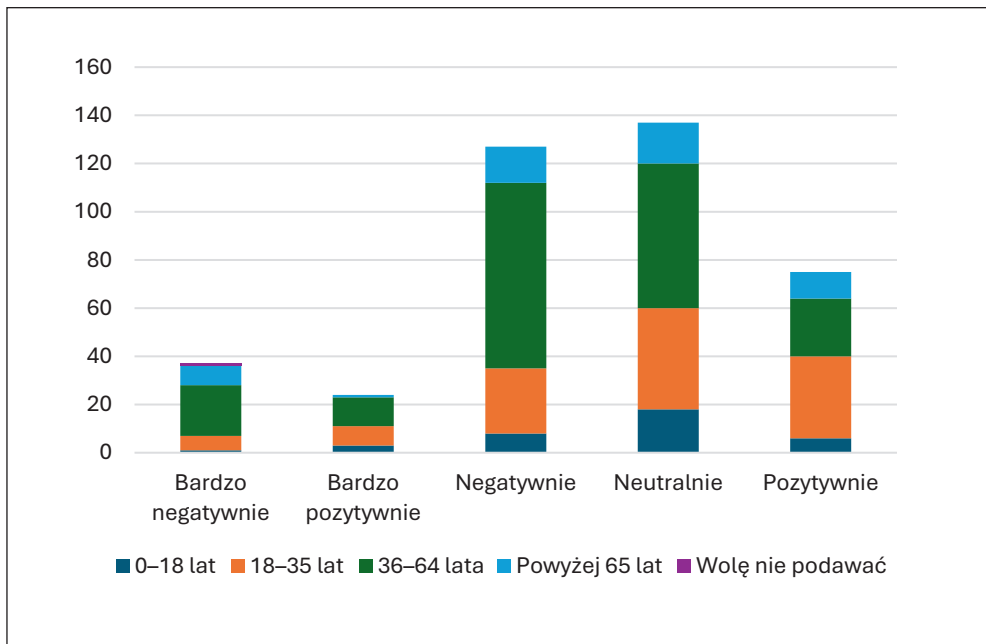
Źródło: opracowanie własne

Rycina 3. Ocena wpływu restrukturyzacji kopalni na lokalny rynek pracy przez mieszkańców Piekar Śląskich w 2024 r.



Źródło: opracowanie własne

Rycina 4. Relacja między oceną respondentów na temat wpływu restrukturyzacji kopalni na lokalny rynek pracy a wiekiem w Piekarach Śląskich w 2024 r.



Źródło: opracowanie własne

ankietowanych. Mimo że opinia mieszkańców jest podzielona, można uznać, że bardzo duża część respondentów jest niezadowolona bądź nie ma zdania na ten temat wpływu procesu restrukturyzacji na lokalny rynek pracy.

Warto przyjrzeć się relacji między oceną respondentów dotyczącą wpływu restrukturyzacji kopalni na lokalny rynek pracy a wiekiem (rycina 4). W negatywnych odpowiedziach przeważają ankietowani w wieku 36–64 lata. Respondenci w przedziałach wiekowych 0–18, 18–35 oraz powyżej 65 lat najczęściej wybierali odpowiedź neutralną. Zróznicowanie to może wynikać z faktu, iż ankietowani w wieku 36–64 to osoby w wieku produkcyjnym, które mogły pracować w kopalni lub być z nią bliżej związane. Natomiast młodzież i osoby powyżej 65 lat nie muszą orientować się w tym, jak wygląda i zmienia się rynek pracy.

Spośród ankietowanych 15,3%, czyli 61 osób, potwierdziło, że w ich najbliższym otoczeniu ktoś stracił pracę w związku z zamknięciem kopalni, co bezpośrednio wpłynęło na ich sytuację oraz na postrzeganie omawianego procesu.

W otwartej części ankiety respondenci wskazywali także inne społeczne i ekonomiczne skutki procesu restrukturyzacji kopalni. Wśród nich akcentowali likwidację miejsc pracy i pogorszenie jakości życia, doceniając jednocześnie rekultywację terenów pokopalnianych i nowe przeznaczenie gruntów zgodnie z miejscowym planem zagospodarowania przestrzennego. Zaznaczano, że firmy w Piekarach pozyskały wykwalifikowanych pracowników z kopalni, a proces przebiegł „dość miękko”. Wskazywano jednak na spadek dochodów miasta z tytułu tzw. opłaty eksploatacyjnej („podatek za wydobycie”), która wcześniej była ważnym źródłem przychodów, oraz na spadek wpływów z podatków od nieruchomości. Mieszkańcy zgłaszali sugestie dotyczące zagospodarowania terenów po restrukturyzacji – z naciskiem na miejsca spędzania czasu wolnego dla dzieci i młodzieży (obiekty kulturalno-rozrywkowe, place zabaw, ścieżki edukacyjne, kawiarenki, kluby). Podkreślano również znaczenie zachowania dziedzictwa kulturowego Śląska oraz rozwoju zielonej infrastruktury.

W odpowiedzi na te zmiany miasto zainicjowało m.in. rozwój Strefy Aktywności Gospodarczej, która przyciąga inwestorów z sektora usług i przemysłu lekkiego. Według informacji z Urzędu Miasta, do 2024 r. powstało tam ponad 300 miejsc pracy.

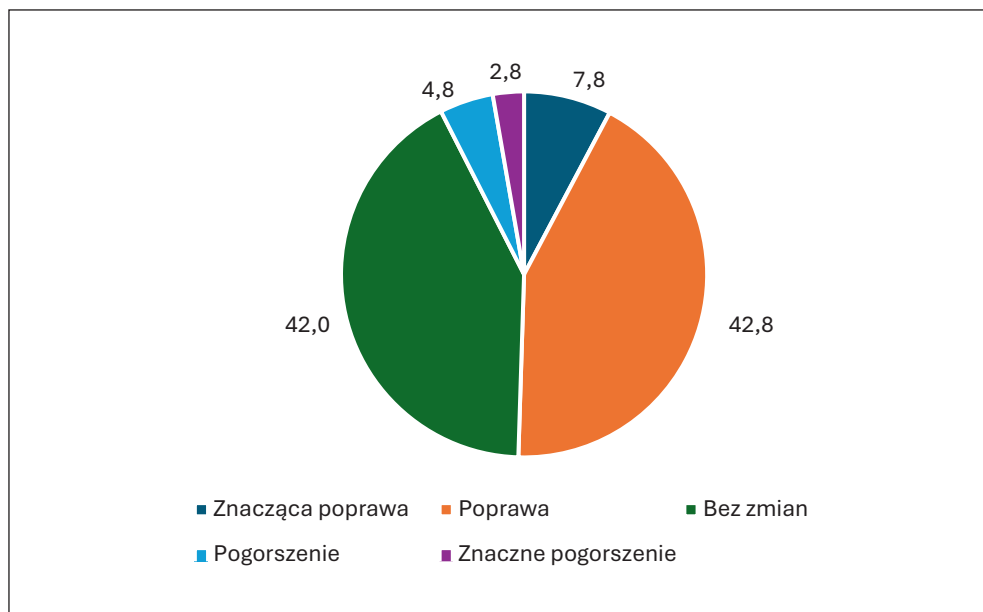
Ważnym skutkiem ekonomicznym analizowanego procesu jest przejęcie przez Piekary Śląskie od Spółki Restrukturyzacji Kopalń S.A. działki o powierzchni 1,46 ha na terenie po dawnej kopalni Julian wraz z charakterystycznym szybem Julian I. Dodatkowo pozyskano znaczne środki na realizację dwóch projektów: „Zwiększenie roli kultury i turystyki poprzez rewitalizację Wieży Wyciągowej szybu Julian I” (dofinansowanie w wysokości 4 204 643,74 zł) oraz „Rewitalizacja obiektu po byłej KWK Julian” (dofinansowanie w wysokości 4 004 224,67 zł), dzięki którym tereny te nie będą nieużytkami, lecz zostaną przystosowane do celów kulturowych i rozwojowych. Także inne tereny pokopalniane zyskują na znaczeniu i są uwzględniane w projektach rewitalizacji i wykorzystania ich w nowych celach. Spółka Węgłokoks Kraj S.A. ma ponad 45 hektarów terenów na sprzedaż, a inwestor TBS Dombud wykupił 7 hektarów pod zabudowę wielorodzinną. Miasto uczestniczy również w projekcie POMHAZ (*Post-Mining Multi-Hazards evaluation for land-planning*), który ocenia zagrożenia na terenach pogórnich dla potrzeb planowania przestrzennego. Projekt, realizowany do września 2025 r., ma na celu poszerzenie wiedzy o osiadaniu powierzchni, migracji gazów czy problemach hydrologicznych związanych z zamkniętymi kopalniami.

## SKUTKI ŚRODOWISKOWE I PRZESTRZENNE RESTRUKTURYZACJI KOPALNI WĘGLA KAMIENNEGO BOBREK–PIEKARY W PIEKARACH ŚLĄSKICH

Restrukturyzacja i ostateczna likwidacja Kopalni Węgla Kamiennego Bobrek–Piekary w Piekarach Śląskich, choć podyktowane głównie przesłankami ekonomicznymi, miały i nadal mają znaczący wpływ na środowisko naturalne regionu. Analiza tych zmian jest kluczowa dla oceny całościowego bilansu procesu restrukturyzacji.

**Jakość powietrza.** Jednym z najbardziej odczuwalnych pozytywnych skutków zakończenia działalności wydobywczej jest zauważalna poprawa jakości powietrza w Piekarach Śląskich. Aktywna eksploatacja kopalni wiązała się z emisją znacznych ilości pyłów i gazów do atmosfery, co negatywnie wpływało na zdrowie mieszkańców i stan tamtejszych ekosystemów. Po likwidacji kopalni zmniejszyło się zapylenie, co przyczyniło się do wzrostu komfortu życia w mieście. Jak wynika z ankiet przeprowadzonych wśród mieszkańców, istotny odsetek respondentów także pozytywnie ocenił wpływ restrukturyzacji kopalni na poprawę stanu powietrza po zakończeniu działalności górniczej (rycina 5).

Rycina 5. Ocena wpływu restrukturyzacji kopalni KWK Bobrek–Piekary w Piekarach Śląskich na jakość powietrza w Piekarach Śląskich w 2024 r. [%]



Źródło: opracowanie własne

W Piekarach Śląskich od kwietnia 2017 r. w każdej dzielnicy zamontowane są tzw. no-chale, czyli czujniki powietrza. Monitorują one przede wszystkim poziom pyłów zawieszonych PM10 i PM2.5, które są szczególnie groźne dla zdrowia ludzi. Czujniki wyposażono w tablice LED, prezentujące średnią wartość pyłów zawieszonych w powietrzu oraz informacje o jakości powietrza, a także mierzące temperaturę i wilgotność powietrza. Na stronie internetowej [www.zielonepiekary.pl](http://www.zielonepiekary.pl) można zobaczyć, jakie są aktualne warunki powietrza, jak również sprawdzić i porównać je z wcześniejszymi warunkami.

W 2017 r., a zatem gdy kopalnia jeszcze działała, czujnik zlokalizowany przy domu kultury w dzielnicy Szarlej (rycina 6) wskazywał, że stan powietrza był umiarkowany oraz bardzo zły. W najgorszym momencie w powietrzu wykryto  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pyłów PM10. Raz poziom przekroczył  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dopuszczalny dobowy poziom stężenia pyłów PM10 może wynosić maksymalnie  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  – powyżej tej wartości uznaje się go za niebezpieczny dla zdrowia. Na wykresie widać, że stosunkowo rzadko wartość pyłów PM10 wskazywała wartość poniżej  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Ten sam czujnik w roku 2024, a więc w czasie, gdy kopalnia nie funkcjonowała już od czterech lat, wskazywał, że wartość pyłów zawieszonych w powietrzu w porównaniu z rokiem 2020 znacznie spadła (rycina 7). Najwyższy wynik to nieco ponad  $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Przez większość dnia wartość nie przekraczała  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Co najważniejsze – powietrze nie było już szkodliwe dla mieszkańców Piekar Śląskich.

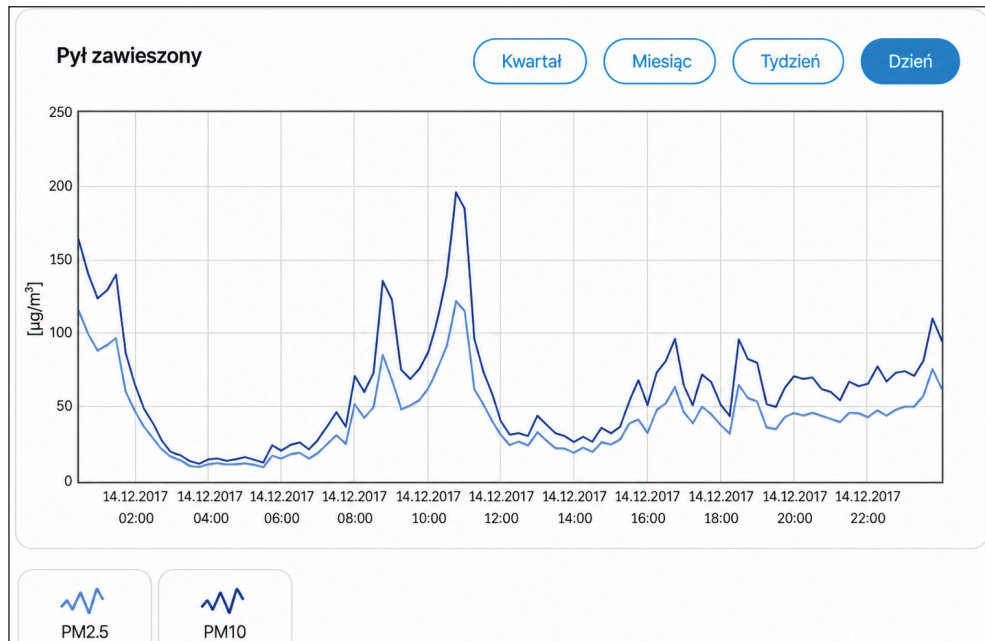
Podsumowując, w latach 2017–2024 stan powietrza w Piekarach Śląskich znacznie się poprawił. Przyczyn takiego stanu rzeczy można szukać w likwidacji ostatniej kopalni w mieście, która jest przedmiotem niniejszych badań. Mniejsze zapylenie z kopalni czy mniejszy ruch samochodowy także miały wpływ na lepsze warunki powietrza w Piekarach Śląskich.

**Warunki hydrologiczne.** Dokonując analizy uwarunkowań hydrologicznych, należy zwrócić uwagę, że Polska jest aktualnie podzielona na 174 JCWPd, czyli jednolitych części wód podziemnych (w 2012 r. była podzielona na 161 części). Piekary Śląskie w roku 2021 należały do części JCWPd111 (rycina 8). W tej części leżały powiaty takie jak: Miasto Bytom, będziński, Miasto Chorzów, Miasto Katowice, lubliniecki, myszkowski, Miasto Mysłowice, Miasto Piekary Śląskie, Miasto Ruda Śląska, Miasto Siemianowice Śląskie, Miasto Sosnowiec, Miasto Świętochłowice, tarnogórski.

Jak podaje Państwowa Służba Hydrologiczna, w 2012 r. JCWPd nr 111 miała słaby stan ilościowy oraz chemiczny wód. Ogólna ocena stanu JCWPd 111 także była słaba. Jak napisano w karcie informacyjnej JCWPd111, stan ten był spowodowany m.in. intensywną eksploatacją wód podziemnych. Ponadto istotny wpływ miało na to oddziaływanie Górnośląskiej Aglomeracji Miejsko Przemysłowej, która powodowała zrzuty ścieków i kwaśnych wód kopalnianych oraz ługowanie substancji zanieczyszczających z hałd i składowisk. W związku z tym Piekary Śląskie, na których terenie były zlokalizowane kopalnie węgla kamiennego, mogło mieć duży udział w zanieczyszczeniu wód podziemnych całego obszaru.

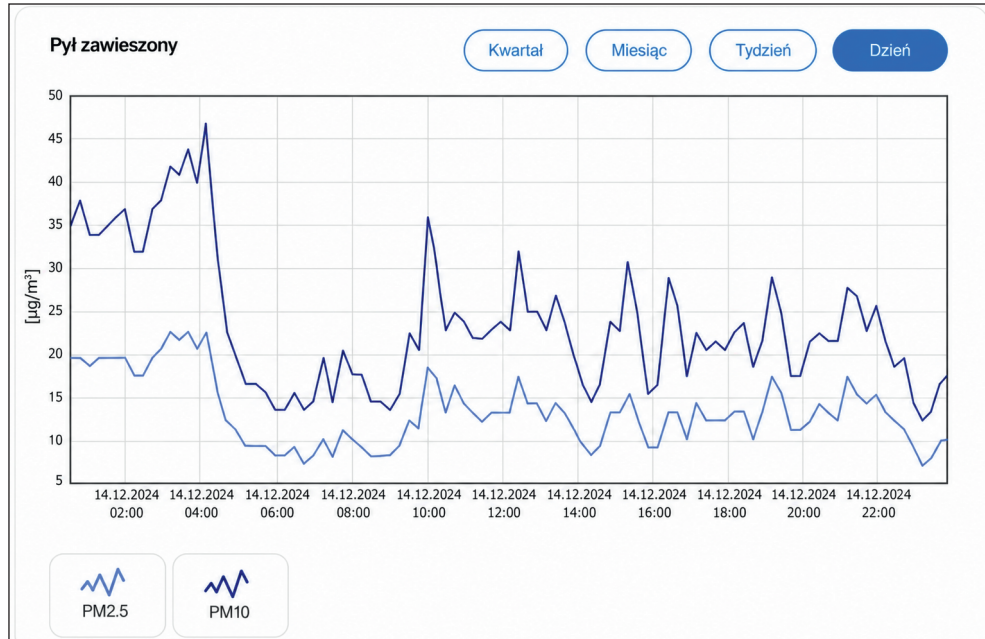
**Rewitalizacja.** Przez wiele lat, gdy w Piekarach Śląskich działały kopalnie węgla kamiennego, szeroko pojęte środowisko zostało zdegradowane. Dlatego miasto dołączyło do projektu „Gminnego Programu Rewitalizacji Miasta Piekary Śląskie do 2030 roku”. Potwierdza to uchwała nr LXVIII/736/23 Rady Miasta Piekary Śląskie z dnia 26 października 2023 r. w sprawie wyznaczenia obszaru zdegradowanego i obszaru rewitalizacji Miasta Piekary Śląskie. W dokumencie wyróżniono wiele obszarów zdegradowanych, m.in. okolice dawnych kopalń oraz Huty Orzeł Biały. W dzielnicy Brzeziny przez wiele lat istniała hałda z odpadów z ołowiu, a w sąsiedniej dzielnicy Kamień – hałda z odpadami z Kopalni Węgla Kamiennego Andaluzja. W dzielnicach Piekary-Centrum oraz Szarlej można zauważyć pozostałości po Kopalni Węgla Kamiennego Bobrek–Piekary. Zdegradowanych miejsc w Piekarach Śląskich jest wiele, a rewitalizacji zaplanowano wszędzie. Jednak jest to ważny etap w kierunku poprawy stanu środowiska w mieście. Analizując uwarunkowania środowiskowe, nie można zapominać o terenach pokopalnianych.

Rycina 6. Poziom stężenia pyłów zawieszonych PM2.5 oraz PM10 – dom kultury, Piekary Śląskie, 14.12.2017



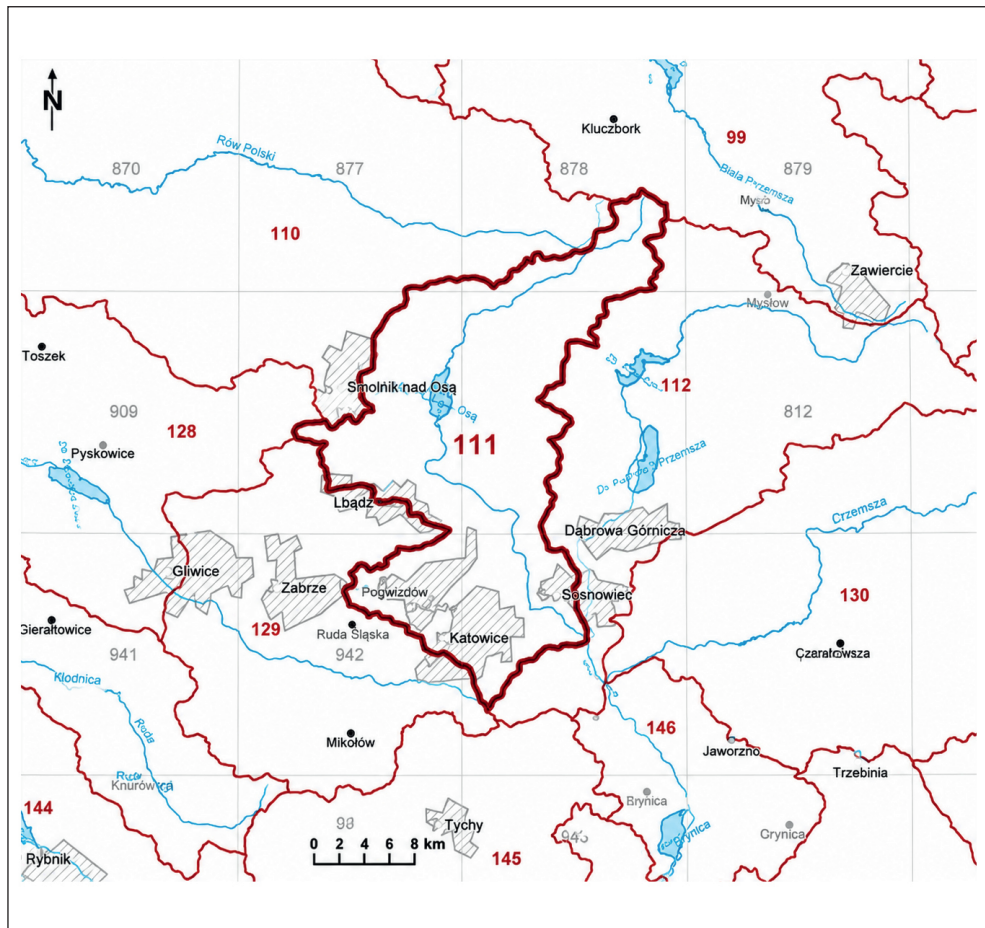
Źródło: <https://zielonepiekary.pl/strona-glowna/#kultury> [dostęp: 12.12.2024]

Rycina 7. Poziom stężenia pyłów zawieszonych PM2.5 oraz PM10 – dom kultury, Piekary Śląskie, 14.12.2024



Źródło: <https://zielonepiekary.pl/strona-glowna/#kultury> [dostęp: 12.12.2024]

Rycina 8. Lokalizacja Jednolitej Części Wód Podziemnych 111 w 2012 r.



Źródło: Karta informacyjna Jednolitej Części Wód Podziemnych nr 111, [pgi.gov.pl](http://pgi.gov.pl) [dostęp: 20.12.2024]

Są to tereny, na których wcześniej znajdowały się budynki i instalacje zakładów górniczych (biurowce, łaźnie, szyby, warsztaty itp.).

Przeprowadzone badania pokazują, że 28,7% ankietowanych zauważa zmiany, które zaszły w otoczeniu. W otwartym pytaniu o to, jakie dokładnie zmiany zauważają ankietowani, odpowiedzi były bardzo zróżnicowane. Często mówiono, że jest „więcej zieleni”, „ładniejszy krajobraz”, „czystsze powietrze”. Były także odpowiedzi wskazujące na widoczne zaniedbania: „dużo zaniedbanych nieużytków”, „duże zapylenie przez niewykorzystanie tereny po kopalni – za liceum”, „znikają tak charakterystyczne dla Śląska szyby kopalniane”. Z przeprowadzonych wywiadów wynika ponadto, że jednym z głównych wyzwań jest brak środków na kompleksową rekultywację terenów pogórnich. Jedynie część z nich została zagospodarowana pod nowe inwestycje, reszta pozostaje zdegradowana i niezagospodarowana. Co prawda miasto planuje pozyskać środki z Funduszu Sprawiedliwej Transformacji, jednak proces aplikacyjny jest długotrwały i wymaga szczegółowych dokumentacji.

## WNIOSKI

Proces restrukturyzacji Kopalni Węgla Kamiennego Bobrek–Piekary, którego symbolicznym zwieńczeniem było wydobycie ostatniej tony węgla 31 stycznia 2020 r., stanowił nieunikniony element szerszej transformacji energetycznej i gospodarczej Górnego Śląska. Proces ten wpisuje się w szerszy kontekst transformacji energetycznej w Polsce i w Unii Europejskiej. Wyzwania związane z likwidacją kopalń wymagają bowiem współpracy na wielu poziomach zarządzania: lokalnym, regionalnym i krajowym. Kluczowe znaczenie mają także odpowiednia polityka planowania przestrzennego oraz aktywizacja lokalnych społeczności.

Restrukturyzacja Kopalni Węgla Kamiennego Bobrek–Piekary w Piekarach Śląskich przyniosła skutki na wielu płaszczyznach. W sferze społeczno-ekonomicznej widoczne są negatywne konsekwencje – restrukturyzacja przyczyniła się do wzrostu bezrobocia oraz do odpływu ludności w wieku produkcyjnym, co wpłynęło na spadek gęstości zaludnienia na badanym obszarze. Odnotowano także zmniejszenie dochodów w budżecie miasta z tytułu opłaty eksploatacyjnej, która jest ściśle związana z wydobywaniem surowca. Ocena procesu restrukturyzacji przez mieszkańców Piekar Śląskich została przeprowadzona za pomocą badania ankietowego. W większości ocena mieszkańców Piekar Śląskich jest negatywna – łącznie 57,6% respondentów wyraziło negatywne lub bardzo negatywne odczucia wobec zamknięcia kopalni. Natomiast w kontekście środowiskowym zauważa się wyraźne korzyści. Zakończenie działalności wydobywczej przyczyniło się do znaczącej poprawy jakości powietrza w Piekarach Śląskich. Analiza danych z czujników zanieczyszczeń powietrza wskazuje na znaczny spadek stężenia pyłów PM10 i PM2.5 w latach 2017–2024, co wskazuje na poprawę jakości powietrza. Mimo to w mieście jest nadal wiele obszarów zdegradowanych, lecz nie wszystkie z nich ze względu na ograniczone możliwości finansowe w najbliższym czasie nie planuje się rewitalizować. Przeprowadzone wieloaspektowe badania, jakościowe i ilościowe, oparte na danych statystycznych i opiniach 400 mieszkańców, potwierdzają, że likwidacja nierentownego zakładu wywołała złożone skutki dla mieszkańców Piekar Śląskich. Kopalnia – po zakończeniu wydobywania węgla – nadal funkcjonowała jako podmiot gospodarczy. Proces formalnej likwidacji kopalni rozpoczął się 1 stycznia 2026 r. co wynikało ze względów bezpieczeństwa (po tragicznym wypadku z 2024 r.) oraz z wyczerpującego się, trudnego w eksploatacji złoża.

Przypadek Piekar Śląskich pokazuje, że brak zintegrowanej strategii transformacji może pogłębiać negatywne skutki restrukturyzacji. Należy zatem opracować długofalowy plan rewitalizacji obszarów pokopalnianych z uwzględnieniem aspektów ekologicznych, ekonomicznych i kulturowych. Warto również wspierać lokalnych przedsiębiorców oraz inwestować w edukację i przekwalifikowanie osób dotkniętych likwidacją kopalni.

## ZAŁĄCZNIK

Ankieta badawcza skierowana do mieszkańców Piekar Śląskich pt. „Ekonomiczny i środowiskowy wymiar procesu restrukturyzacji Kopalni Węgla Kamiennego Bobrek–Piekary”

1. **Płeć:**

- Kobieta
- Mężczyzna
- Inna
- Wolę nie podawać

2. **Wiek:**

- 0–18 lat
- 19–35 lat
- 36–64 lata
- Powyżej 65 lat

3. **Wykształcenie:**

- Podstawowe
- Zasadnicze zawodowe
- Średnie
- Policealne
- Wyższe

4. **Miejsce zamieszkania:**

- Piekary Śląskie
- Inna miejscowość (proszę podać)

5. **Czas zamieszkania w Piekarach Śląskich:**

- Mniej niż 1 rok
- 1–5 lat
- 6–10 lat
- Ponad 10 lat
- Całe życie

6. **Jak oceniasz wpływ restrukturyzacji kopalni na lokalny rynek pracy?**

- Bardzo pozytywnie
- Pozytywnie
- Neutralnie
- Negatywnie
- Bardzo negatywnie

7. **Czy ktoś z Twojego najbliższego otoczenia stracił pracę w związku z zamknięciem Kopalni Węgla Kamiennego Bobrek–Piekary?**

- Tak (w jakim roku?)
- Nie

8. **Jak oceniasz wpływ restrukturyzacji kopalni na jakość powietrza w Piekarach Śląskich?**

- Znacząca poprawa
- Poprawa
- Bez zmian
- Pogorszenie
- Znaczące pogorszenie

9. **Czy zmiany w krajobrazie i rekultywacji terenów pokopalnianych są dla Ciebie widoczne?**
  - Tak (jakie?)
  - Nie
10. **Jak oceniasz komunikację i zaangażowanie władz lokalnych w procesie restrukturyzacji?**
  - Bardzo dobrze
  - Dobrze
  - Neutralnie
  - Źle
  - Bardzo źle
11. **Jakie są Twoje ogólne odczucia dotyczące zamknięcia kopalni?**
  - Bardzo pozytywne
  - Pozytywne
  - Neutralne
  - Negatywne
  - Bardzo negatywne
12. **Czy masz jakieś sugestie lub rekomendacje dotyczące zagospodarowania terenów po restrukturyzacji kopalni?**

## Literatura

## References

- Chimczak-Bratkowski, P. (2025). *Przemiany w sektorze węglowym – co czeka Polskę?* Pozyskano z: <https://akademiaesg.pl/baza-wiedzy/przemiany-w-sektorze-weglowym-co-czeka-polske/> (dostęp: 30.08.2025).
- Coal Transitions. (2018). *Coal transitions: Research and dialogue on the future of coal*. Pozyskano z: <https://www.iddri.org/en/project/coal-transitions> (dostęp: 30.08.2025).
- Duda, A. (2014). 60 lat kopalni „Piekary”. *Kompania Węglowa*, 10(65), 26–29.
- Gao, S., Zhou, P., Zhang, H., Yang, S. (2025). *Evaluating socio-economic and subjective well-being impacts of coal power phaseout in China*. *Nature Communications*. Pozyskano z: <https://www.nature.com/articles/s41467-025-57561-8.pdf> (dostęp: 30.08.2025).
- Kaizuka, S. (2024). Politics of a just transition: Lessons from the UK coal mines. *Contemporary Social Science*, 19(1–3), 154–177. doi: <https://doi.org/10.1080/21582041.2024.2337672>
- Kilar, W., Rachwał, T. (2014). Changing Role of Industry in the Economy in the V4 Countries – a Regional Approach, Club of Economics in Miskolc. *Theory Methodology Practice*, 10, 1, July, 45–54.
- Measham, T., Walker, J., Haslam McKenzie, F. et al. (2024). Beyond closure: A literature review and research agenda for post-mining transitions. *Resources Policy*, 90, 104859. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.104859>
- Makięła, Z. (2006). Funkcjonowanie przedsiębiorstwa poszukiwań i eksploatacji złóż ropy naftowej i gazu Petrobaltic w okresie transformacji gospodarczej na tle rozwoju przemysłu naftowego. *Prace Komisji Geografii Przemysłu Polskiego Towarzystwa Geograficznego*, 8, 204–211. doi: <https://doi.org/10.24917/20801653.8.19>
- Marszowski, R. (2017). Działania restrukturyzacyjne wobec górnictwa węgla kamiennego i ich wpływ na otoczenie społeczno-gospodarcze. Stan i perspektywy. *Humanum Międzynarodowe Studia Społeczno-Humanistyczne*, 26(3), 113–124.
- NewClimate Institute. (2022). *Coal phase-out and just transitions: Lessons learned from Europe*. Pozyskano z: <https://newclimate.org> (dostęp: 8.10.2025).
- Nowosielska, P. (2025). *Restrukturyzacja Kopalni Węgla Kamiennego Bobrek–Piekary w Piekarach Śląskich – wymiar społeczno-ekonomiczny i środowiskowy*. Praca licencjacka. Potempa, A.E. (2004). *50 lat KWK „Julian”*. Kopalnia Węglowa S.A. Piekary: Zakład Górniczy.

- Skibski, M., Osadnik, K., Białas, M. (2020). Górnictwo węgla kamiennego w Polsce w latach 1990–2020. *Mining – Informatics, Automation and Electrical Engineering*, 4(544), 27–28.
- Stalewski, T., Szpak, A. (2000). *Sposób radzenia sobie ze zwolnieniami w KWK „Nowa Ruda”*. Kraków: Prace Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej.
- Tkocz, M. (2001). *Restrukturyzacja przemysłu regionu tradycyjnego*. Katowice: Prace Naukowe Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach.
- United Nations. (2002). *Economic and social impacts of restructuring of the coal industries of the transition economies*. Pozyskano z: <https://digitallibrary.un.org/record/474190> (dostęp: 9.10.2025).
- Włoczek, C. (2023). *Historia Brzezin Śląskich*. Piekary Śląskie: Orzeł Biały S.A.
- World Bank. (2018). *Managing coal mine closure: Achieving a just transition for all*. Pozyskano z: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/484541544643269894/pdf/130659-RE- VISED- PUBLIC-Managing-Coal-Mine-Closure-Achieving-a-Just-Transition-for-All-November2018-final.pdf> (dostęp: 7.09.2025).
- Yanguas Parra, P., Furnaro, A., Malz, N., Wijayani, L., Oei, P.Y. (2025). Supply-side policies in coal transitions and country vulnerabilities: a systematic literature review. *Environmental Politics*, 1–37. doi: <https://doi.org/10.1080/09644016.2025.2538324>

**Wioletta Kilar**, dr, geograf społeczno-ekonomiczny, adiunkt w Katedrze Logistyki, Geografii Usług i Rynku Pracy w Instytucie Prawa, Ekonomii i Administracji Uniwersytetu Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie. Jej zainteresowania badawcze koncentrują się przede wszystkim wokół procesów przemian struktur przestrzennych przemysłu w różnych układach i ich konsekwencjach, czynników lokalizacji działalności gospodarczych różnego typu, kształtowania się i funkcjonowania przedsiębiorstw (zwłaszcza ponadnarodowych korporacji i ich oddziałów), rozwoju korporacji międzynarodowych i ich oddziałów, a także ich znaczenia w globalnych łańcuchach wartości, ekosystemów przedsiębiorczości, innowacyjności, zmian w rozwoju społeczno-gospodarczym w Polsce i innych krajach Unii Europejskiej, polityki spójności Unii Europejskiej oraz problematyki kształcenia przedsiębiorczości (w tym kompetencji miękkich) i geografii na wszystkich poziomach edukacji (od przedszkola po edukację akademicką).

**Wioletta Kilar, PhD**, socio-economic geographer, assistant professor at the Department of Logistics, Service Geography and the Labour Market in the Institute of Law, Economics and Administration at the University of the National Education Commission, Krakow. Her research interests focus primarily on the processes of transformation in the spatial structures of industry in various systems and their consequences; the location factors of different types of economic activity; the formation and functioning of enterprises (especially multinational corporations and their branches); the development of international corporations and their subsidiaries, as well as their role in global value chains; entrepreneurship ecosystems; innovation; changes in socio-economic development in Poland and other European Union countries; EU cohesion policy; and issues related to entrepreneurship education (including soft skills) and geography at all levels of education (from preschool to higher education).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4642-4442>

#### Adres / Address:

Uniwersytet Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie  
Instytut Prawa, Ekonomii i Administracji  
Katedra Logistyki, Geografii Usług i Rynku Pracy  
Zespół Badań Edukacji w Zakresie Przedsiębiorczości  
ul. Podchorążych 2  
30-084 Kraków, Polska  
e-mail: [wioletta.kilar@uken.krakow.pl](mailto:wioletta.kilar@uken.krakow.pl)

**Patrycja Nowosielska**, studentka studiów magisterskich na kierunku geografia w Uniwersytecie Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie. Jej zainteresowania badawcze koncentrują się wokół geografii przemysłu, restrukturyzacji przedsiębiorstw i transformacji Śląska.

**Patrycja Nowosielska**, a master's student in geography at the Commission of National Education University in Kraków. Her research interests focus on industrial geography, enterprise restructuring and the transformation of the Silesia region.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1544-9757>

**Adres / Address:**

Uniwersytet Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie  
ul. Podchorążych 2  
30-084 Kraków, Polska  
e-mail: [patrycja.nowosielska@student.up.krakow.pl](mailto:patrycja.nowosielska@student.up.krakow.pl)



JAKUB MISZTAL

Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Polska / Krakow University of Economics, Poland

## Poziom cyfryzacji polskich przedsiębiorstw: diagnoza i wyzwania

### The Level of Digitization of Polish Enterprises: Diagnosis and Challenges

**Streszczenie:** Celem artykułu są identyfikacja oraz ocena stopnia zróżnicowania poziomu cyfryzacji polskich przedsiębiorstw na tle pozostałych państw Unii Europejskiej. W badaniach zastosowano analizę danych wtórnych (*desk research*). Do analizy wykorzystano wskaźnik Digital Intensity Index, którego metodyka została opracowana przez Eurostat do określenia poziomu cyfryzacji przedsiębiorstw. W procedurze badawczej posłużono się metodami statystycznej analizy wielowymiarowej. Oryginalnym podejściem badawczym było zastosowanie transformacji Centered Log-Ratio oraz standaryzacji Z-score w celu wyeliminowania problemów związanych z danymi kompozycyjnymi, a także zapewnienia porównywalności danych. Grupowanie państw przeprowadzono metodą Warda, liczbę skupień wyznaczono zaś zgodnie z regułą Mojeny. Wyniki badań wykazały różnice w strukturze poziomu cyfryzacji w zależności od wielkości przedsiębiorstw. Wśród małych i średnich przedsiębiorstw zidentyfikowano trzy skupienia. Polska została zakwalifikowana do grupy umiarkowanie cyfrowej, co oznacza, że jej profil cyfrowy jest zbliżony do średniej unijnej. Z kolei wśród dużych przedsiębiorstw zaobserwowano podział na dwa skupienia. Polskie przedsiębiorstwa, niezależnie od wielkości, stabilnie utrzymują się w zakresie średniej unijnej, jednak istnieją bariery rozwojowe utrudniające im przejście do grupy cyfrowych liderów. W artykule zaznaczono potrzebę ukierunkowania wsparcia instytucjonalnego w sektorze MŚP, dzięki czemu możliwe byłoby przełamanie opisanych barier.

**Abstract:** The primary objective of this article is to identify and assess the degree of variation in the digitalization levels of Polish enterprises in relation to their size, compared to other European Union member states. The study employs a secondary data analysis (*desk research*) approach. The analysis utilizes the Digital Intensity Index, a methodology developed by Eurostat to determine the level of corporate digitalization. The research procedure incorporates multivariate statistical analysis methods. A novel research approach was the application of Centered Log-Ratio (CLR) transformation followed by Z-score standardization to eliminate issues inherent in compositional data and to ensure data comparability. Country grouping was performed using Ward's method, while the optimal number of clusters was determined according to Mojena's rule. The research findings revealed significant structural differences in digitalization levels depending on enterprise size. For small and medium-sized enterprises (SMEs), three distinct clusters were identified; Poland was classified into the moderately digitalized group, exhibiting a digital profile closely aligned with the EU average. Conversely, a division into only two clusters was observed among large enterprises. Regardless of size, Polish enterprises consistently maintain a position within the EU average range. However, a developmental barrier remains, hindering the transition to the group of digital leaders. The article highlights the necessity of targeted institutional support for the SME sector to overcome these identified barriers.

**Słowa kluczowe:** analiza skupień; cyfryzacja; polskie przedsiębiorstwa; sektor MŚP; transformacja cyfrowa; wskaźnik intensywności cyfrowej; Unia Europejska

**Keywords:** cluster analysis; Digital Intensity Index; digital transformation; digitalization; European Union; Polish enterprises; SME sector

**Otrzymano:** 18 kwietnia 2026

**Received:** 18 April 2026

**Zaakceptowano:** 22 czerwca 2026

**Accepted:** 22 June 2026

**Sugerowana cytacja / Suggested citation:**

Miształ, J. (2026). Poziom cyfryzacji polskich przedsiębiorstw: diagnoza i wyzwania. *Prace Komisji Geografii Przemysłu Polskiego Towarzystwa Geograficznego*, 40(2), 43–60. doi: <https://doi.org/10.24917/20801653.402.2>

## WSTĘP

W kontekście postępującej globalizacji i pojawiających się wyzwań oraz zagrożeń dużego znaczenia nabiera transformacja cyfrowa (Cabańska, Czyżewska-Miształ, Perska, 2024). Może ona stanowić szansę na rozwój społeczno-gospodarczy krajów, a także pozwala sprostać wielu trudnościom (Śledziwska, Włoch, 2020), takim jak pandemia COVID-19, która przyspieszyła tempo cyfryzacji w przedsiębiorstwach (Mihu, Herciu, 2024). Jednocześnie transformacja cyfrowa może kreować nowe wyzwania i zagrożenia związane z budową modeli biznesowych, poufnością i bezpieczeństwem danych lub informacji (Harari, 2018; Kraus i in., 2021). W konsekwencji transformacja cyfrowa jest uważana za jedno z większych wyzwań trzeciej dekady XXI w., zwłaszcza w okresie post-pandemicznym (Głodowska, Maciejewski, Wach, 2023), który zmienił sposób myślenia o prowadzeniu działalności gospodarczej przez położenie większego nacisku na wymiar technologiczny oparty na transformacji cyfrowej (Banaszyk i in., 2021; Corvello i in., 2022; Żur, Wałęga, 2023). Transformacja cyfrowa jest postrzegana jako fundament nowoczesnych gospodarek, ponieważ wspiera ich konkurencyjność na arenie międzynarodowej (Britchenko, 2024) – ważną rolę odgrywają tu przedsiębiorstwa. Jednak cyfryzacja gospodarki jest zjawiskiem wieloetapowym. To z kolei implikuje wiele zmian, do których muszą dostosować się przedsiębiorstwa chcące pozostać konkurencyjne (Witczak-Roszkowska, 2021). Jednak mimo wielu barier transformacja cyfrowa jest postrzegana przez przedsiębiorstwa jako zadanie rozwojowe, a znaczenie przemysłu 4.0 cały czas rośnie, co warunkuje potrzebę rozwoju kompetencji cyfrowych (Noviello, 2026). Wobec tak przyjętego poglądu widoczna jest potrzeba zdiagnozowania poziomu cyfryzacji przedsiębiorstw i zidentyfikowania wyzwań, jakie stoją przed nimi w kontekście transformacji cyfrowej.

Celem niniejszej pracy są identyfikacja oraz ocena – z wykorzystaniem wskaźnika intensywności cyfrowej – stopnia zróżnicowania poziomu cyfryzacji polskich przedsiębiorstw w zależności od ich wielkości na tle pozostałych państw Unii Europejskiej (UE). W artykule zastosowano analizę danych wtórnych (*desk research*). Do analizy wykorzystano wskaźnik DII (*Digital Intensity Index*) z roku 2024, którego metodyka została opracowana przez Eurostat do określenia poziomu cyfryzacji przedsiębiorstw.

W artykule postawiono następujące pytania badawcze:

- PB1: Jaka jest pozycja polskich przedsiębiorstw w zakresie intensywności cyfrowej na tle przedsiębiorstw innych państw UE z uwzględnieniem wielkości przedsiębiorstw?

- PB2: Jakie są homogeniczne skupienia przedsiębiorstw państw UE wyodrębnione na podstawie struktury posiadanego wskaźnika DII i jak stabilna jest przynależność Polski do tych grup?
- PB3: Czy wielkość przedsiębiorstw determinuje strukturę i poziom polaryzacji skupień w zakresie intensywności cyfrowej?
- PB4: Jakie wyzwania w zakresie transformacji cyfrowej stoją przed polskimi przedsiębiorstwami?

## ZNACZENIE TRANSFORMACJI CYFROWEJ W PRZEDSIĘBIORSTWACH

W literaturze przedmiotu transformacja cyfrowa w kontekście przedsiębiorstw jest definiowana jako fundamentalna zmiana struktury, procesów oraz funkcji w przedsiębiorstwach oraz całkowita redefinicja ich modeli biznesowych za pośrednictwem wdrażania oraz wykorzystywania różnych technologii cyfrowych i informatycznych (Głodowska, Maciejewski, Wach, 2023). Technologie te napędzają rozwój i znaczenie transformacji cyfrowej (Bombińska, 2025). Badacze wskazują na znaczenie tego zjawiska w kontekście napędzania wielowymiarowych zmian w biznesie, które mają również wpływ na pewne aspekty życia innych ludzi (Kraus i in., 2021; Van der Linden, Łasak, 2023). Zmianie uległ bowiem charakter prowadzonej przez przedsiębiorstwa działalności gospodarczej, co jest skutkiem dematerializacji i digitalizacji produktów oraz usług (Pereira i in., 2022). To zaś stanowi konsekwencję integracji nowych technologii cyfrowych z tradycyjnymi gałęziami przemysłu. W efekcie w przedsiębiorstwach zaczęły powstawać innowacyjne modele biznesowe (Jabłoński, Jabłoński, Szpitter, 2020; Luo, Liu, 2024; Vangjel, 2021). Aby ocenić rozwój oraz porównać poszczególne państwa, należy zastosować spójne i porównywalne zestawy miar dla danego regionu, a także zidentyfikować obszary związane z transformacją cyfrową. Wspomniane dwa kryteria prowadzą do wskazania kilku wskaźników związanych z cyfryzacją, które zebrano w tabeli 1.

Tabela 1. Powszechnie stosowane wskaźniki mierzące transformację cyfrową

Kryterium/ wskaźnik	Digital Economy and Society Index (DESI)	ASEAN Digital Integration Index (ADII)	Digital Intelligence Index (DII)	Digital Intensity Index (DII)
Region	Państwa członkowskie UE	Państwa należące do Stowarzyszenia Narodów Azji Południowo-Wschodniej (ASEAN)	Globalny (ok. 90 państw na świecie)	Państwa członkowskie UE (na poziomie przedsiębiorstw)
Cel	Podsumowanie wskaźników cyfrowej efektywności i monitorowanie postępów państw UE w realizacji celów Cyfrowej Dekady 2030	Pomiar postępów w integracji cyfrowej regionu ASEAN oraz identyfikacja barier w handlu cyfrowym	Analiza konkurencyjności cyfrowej, tempa rozwoju oraz poziomu zaufania do technologii	Pomiar stopnia wykorzystania technologii cyfrowych przez przedsiębiorstwo

Skład	Zmienne związane z kapitałem ludzkim, integracją technologii cyfrowych, e-administracją publiczną oraz łącznością	Zmienne obejmujące: handel cyfrowy, ochronę danych, płatności cyfrowe, umiejętności/talenty, innowacje, infrastrukturę	Zmienne związane z popytem, podażą, innowacjami i instytucjami	12 zmiennych (por. tabela 2)
Organizacja	UE	ASEAN	Tufts University (The Fletcher School)	UE
Publikacja	Corocznie	Nieregularnie	Co kilka lat: 2014, 2017, 2020	Corocznie (jako część badania wykorzystania technologii ICT w firmach)

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Choczyńska, Rani, Tora (2024)

Jak można zauważyć, opisywane wskaźniki wyróżniają się zarówno podobnymi zmiennymi, jak i zmiennymi unikalnymi. DESI jest wskaźnikiem makroekonomicznym analizującym gospodarki państw członkowskich UE, podczas gdy Digital Intensity Index jest wskaźnikiem mikroekonomicznym obejmującym wybrane przedsiębiorstwa wewnątrz państw. Ponadto Digital Intensity Index stanowi jeden z elementów składowych wskaźnika DESI. Wskaźnik ADII z kolei analizuje, jak wybrane państwa współpracują ze sobą w zakresie cyfrowym, np. w ramach wspólnych standardów cyfrowych płatności. Ostatni z analizowanych wskaźników, czyli Digital Intelligence Index, bierze pod uwagę dynamikę zmian, dzieląc państwa na liderów, gospodarki zwalniające i gospodarki przyspieszające.

## METODY BADAWCZE

Digital Intensity Index (DII) służy do ogólnej oceny poziomu intensywności korzystania z technologii cyfrowych w przedsiębiorstwach. Wskaźnik ten pochodzi z unijnego badania dotyczącego wykorzystania technologii informacyjno-komunikacyjnych i handlu elektronicznego w przedsiębiorstwach (Bałeczka, 2025). W tabeli 2 zaprezentowano kompozycję wskaźnika DII obejmującą zmienne wchodzące w jego skład zgodnie z warunkami przyjętymi w 2024 r.

Za każdy z powyższych warunków stanowiących pojedynczą zmienną przedsiębiorstwo otrzymuje 1 punkt, a zatem po spełnieniu wszystkich warunków przedsiębiorstwo może uzyskać 12 punktów (Eurostat, 2024). Na podstawie uzyskanych punktów Eurostat ocenia poziom intensywności cyfrowej przedsiębiorstw w UE. Skalę tę opisano w tabeli 3. Warto zaznaczyć, że w metodologii DII Eurostat wyróżnia ponadto tzw. poziom co najmniej podstawowy. Odnosi się on do procesu monitorowania celów Cyfrowej Dekady Europy. Poziom ten oznacza spełnienie co najmniej czterech z 12 zmiennych przyjętych w ocenie wskaźnika na dany rok. W praktyce oznacza to, że poziomem co najmniej podstawowym objęte są przedsiębiorstwa, które mają niski, wysoki i bardzo wysoki poziom DII (Eurostat, 2024).

Tabela 2. Kompozycja wskaźnika intensywności cyfrowej w 2024 r.

Przedsiębiorstwa, w których ponad 50% zatrudnionych ma dostęp do internetu w celach służbowych.	Maksymalna prędkość pobierania danych w ramach umowy najszybszego stacjonarnego łącza internetowego wynosi co najmniej 30 Mb/s.	Przedsiębiorstwa, których sprzedaż e-commerce stanowi co najmniej 1% obrotów.	Przedsiębiorstwa, w których sprzedaż przez stronę internetową stanowi ponad 1% całkowitego obrotu, a sprzedaż internetowa B2C stanowi ponad 10% sprzedaży przez stronę internetową.
Przedsiębiorstwa mają dokumenty dotyczące środków, praktyk lub procedur w zakresie bezpieczeństwa ICT.	Przedsiębiorstwa uświadamiają pracownikom ich obowiązki w zakresie bezpieczeństwa ICT.	Przedsiębiorstwa stosują co najmniej trzy środki bezpieczeństwa ICT.	Przedsiębiorstwa zapewniają pracownikom szkolenia w celu rozwoju ich umiejętności w zakresie technologii informacyjno-komunikacyjnych.
Przedsiębiorstwa zatrudniły specjalistów do spraw technologii informacyjno-komunikacyjnych.	Przedsiębiorstwa korzystają z dowolnej technologii sztucznej inteligencji.	Przedsiębiorstwa zapewniły pracownikom zdalny dostęp do firmowego systemu poczty elektronicznej, dokumentów lub aplikacji.	Przedsiębiorstwa przeprowadzały spotkania przez internet.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Eurostat (2024)

Tabela 3. Klasyfikacja skali pomiaru wskaźnika intensywności cyfrowej

Uzyskane punkty	Ocena poziomu intensywności cyfrowej
0–3	bardzo niska
4–6	niska
7–9	wysoka
10–12	bardzo wysoka

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Eurostat (2024)

Diagnoza intensywności cyfrowej przedsiębiorstw w UE została przeprowadzona na bazie wielowymiarowej analizy statystycznej, do której wykorzystano zagregowane dane wtórne pochodzące z bazy Eurostat (wskaźnik *Digital Intensity Index* – DII) z roku 2024. Zastosowano przy tym jedną z metod wielowymiarowej analizy statystycznej, a mianowicie analizę skupień (*cluster analysis*), określaną również jako klasteryzacja bądź grupowanie. Celem tej metody jest grupowanie badanych obiektów w taki sposób, aby obiekty w danym skupieniu były do siebie jak najbardziej homogeniczne. Z kolei obiekty w innych skupieniach powinny być jak najbardziej odmienne względem innych skupień. Dzięki zastosowaniu tej metody możliwe jest wyodrębnianie skupień oraz klasyfikowanie badanych obiektów (Migdał-Najman, Najman, 2013). Procedura badawcza zmierzała do wyodrębnienia homogenicznych grup wśród państw UE pod względem struktury poziomu intensywności cyfrowej przedsiębiorstw. Tym samym w badaniu wykorzystano cztery zmienne strukturalne reprezentujące odsetek przedsiębiorstw, które podzielono na cztery kategorie ocen zgodnie z wyznaczonymi przez Eurostat poziomami intensywności cyfrowej:

- *V\_Low*: bardzo niski poziom intensywności cyfrowej,
- *Low*: niski poziom intensywności cyfrowej,
- *High*: wysoki poziom intensywności cyfrowej,

- *V\_High*: bardzo wysoki poziom intensywności cyfrowej.

Powyższe zmienne obejmują 27 państw członkowskich UE i mają charakter danych kompozycyjnych (*compositional data*), który skutkuje tym, że suma tych czterech zmiennych dla każdego państwa wynosi 1 (100%). Ze względu na ograniczenie wynikające ze stałej sumy, a także na cechowanie się ujemną korelacją danych procentowych zastosowano transformację *Centered Log-Ratio* (CLR) Aitchisona (1982). Pozwoliło to uniknąć problemu pozornej korelacji oraz współliniowości zmiennych dzięki przeniesieniu danych z przestrzeni ograniczonej (sympleksu) do przestrzeni euklidesowej. Tym samym dla każdego państwa obliczono nowe wartości zmiennych zgodnie ze wzorem (Faith, 2015):

$$clr(x_i) = \ln\left(\frac{x_i}{g(x)}\right)$$

gdzie:

$x_i$  – wartość poszczególnej zmiennej danej kategorii dla danego państwa,

$g(x)$  – średnia geometryczna wszystkich czterech kategorii dla danego państwa.

Następnie dla każdego państwa obliczono logarytm naturalny ilorazu danej zmiennej i średniej geometrycznej. Tym samym przekształcono zmienne w wartości logarytmiczne z zachowaniem relacji geometrycznych między zmiennymi. Kolejnym krokiem była standaryzacja zmiennych metodą Z-score w celu wyeliminowania wpływu różnej zmienności poszczególnych ocen wskaźnika DII na proces grupowania. W efekcie każda z czterech zmiennych uzyskała średnią równą 0 oraz odchylenie standardowe wynoszące 1, co świadczy na korzyść równego wpływu na wynik klasyfikacji. W przypadku standaryzacji zmiennych dla dużych przedsiębiorstw wskutek występowania wartości zerowych w pierwotnym zbiorze danych zastosowano procedurę substytucji zer (*zero replacement*), zastępując je stałą wartością 0,001 zgodnie z zaleceniami Aitchisona (1982).

Diagnoza podobieństw między państwami i identyfikacja homogenicznych grup została przeprowadzona z wykorzystaniem analizy skupień w programie Statistica. Aby zidentyfikować grupy homogeniczne, wykorzystano hierarchiczną analizę skupień (HCA) ze względu na relatywnie małą próbę ( $N = 27$ ), a także możliwie najczytelniejszą strukturę powiązań między państwami w postaci dendrogramu. Jako procedurę klasyfikacji – ze względu na minimalizowanie sumy kwadratów odchyłeń wewnątrz skupień, opieranie się na analizie wariancji, tworzenie grup o dużej homogeniczności i liczebności, a także zbliżonej wielkości i wysokiej spójności – zastosowano metodę grupowania Warda. Jest ona uważana za jedną z lepszych metod w zakresie metod aglomeracyjnych (Gatnar, Walesiak, 2004). Z kolei jako miarę podobieństwa zastosowano kwadrat odległości euklidesowej, będący standardowym i rekomendowanym wyborem podczas stosowania metody Warda (Walesiak, 2011). Ostatnim etapem było wyznaczenie optymalnej liczby skupień na podstawie analizy dendrogramu oraz przebiegu wykresu aglomeracji. Aby wyeliminować subiektywny moment odcięcia i przypisania liczby skupień, zastosowano regułę R. Mojeny. Poziom odcięcia wyznaczono na podstawie średniej odległości wiązań oraz jej odchylenie standardowe ze stałym parametrem wynoszącym 1,25, zgodnie ze wzorem:

$$\text{krytyczna odległość wiązań} / \text{próg odcięcia} = \bar{d} + k \cdot S_d$$

gdzie:

$\bar{d}$  i  $S_d$  – średnia arytmetyczna i odchylenie standardowe długości wiązań,

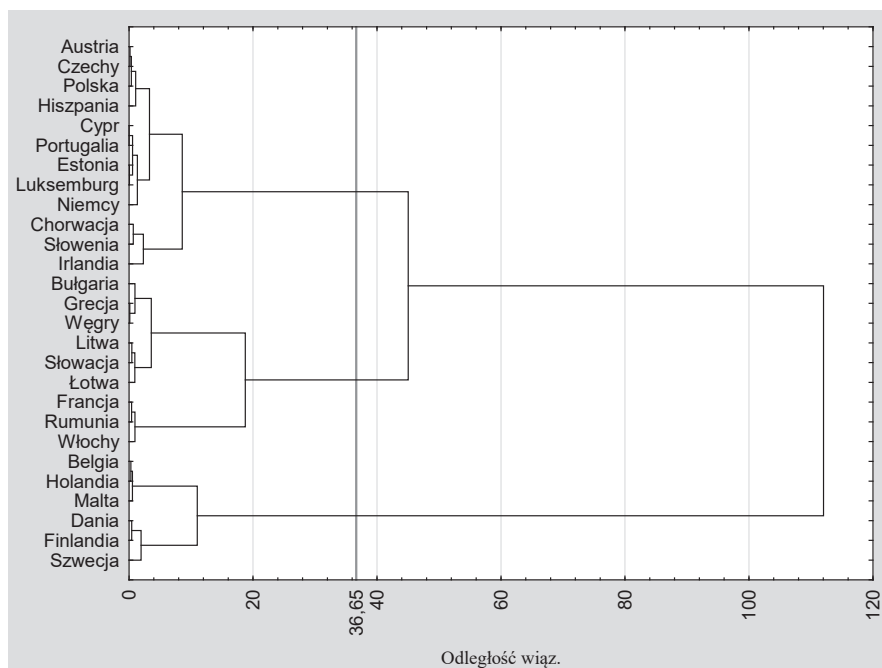
$k$  – stała, której wartość zgodnie z regułą R. Mojeny powinna zawierać się w przedziale [2,5; 3,5] (Roszko- $\bar{W}$ ójtowicz, 2014), choć autorzy zwracają uwagę, że optymalną wartość stanowi 1,25 (Miligan, Cooper, 1985; Stanisz, 2007).

W kolejnych etapach przeanalizowano statystyki deskryptywne wewnątrz grup poprzez utworzenie wykresów pudełkowych (*box plots*), co było kluczowe, aby zweryfikować poprawność ich podziału. Dzięki temu możliwe było również przypisanie poszczególnym klastrom cech, np. liderów cyfryzacji.

### CHARAKTERYSTYKA POZIOMU WSKAŹNIKA DII POLSKICH PRZEDSIĘBIORSTW NA TLE INNYCH PAŃSTW UE – WYNIKI BADANIA

Prezentowane wyniki zostały podzielone na trzy części – zgodnie z segmentami wielkości przedsiębiorstw państw UE – wraz ze zbiorczym podsumowaniem ich profili cyfrowych.

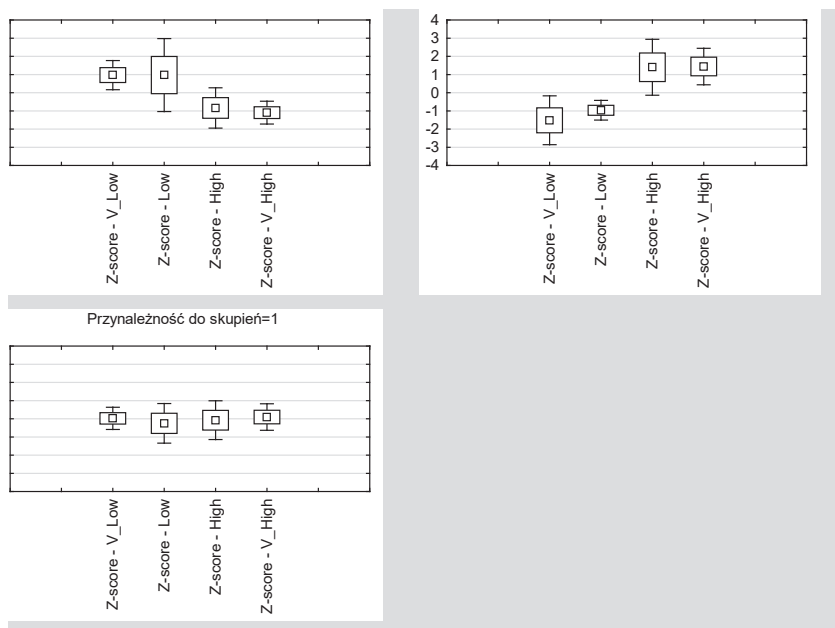
Rycina 1. Dendrogram klasyfikacji państw UE według poziomu intensywności cyfrowej małych przedsiębiorstw



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Eurostat [ISOC\_E\_DII]

Na rycinie 1 przedstawiono dendrogram obejmujący klasyfikację państw UE zgodnie z posiadaną strukturą wskaźnika DII przez małe przedsiębiorstwa (10–49 zatrudnionych). Za pomocą linii na poziomie ok. 36,65 odległości wiązań wyznaczono optymalny podział (reguła Mojeny), dzieląc państwa na trzy główne skupienia o podobnej strukturze cyfryzacji. Jak można zauważyć, Polska znalazła się w najliczniejszej grupie, w bezpośrednim sąsiedztwie takich państw jak Czechy i Austria, co wskazuje na bardzo zbliżoną strukturę wskaźnika DII w tych krajach. Drugie skupienie w dolnej części wykresu obejmuje cyfrowych liderów – m.in. Szwecję, Danię czy Finlandię. Trzecie skupienie obejmuje państwa takie jak Bułgaria, Grecja lub Węgry (por. tabela 4).

Rycina 2. Charakterystyka profilowa intensywności cyfrowej w wyodrębnionych skupieniach małych przedsiębiorstw państw UE

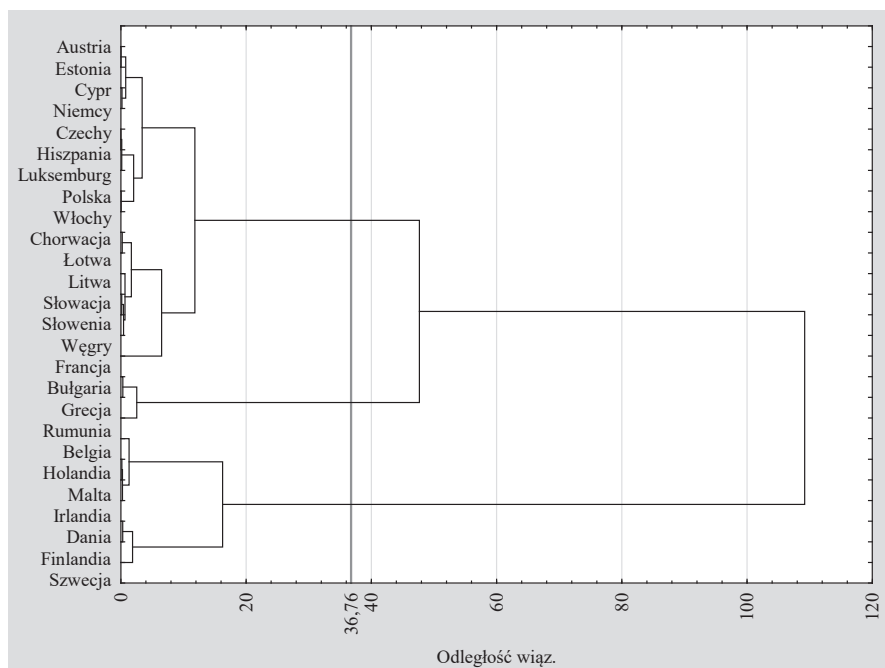


Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Eurostat [ISOC\_E\_DII]

Zaprezentowane wykresy pudełkowe (rycina 2) dla pierwszego skupienia znajdują się blisko wartości 0 (wystandaryzowana średnia unijna). Świadczy to, że państwa w tej grupie, takie jak Polska, mają strukturę wskaźnika DII bliską średniej całej UE. Co więcej, mały rozstęp międzykwartyłowy świadczy o dużej homogeniczności w tym skupieniu, co oznacza, że państwa te są do siebie bardzo podobne statystycznie. Z kolei w skupieniu 2 (liderów) można zaobserwować polaryzację. Mediana dla wartości *High* oraz *V\_High* osiąga wartość powyżej 1, co świadczy o przewadze tych państw w intensywności cyfrowej na tle pozostałych członków UE. Jednocześnie zmienne *V\_Low* oraz *Low* osiągają wartości ujemne, poniżej -1. Dowodzi to marginalnego odsetku przedsiębiorstw w tych państwach, które mają niską i najniższą intensywność cyfrową. Dłuższe wykresy świadczą jednak o tym, że w obrębie samej grupy widoczne jest zróżnicowanie, co może dowodzić tego, że niektórzy liderzy są lepsi od innych. Ostatnie, trzecie skupienie to swego rodzaju

odwrotność skupienia liderów. Przeważają tu dodatnie wartości zmiennej *Low*, a także ujemne wartości *High* oraz *V\_High*. Również w tym skupieniu z uwagi na duży rozstęp zmiennej *Low* można zauważyć niejednorodność państw (państwa o faktycznym niskim DII oraz państwa aspirujące do skupienia umiarkowanego).

Rycina 3. Dendrogram klasyfikacji państw UE według poziomu intensywności cyfrowej średnich przedsiębiorstw



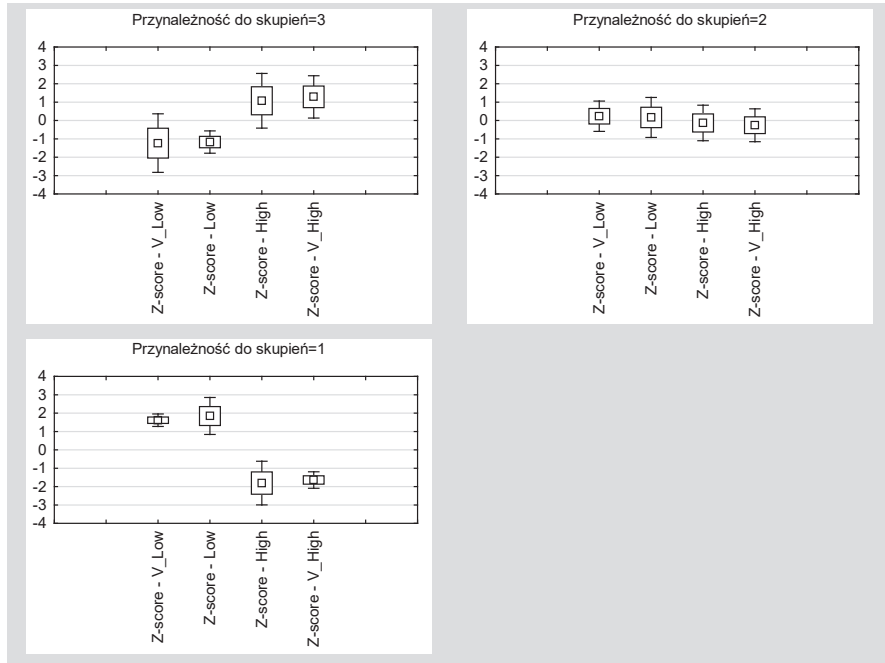
\* Nieobecność Portugalii na wykresie wynika z braku dostępnych danych dla 2024 r. w niektórych ocenach wskaźnika DII dla średnich przedsiębiorstw.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Eurostat [ISOC\_E\_DII]

Na rycinie 3 przedstawiającej średnie przedsiębiorstwa wyznaczono linię cięcia na poziomie odległości wiązania 36,76 – zgodnie z regułą Mojeny. Podobnie jak przy małych przedsiębiorstwach tu również zidentyfikowano trzy wyraźne skupienia różniące się liczebnością państw oraz charakterystyką.

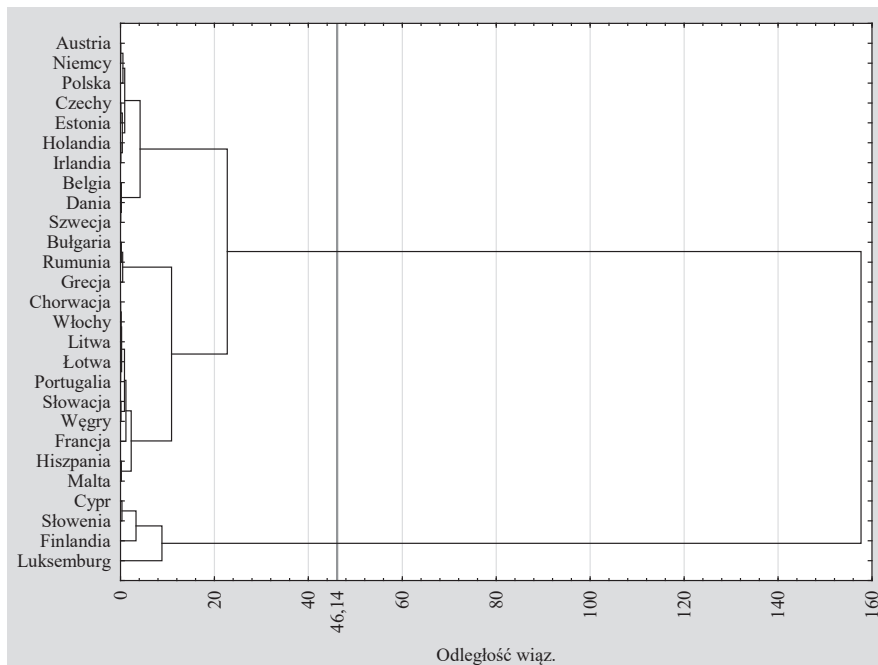
Pod względem wizualnym skupienia są bardzo zbliżone do skupień zaobserwowanych wśród małych przedsiębiorstw (por. rycina 4). W pierwszym skupieniu ponownie można zauważyć cyfrowych maruderów (np. Bułgaria, Grecja, Rumunia). Skupienie to wykazuje jednak dużo bardziej skrajne ujemne wartości *High* oraz *V\_High*, a także dodatnie wysokie wartości *Low* oraz *V\_Low*. Jest ono zatem zdominowane przez przedsiębiorstwa o bardzo niskiej i niskiej intensywności cyfrowej. Drugie skupienie tworzą państwa umiarkowanie stabilne cyfrowo, a wartości Z-score ocen intensywności cyfrowej oscylują w okolicach poziomu 0, reprezentującego średnią ujemną. Właśnie w tym skupieniu wśród średnich przedsiębiorstw znalazła się Polska. Trzecie skupienie w tym segmencie stanowią cyfrowi liderzy. Można tu zaobserwować większą zwartość niż wśród liderów małych przedsiębiorstw.

Rycina 4. Charakterystyka profilowa intensywności cyfrowej w wyodrębnionych skupieniach średnich przedsiębiorstw państw UE



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Eurostat [ISOC\_E\_DII]

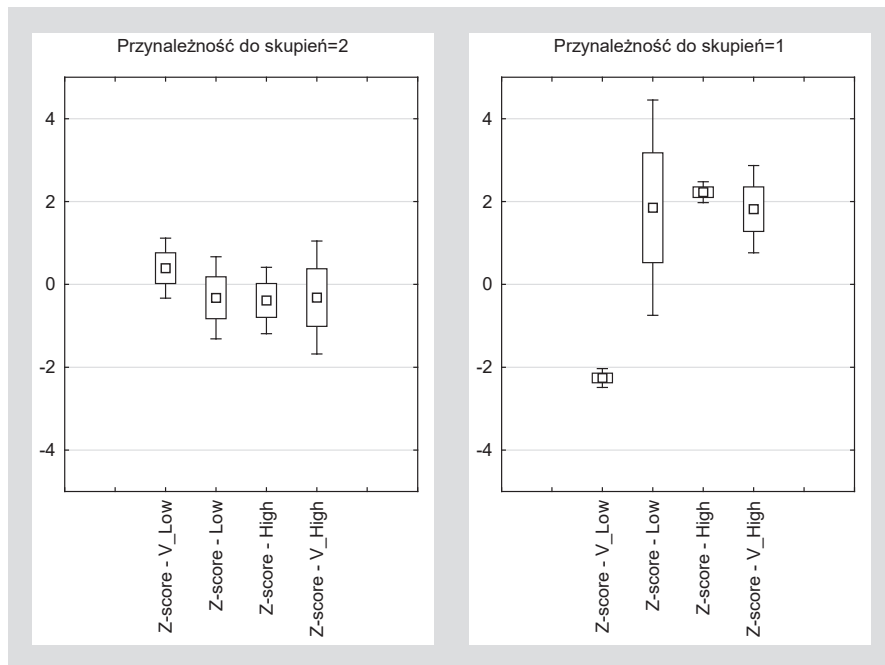
Rycina 5. Dendrogram klasyfikacji państw UE według poziomu intensywności cyfrowej dużych przedsiębiorstw



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Eurostat [ISOC\_E\_DII]

Ostatnia klasyfikacja znacząco różni się od wcześniejszych. Linia cięcia na poziomie 46,14 pogrupowała państwa jedynie na dwa skupienia (por. rycina 5). Pierwsze z nich obejmuje państwa, których profil jest bardziej specyficzny ze względu na całkowity brak odsetka przedsiębiorstw wykazujących bardzo niską intensywność cyfrową (por. rycina 6). Drugie skupienie obejmuje większość państw UE, w tym również Polskę oraz dotychczasowych liderów cyfrowych z pozostałych dwóch segmentów wielkości przedsiębiorstw (wyjątkiem jest Finlandia).

Rycina 6. Charakterystyka profilowa intensywności cyfrowej w wyodrębnionych skupieniach dużych przedsiębiorstw państw UE

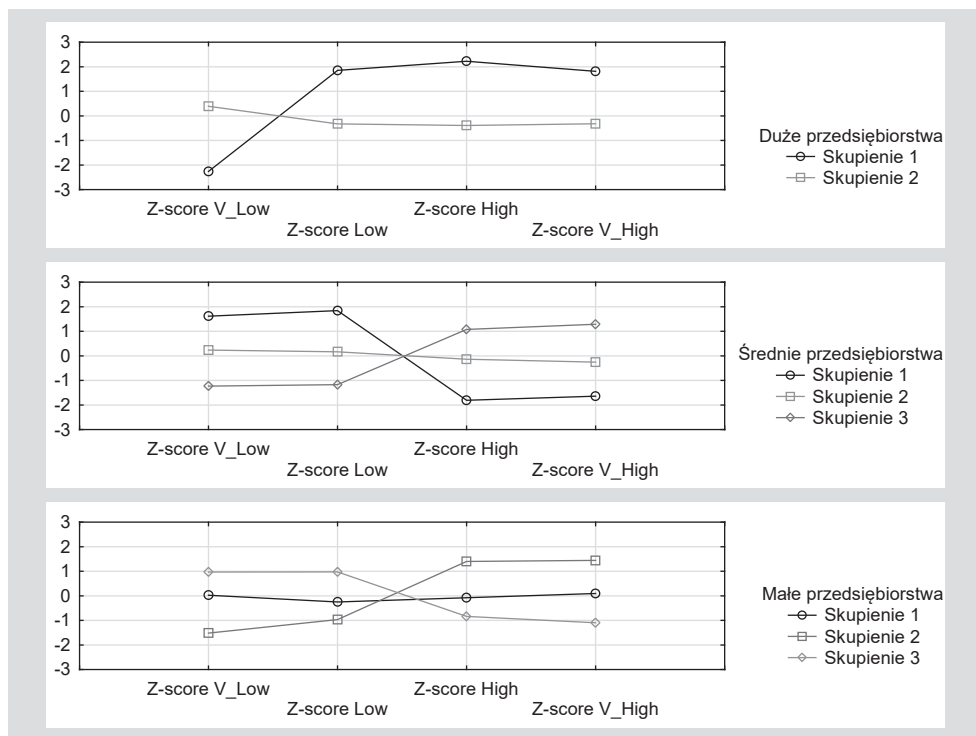


Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Eurostat [ISOC\_E\_DII]

Skupienie pierwsze obejmuje państwa, które wykazują ekstremalne odchylenia od średniej unijnej. Wysokie ujemne wartości Z-score  $V_{Low}$  potwierdzają, że odsetek przedsiębiorstw o bardzo niskiej cyfryzacji jest znikomy. Analogicznie bardzo wysokie dodatnie wartości Z-score  $High$  oraz  $V_{High}$  wskazują na wysoki odsetek przedsiębiorstw posiadających wysoki oraz bardzo wysoki poziom wskaźnika DII. Profil państw w skupieniu drugim cechuje się stabilnością, czego dowodem są wartości Z-score wszystkich kategorii ocen oscylujących blisko średniej unijnej. Duże przedsiębiorstwa w państwach zebranych w tym skupieniu, także w Polsce, posiadają typowy dla UE poziom wskaźnika intensywności cyfrowej.

Wizualizację cyfrowych profili wyodrębnionych skupień zaprezentowano na rycinie 7. Zaczynając od dużych przedsiębiorstw, można dostrzec dwa skupienia: skupienie pionierów cyfrowych i skupienie zrównoważonych cyfrowo, którzy reprezentują uśredniony poziom cyfryzacji w UE. Polska, podobnie jak inne państwa będące w drugim skupieniu, nie odbiega od cyfrowych standardów UE. Widoczne przecięcie profili między poziomami

Rycina 7. Profile średnich wartości ocen intensywności cyfrowej w wyodrębnionych skupieniach z podziałem na wielkość przedsiębiorstw w państwach UE



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Eurostat [ISOC\_E\_DII]

*Low* oraz *High* w segmencie średnich i małych przedsiębiorstw stanowi granicę między liderami a maruderami. Polska w obu przypadkach przynależy do skupienia stabilnie cyfrowego, czego dowodem jest brak znacznych odchyłeń w stosunku do poziomu średniej unijnej (wartość 0 w skali Z-score).

Tabela 4. Charakterystyka podsumowująca oraz zestawiająca wyodrębnione skupienia wśród przedsiębiorstw państw UE

Skupienie	Charakterystyka	Państwa
1 – stabilnie cyfrowi (małe przedsiębiorstwa)	poziom wskaźnika zbliżony do średniej unijnej (Z-score bliski 0)	Austria, Chorwacja, Cypr, Czechy, Estonia, Hiszpania, Irlandia, Luksemburg, Niemcy, Polska, Portugalia, Słowenia
2 – cyfrowi liderzy (małe przedsiębiorstwa)	dominacja wysokiego i bardzo wysokiego wskaźnika DII (wysokie wartości Z-score dla <i>High</i> oraz <i>V_High</i> )	Belgia, Dania, Finlandia, Holandia, Malta, Szwecja
3 – cyfrowi maruderzy (małe przedsiębiorstwa)	przewaga niskiego i bardzo niskiego wskaźnika DII	Bułgaria, Francja, Grecja, Litwa, Łotwa, Rumunia, Słowacja, Węgry, Włochy
1 – cyfrowi maruderzy (średnie przedsiębiorstwa)	przewaga niskiego i bardzo niskiego wskaźnika DII	Bułgaria, Grecja, Rumunia

2 – stabilnie cyfrowi (średnie przedsiębiorstwa)	poziom wskaźnika zbliżony do średniej unijnej (Z-score bliski 0)	Austria, Chorwacja, Cypr, Czechy, Estonia, Francja, Hiszpania, Litwa, Luksemburg, Łotwa, Niemcy, Polska, Słowacja, Słowenia, Węgry, Włochy
3 – cyfrowi liderzy (średnie przedsiębiorstwa)	dominacja wysokiego i bardzo wysokiego wskaźnika DII (wysokie wartości Z-score dla <i>High</i> oraz <i>V_High</i> )	Belgia, Dania, Finlandia, Holandia, Irlandia, Malta, Szwecja
1 – cyfrowi czempioni (duże przedsiębiorstwa)	dominacja wysokiej i bardzo wysokiej oceny DII, brak bardzo niskiej oceny DII	Cypr, Finlandia, Luksemburg, Słowenia
2 – zrównoważeni cyfrowo (duże przedsiębiorstwa)	poziom wskaźnika zbliżony do średniej unijnej (Z-score bliski 0)	Austria, Belgia, Bułgaria, Chorwacja, Czechy, Dania, Estonia, Francja, Grecja, Hiszpania, Holandia, Irlandia, Litwa, Łotwa, Malta, Niemcy, Polska, Portugalia, Rumunia, Słowacja, Szwecja, Węgry, Włochy

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Eurostat [ISOC\_E\_DII]

W tabeli 4 znajduje się zbiorcze podsumowanie wyodrębnionych skupień wraz z przypisanymi do nich państwami. W obrębie małych i średnich przedsiębiorstw w UE istnieje polaryzacja cyfrowa, co skutkuje podziałem cyfrowym w Europie. Jak można zauważyć, wielkość przedsiębiorstwa może niwelować głębsze różnice cyfrowe między przedsiębiorstwami. Polskie przedsiębiorstwa we wszystkich trzech segmentach wielkości przedsiębiorstw trafiły do skupień umiarkowanie cyfrowych – oznacza to, że Polska na tle państw UE jest przeciętna, ani nie jest liderem lub pionierem, ani maruderem cyfrowym.

## WYZWANIA W ZAKRESIE TRANSFORMACJI CYFROWEJ – Dyskusja

Przegląd danych Eurostatu potwierdził dotychczasowe wnioski dotyczące niskiego poziomu cyfryzacji wśród małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP; Szwajca, Rydzewska, 2022). Jak wskazuje tabela 4, stanowiąca podsumowanie wyników badań i wyodrębnionych skupień, wśród MŚP jest niewielu cyfrowych liderów w obu segmentach. Są nimi Belgia, Dania, Finlandia, Holandia, Malta, Szwecja, a wśród średnich przedsiębiorstw – Irlandia. Dotychczasowe badania przeprowadzone wśród polskich przedsiębiorstw wskazują, że transformacja cyfrowa MŚP, choć nieunikniona, w dużej mierze będzie zależała od dostrzeżonych barier. Te z kolei będą różnicować oraz warunkować tempo, zakres i efekty skutecznej transformacji cyfrowej. Zidentyfikowane w literaturze bariery obejmują przede wszystkim dostępność zasobów finansowych oraz technologicznych, kompetencje cyfrowe, otoczenie instytucjonalne, a także zdolność strategiczną do adaptowania modeli biznesowych. Na skuteczne hamowanie wdrażania technologii wpływają również obawa o bezpieczeństwo danych i utrudnienia w finansowaniu (Kania, 2025). W konsekwencji MŚP napotykają trudności w rozwoju, co przekłada się na ich konkurencyjność krajową oraz międzynarodową w stosunku do przedsiębiorstw funkcjonujących dłużej na danym rynku (Abubakar i in., 2019). Dzięki rozwiązaniom i technologiom cyfrowym oferowanym przez transformację cyfrową małe i średnie przedsiębiorstwa mogą lepiej radzić sobie na rynku. Badacze wskazują, że wdrożenie takich rozwiązań i technologii może polepszyć wyniki ekonomiczne małych i średnich przedsiębiorstw, a także przyczynić

się do uzyskania przez nie przewagi konkurencyjnej (Luo, Liu, 2024). Potwierdzają to również inne badania – przedsiębiorstwa podejmujące wysiłki w kierunku transformacji cyfrowej osiągają korzyści w postaci wzrostu produktywności, obniżenia kosztów operacyjnych czy wejścia na nowe rynki zbytu (Kania, 2025). Jednak sama implementacja narzędzi transformacji cyfrowej również może powodować wiele trudności. Przede wszystkim przedsiębiorcy powinni mieć świadomość, że wdrożenie cyfrowych rozwiązań jest czasochłonne. Należy mieć też na uwadze również to, że implementacja ta powinna odpowiadać potrzebom danego przedsiębiorstwa i uwzględniać jego otoczenie rynkowe (Horváth, 2023). Wyzwaniem w tym aspekcie – w kontekście długości wdrażania narzędzi transformacji cyfrowej – mogą być zmienne potrzeby przedsiębiorstwa i jego dynamiczne otoczenie rynkowe. Badacze podkreślają zwłaszcza brak zrozumienia znaczenia transformacji cyfrowej, brak kompetencji i umiejętności cyfrowych, a także niewystarczające zasoby finansowe (Mihu, Herciu, 2024). Podkreśla się też potrzebę rozwoju umiejętności cyfrowych wśród pracowników (Wach i in., 2023). Wspomniane wcześniej ograniczenia w zasobach finansowych i ludzkich mogą stanowić dużo większe wyzwanie dla MŚP w zakresie rozwijania nowoczesnych technologii. Autorzy wskazują, że zaawansowane technologie cechują się dynamicznym rozwojem i wysoką zmiennością, co z kolei wpływa na konieczność ciągłego rozwijania produktów czy usług. Konieczne jest zatem wdrażanie innowacji, aby stale podtrzymać konkurencyjność na rynku (Sabatini, Cucculelli, Gregori, 2022). Pomocne mogą się tu okazać posiadanie przez przedsiębiorstwo działu B+R oraz nakłady na badania i rozwój (Wach, Daszkiewicz, 2023). Innym rodzajem wyzwań, jakie stoją nie tylko przed małymi i średnimi, lecz przede wszystkim przed dużymi przedsiębiorstwami, które wdrożyły już wiele rozwiązań z zakresu transformacji cyfrowej, są kwestie etyczne. W ostatnich latach aby utrzymać konkurencyjną pozycję na rynkach konieczne staje się wdrażanie rozwiązań cyfrowych opartych na sztucznej inteligencji (Cao, Zhai, 2022; Fava, 2023). Równocześnie obserwuje się wiele zjawisk związanych z wykorzystywaniem jej do manipulacji. Obawy społeczeństwa dotyczą również inwigilacji w zakresie etyki, prywatności i bezpieczeństwa danych w środowisku cyfrowym (Sieja, Wach, 2023). Jednak wiele zależy od podjętych działań na szczeblu krajowym. Decydenci odpowiedzialni za uwarunkowania polityczne, gospodarcze oraz ekonomiczne powinni kreować polityki sprzyjające rozwojowi technologii, a tym samym – zachęcające przedsiębiorców do inwestowania w zaawansowane technologie. W konsekwencji konkurencyjność gospodarek na poziomie cyfrowym może wzrosnąć (Jabłoński, Kilar, 2024).

## WNIOSKI

W tym miejscu można odpowiedzieć na postawione pytania badawcze:

- PB1: Polska ma stabilną pozycję względem struktury wskaźnika intensywności cyfrowej w UE, niezależnie od wielkości przedsiębiorstwa. Zaprezentowane profile cyfrowe skupień, do których należy Polska, wykazały, że polskie przedsiębiorstwa mają strukturę bliską średniej unijnej. Świadczy to o braku przynależności do marderów, jak również do cyfrowych liderów.
- PB2: Przedstawione wyniki analizy z zastosowaniem reguły Mojeny wykazały istnienie trzech homogenicznych skupień dla MŚP oraz dwóch skupień dla dużych przedsiębiorstw. W przypadku Polski przynależność do skupień jest wysoce stabilna,

niezależnie od wielkości przedsiębiorstw. Polska wykazuje duże podobieństwa w zakresie struktury wskaźnika DII do takich państw jak Czechy i Austria.

- PB3: Wielkość przedsiębiorstwa stanowi kluczową determinantę w stosunku do struktury wskaźnika DII. Można to dostrzec zwłaszcza wśród MŚP (maruderzy, umiarkowani cyfrowo oraz liderzy). Z kolei wobec dużych przedsiębiorstw wykazano dużą polaryzację na dwa skupienia (liderów i grupę pościgową), co może dowodzić tego, że ta grupa przedsiębiorstw szybciej i łatwiej osiąga status lidera.
- PB4: Dla Polski największym wyzwaniem pozostaje kwestia rozwoju MŚP, które zmagają się z barierą wyjścia z grupy średniego rozwoju intensywności cyfrowej. Wyzwania dla tej grupy przedsiębiorstw obejmują przede wszystkim łatwiejszy dostęp do zasobów finansowych, technologicznych i ludzkich w połączeniu z kompetencjami cyfrowymi. To z kolei może pozwolić na wdrażanie zaawansowanych rozwiązań technologicznych.

Jak można wywnioskować z powyższych rozważań, w obrębie małych i średnich przedsiębiorstw Polskę dzieli znaczna odległość statystyczna zarówno od grupy maruderów, jak i od grupy liderów cyfrowych. Jednocześnie można wskazać barierę rozwojową dla polskich MŚP, która utrudnia przejście do grupy lepszej cyfrowo. Niemniej w kolejnych latach należałoby powtórzyć niniejszą analizę, aby zweryfikować, czy prezentowany podział państw i liczba skupień utrzymały się czy też doszło do przejścia któregoś państwa między skupieniami. Warto również rozważyć głębszą analizę profili cyfrowych na podstawie większej liczby skupień w segmencie dużych przedsiębiorstw. W tych przedsiębiorstwach, mimo wykazania wysokiej konwergencji cyfrowej, pojawiają się podmioty, które wypracowują unikalne profile cyfrowe eliminujące niskie oceny cyfryzacji (skupienie pierwsze w segmencie dużych przedsiębiorstw).

## ZAKOŃCZENIE

Zaprezentowany podział państw UE względem homogenicznych cech na poszczególne klastry – liderów cyfryzacji, umiarkowanych cyfrowo, maruderów – przynosi szersze spojrzenie na cyfrowe profile przedsiębiorstw w zakresie zestawienia ze sobą konwergencji oraz polaryzacji członków Unii. W dłuższej perspektywie taka klasteryzacja pomoże zbadać, czy wyodrębnione skupienia stały się spójniejsze czy bardziej spolaryzowane. Może to mieć znaczenie dla unijnych programów ukierunkowanych na cyfryzację i zmniejszenie przepaści cyfrowej między państwami, a także wyznaczających cele takie jak *Cyfrowa Europa* czy *Drogi ku cyfrowej dekadzie*. Na podstawie ponownej analizy zestawionej z niniejszą pracą można zbadać, czy wybrane państwa osiągnęły status liderów, a UE stała się bardziej jednolita cyfrowo, czy też doszło do pogłębienia polaryzacji (*digital divide*) – luki cyfrowej między wybranymi państwami. Przeprowadzone badania mogą pomóc kształtować politykę wsparcia cyfrowego na szczeblach unijnym i krajowym. Ponadto w ramach przeprowadzonych badań pozwolą ocenić efektywność dotychczasowych programów wspierających cyfryzację przedsiębiorstw na podstawie awansu bądź spadku państw do danego skupienia. Zastosowana analiza skupień ma jednak pewne bariery. Wynikają one, po pierwsze, z ograniczonego publicznego dostępu do mikrodanych umożliwiających odtworzenie wartości DII na poziomie pojedynczych przedsiębiorstw oraz przeprowadzenie analizy na poziomie jednostkowym. Po drugie bariery te wiążą się z charakterem danych kompozycyjnych, a po trzecie – z konstrukcją opartą na ocenie binarnej oraz zmianach w składzie wskaźnika DII na przestrzeni lat,

co ogranicza porównywalność czasową. Zaleca się przy tym pogłębioną analizę skupień z podziałem na większą liczbę grup w obrębie dużych przedsiębiorstw. Zaprezentowane wyniki z podziałem na wielkość przedsiębiorstwa pozwoliły przejść od zwykłego rankingu do głębszej interpretacji strukturalnej z zastosowaniem klasteryzacji. W tym kontekście klasyfikacja danego państwa w skupieniu może zostać potraktowana jako zmienna objaśniająca w ramach zastosowania bardziej zaawansowanych metod, takich jak np. modele regresji.

## Literatura

## References

- Abubakar, Y.A., Hand, C., Smallbone, D., Saridakis, G. (2019). What specific modes of internationalization influence SME innovation in Sub-Saharan least developed countries (LDCs)? *Technovation*, 79(C), 56–70. doi: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2018.05.004>
- Aitchison, J. (1982). The Statistical Analysis of Compositional Data. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 44(2), 139–177.
- Bałecka, W. (2025). Transformacja cyfrowa w sektorze małych i średnich przedsiębiorstw w Unii Europejskiej. *Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej. Zarządzanie*, 57, 7–23. <https://doi.org/10.17512/znpcz.2025.1.01>
- Banaszyk, P., Deszczyński, P., Gorynia, M., Malaga, K. (2021). The Covid-19 pandemic as a potential change agent for selected economic concepts. *Entrepreneurial Business and Economics Review*, 9(4), 35–50. <https://doi.org/10.15678/EBER.2021.090403>
- Bombińska, E. (2025). Międzynarodowa pozycja konkurencyjna Polski w handlu usługami ICT w latach 2010–2023: rynek UE versus rynki pozaunijne. *Prace Komisji Geografii Przemysłu Polskiego Towarzystwa Geograficznego*, 39(1), 55–75. <https://doi.org/10.24917/20801653.391.4>
- Britchenko, I. (2024). Transformacja cyfrowa i tworzenie innowacyjnej gospodarki Unii Europejskiej. *Rocznik Administracji Publicznej*, 10, 311–332. <https://doi.org/10.4467/24497800RAP.24.019.20237>
- Cabańska, J., Czyżewska-Miształ, D., Perska, A. (2024). W stronę zrównoważonej i cyfrowej gospodarki – o wyzwaniach podwójnej transformacji w Unii Europejskiej. W: J. Cabańska, D. Czyżewska-Miształ, G. Mazur (red.), *Droga do zrównoważonej gospodarki światowej*. Poznań: Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, 19–30. <https://doi.org/10.18559/978-83-8211-245-0/1>
- Cao, Y., Zhai, J. (2022). A survey of AI in finance. *Journal of Chinese Economic and Business Studies*, 20(2), 125–137. <https://doi.org/10.1080/14765284.2022.2077632>
- Choczyńska, A., Rani, S., Tora, J. (2024). Comparison of international digitalisation indexes: A quantitative analysis perspective. *International Entrepreneurship Review*, 10(2), 25–42. <https://doi.org/10.15678/IER.2024.1002.02>
- Corvello, V., De Carolis, M., Verteramo, S., Steiber, A. (2022). The digital transformation of entrepreneurial work. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*, 28(5), 1167–1183. <https://doi.org/10.1108/IJEBR-01-2021-0067>
- Eurostat. (2024, 12 grudnia). Digital Intensity by size class of enterprise (isoc\_e\_dii). Pozyskano z: [https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/isoc\\_e\\_dii\\_esmsip2.htm](https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/isoc_e_dii_esmsip2.htm) (dostęp: 20.06.2026).
- Faith, M.K. (2015). Centered Log-Ratio (clr) Transformation and Robust Principal Component Analysis of Long-Term NDVI Data Reveal Vegetation Activity Linked to Climate Processes. *Climate*, 3(1), 135–149. <https://doi.org/10.3390/cli3010135>
- Fava, D. (2023). The Future of Tax Planning: Leveraging Generative AI in High-Net-Worth Contexts. *Journal of Financial Planning*, 36(10), 54–57.
- Gatnar, E., Walesiak, M. (red.). (2004). *Metody statystycznej analizy wielowymiarowej w badaniach marketingowych*. Wrocław: Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu.
- Głodowska, A., Maciejewski, M., Wach, K. (2023). Navigating the digital landscape: A conceptual framework for understanding digital entrepreneurship and business transfor-

- mation. *International Entrepreneurship Review*, 9(4), 7–20. <https://doi.org/10.15678/IER.2023.0904.01>
- Harari, Y.N. (2018). *21 lekcji na XXI wiek*. Kraków: Wydawnictwo Literackie.
- Horváth, Á.B. (2023). Different approach of the digital transformation at SME. *Acta Polytechnica Hungarica*, 20(9), 145–164. <https://doi.org/10.12700/APH.20.9.2023.9.9>
- Jabłoński, M., Jabłoński, A., Szpitter, A.A. (2020). Dynamika modeli biznesu przedsiębiorstw w gospodarce cyfrowej-perspektywa monetyzacji. W: S.Gregorczyk, G.Urbaneck (red.), *Zarządzanie strategiczne w dobie cyfrowej gospodarki sieciowej*. Łódź: Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, 295–314. <https://doi.org/10.18778/8220-335-6.18>
- Jabłoński, M., Kilar, W. (2024). Differentiation and dynamics of industrial activity in Poland from 2005 to 2020. *Studies of the Industrial Geography Commission of the Polish Geographical Society*, 38(2), 29–47. doi: <https://doi.org/10.24917/20801653.382.2>
- Kania, M. (2025). Cyfrowa transformacja sektora MŚP – bariery, korzyści i przyszłe scenariusze rozwoju. *Rozprawy Społeczne/Social Dissertations*, 19(1), 261–276. <https://doi.org/10.29316/rs/211185>
- Kraus, S., Jones, P., Kailer, N., Weinmann, A., Chaparro-Banegas, N., Roig-Tierno, N. (2021). Digital Transformation: An Overview of the Current State of the Art of Research. *SAGE Open*, 11(3). <https://doi.org/10.1177/21582440211047576>
- Luo, S., Liu, J. (2024). Enterprise service-oriented transformation and sustainable development driven by digital technology. *Scientific Reports*, 14(10047). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-60922-w>
- Migdał-Najman, K., Najman, K. (2013). Analiza porównawcza wybranych metod analizy skupień w grupowaniu jednostek o złożonej strukturze grupowej. *Zarządzanie i Finanse*, 11(3), 179–194.
- Mihu, C., Herciu, M. (2024). Digital transformation: A quantitative analysis of Romanian SMEs. *Studies in Business and Economics*, 19(1), 137–166. <https://doi.org/10.2478/sbe-2024-0008>
- Milligan, G.W., Cooper, M.C. (1985). An examination of procedures for determining the number of groups in a data set. *Psychometrika*, 50(2), 159–179. <https://doi.org/10.1007/BF02294245>
- Noviello, M. (2026). Zastosowanie technologii Digital Twin w edukacji zawodowej jako odpowiedź na wyzwania Przemysłu 4.0. *Prace Komisji Geografii Przemysłu Polskiego Towarzystwa Geograficznego*, 40(1), 73–90. <https://doi.org/10.24917/20801653.401.5>
- Pereira, C.S., Durão, N., Moreira, F., Veloso, B. (2022). The Importance of Digital Transformation in International Business. *Sustainability*, 14(2, 834), 1–26. <https://doi.org/10.3390/su14020834>
- Roszko-Wójtowicz, E. (2014). Analiza skupień w ocenie warunków pracy w krajach Unii Europejskiej. *Wiadomości Statystyczne. The Polish Statistician*, 11, 65–84.
- Sabatini, A., Cucculelli, M., Gregori, G.L. (2022). Business model innovation and digital technology: The perspective of incumbent Italian small and medium-sized firms. *Entrepreneurial Business and Economics Review*, 10(3), 23–35. <https://doi.org/10.15678/EBER.2022.100302>
- Sieja, M., Wach, K. (2023). Revolutionary artificial intelligence or rogue technology? The promises and pitfalls of ChatGPT. *International Entrepreneurship Review*, 9(4), 101–115. <https://doi.org/10.15678/IER.2023.0904.07>
- Stanisz, A. (2007). *Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny*. T. 3: *Analizy wielowymiarowe*. Kraków: StatSoft Polska.
- Szwajca, D., Rydzewska, A. (2022). Digital transformation as a challenge for SMES in POLAND in the context of crisis relating to Covid-19 pandemic. *Zeszyty Naukowe. Organizacja i Zarządzanie / Politechnika Śląska*, 161, 289–305. <https://doi.org/10.29119/1641-3466.2022.161.20>
- Śledziewska, K., Włoch, R. (2020). *Gospodarka cyfrowa. Jak nowe technologie zmieniają świat*. Warszawa: Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego.
- Van der Linden, R.W., Łasak, P. (2023). *Financial interdependence, digitalization and technological rivalries*. Cham: Palgrave MacMillan. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-27845-7>
- Vangjel, X. (2021). New business models generated by technological innovation. *The Annals of the University of Oradea Economic Sciences*, 30(2), 26–34. [https://doi.org/10.47535/1991AUOES30\(2\)002](https://doi.org/10.47535/1991AUOES30(2)002)

- Wach, K., Daszkiewicz, N. (2023). Role of research and development in internationalization of high-tech firms: Empirical results from Poland. *Journal of International Studies*, 16(4), 245–256. <https://doi.org/10.14254/2071-8330.2023/16-4/16>
- Wach, K., Duong, C.D., Ejdys, J., Kazlauskaitė, R., Korzynski, P., Mazurek, G., Paliszkiwicz, J., Ziemia, E. (2023). The dark side of generative artificial intelligence: A critical analysis of controversies and risks of ChatGPT. *Entrepreneurial Business and Economics Review*, 11(2), 7–30. <https://doi.org/10.15678/EBER.2023.110201>
- Walesiak, M. (2011). Odległość GDM2 w analizie skupień dla danych porządkowych z wykorzystaniem programu R. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 176, 40–52.
- Witczak-Roszkowska, D. (2021). Cyfryzacja polskich przedsiębiorstw na tle wybranych krajów europejskich. *Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy*, 65, 90–108. <https://doi.org/10.15584/nsawg.2021.1.5>
- Żur, A., Wałęga, A. (2023). Internationalization and innovation orientation as factors of employee learning and development adaptation during Covid-19: Evidence from Polish SMEs. *Entrepreneurial Business and Economics Review*, 11(1), 77–91. <https://doi.org/10.15678/EBER.2023.110104>

Autor składa serdeczne podziękowania Panu prof. dr. hab. Krzysztofowi Wachowi oraz Pani prof. UEK, dr hab. Agnieszce Głodowskiej za cenne uwagi, inspirujące dyskusje oraz wsparcie merytoryczne na etapie przygotowywania niniejszego artykułu.

The author wishes to express his sincere gratitude to Professor Krzysztof Wach and Professor Agnieszka Głodowska for their valuable comments, inspiring discussions, and substantive support during the preparation of this article.

Publikacja prezentuje wyniki badań naukowych przeprowadzonych w ramach projektu nr 039/EEZ/2026/POT finansowanego ze środków subwencji przyznanej Uniwersytetowi Ekonomicznemu w Krakowie.

The publication/article presents the results of the project no. 039/EEZ/2026/POT financed from the subsidy granted to the Krakow University of Economics.

**Jakub Misztal**, mgr, doktorant w Szkole Doktorskiej Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie w dyscyplinie ekonomia i finanse oraz absolwent Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie. Laureat Studenckiego Nobla 2025 w kategorii nauki ekonomiczne, absolwent programu UEK Honours WISE, uczestnik II edycji programu Science-Up i programu Mistrzowie Dydaktyki. Posiadacz Europejskiego Certyfikatu Bankowca EFCB 3E, czterokrotny stypendysta stypendium Rektora UEK, laureat Nagrody Santander Universidades dla Najlepszego Studenta Instytutu Ekonomii Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie w roku akademickim 2022/2023, prelegent na kilkudziesięciu konferencjach naukowych o zasięgu ogólnopolskim lub międzynarodowym, a także autor lub współautor kilku publikacji naukowych. Jego zainteresowania naukowo-badawcze obejmują m.in. mikroekonomię, gospodarkę cyfrową, wykorzystanie technologii cyfrowych, strategię konkurencyjności oraz bankowość elektroniczną i e-commerce.

**Jakub Misztal**, MA, PhD student at the Doctoral School of Krakow University of Economics in the discipline of Economics and Finance, and a graduate of the Krakow University of Economics. Winner of the 2025 Student Nobel Prize in Economic Sciences, graduate of the UEK Honours WISE program, participant in the 2nd edition of the Science-Up program, and participant in the *Mistrzowie Dydaktyki* Program. Holder of a European Foundation Certificate in Banking (EFCB 3E). A four-time recipient of the Rector's Scholarship, and winner of the Santander Universidades Award for students from Krakow University of Economics in the 2022/2023 academic year. He presents his research at national and international scientific conferences and is the author or co-author of several academic publications. His research interests include microeconomics, the digital economy, the use of digital technologies, competitiveness strategies, electronic banking and e-commerce.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3337-9948>

#### Adres / Address:

Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie  
Szkoła Doktorska  
ul. Rakowicka 27  
31-510 Kraków, Polska  
e-mail: 1002179@student.uek.krakow.pl

## SPIS TREŚCI

Wstęp .....	3
LYUBOMYR SOZANSKYI	
Intersectoral Linkages in European Economies: a Comparative Analysis of Germany, Poland and Slovakia .....	7
WIOLETTA KILAR, PATRYCJA NOWOSIELSKA	
Społeczno-ekonomiczne i środowiskowe skutki restrukturyzacji Kopalni Węgla Kamiennego Bobrek–Piekary w Piekarach Śląskich.....	23
JAKUB MISZTAŁ	
Poziom cyfryzacji polskich przedsiębiorstw: diagnoza i wyzwania.....	43

## CONTENTS

Introduction .....	5
LYUBOMYR SOZANSKYI	
Intersectoral Linkages in European Economies: a Comparative Analysis of Germany, Poland and Slovakia .....	7
WIOLETTA KILAR, PATRYCJA NOWOSIELSKA	
Socio-Economic and Environmental Effects of the Restructuring of the Bobrek–Piekary Hard Coal Mine in Piekary Śląskie .....	23
JAKUB MISZTAL	
The level of digitization of Polish enterprises: diagnosis and challenges .....	43