

ISSN 2450-8055
eISSN 2543-8867

ZESZYTY NAUKOWE

Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Ekonomika i Organizacja Logistyki

Scientific Journal of Warsaw University of Life Sciences

Economics and Organization of Logistics

7 (2) 2022

ZESZYTY NAUKOWE
Szkoly Główniej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Ekonomika i Organizacja Logistyki

Scientific Journal of Warsaw University of Life Sciences

Economics and Organization of Logistics

7 (2) 2022

SCIENTIFIC BOARD

Bogdan Klepacki, Warsaw University of Life Sciences – SGGW (Chairman) **Theodore R. Alter**, Pennsylvania State University, USA; **Spyros Binioris**, Technological Educational Institute of Athens, Greece; **Georgij Cherevko**, Lviv State Agrarian University, Ukraine; **James W. Dunn**, Pennsylvania State University, USA; **Wojciech Florkowski**, University of Georgia, USA; **Piotr Gradziuk**, Institute of Rural and Agricultural Development, Polish Academy of Sciences (PAN); **Elena Horska**, Slovak University of Agriculture in Nitra, Slovakia; **Marianna Jacyna**, Warsaw University of Technology; **Qi Jun Jiang**, Shanghai Ocean University, China; **Stanisław Krzyżaniak**, Institute of Logistics and Warehousing in Poznań; **Radim Lenort**, Technical University of Ostrava, Czech Republic; **Xenie Lukoszová**, VŠB – Technical University of Ostrava, Czech Republic; **Iwo Nowak**, Stanisław Staszic University of Applied Sciences in Piła; **Olena Slavkova**, Sumy State University, Ukraine; **Bojan Rosi**, University of Maribor, Slovenia; **Elżbieta J. Szymańska**, Warsaw University of Life Sciences – SGGW; **Maria Tsirintani**, Technological Educational Institute of Athens, Greece

EDITORIAL BOARD

Elżbieta J. Szymańska (Editor-in-Chief)

Thematic Editors: **Marta Zięba** (language editor; efficiency in logistics); **Joanna Domagała** (warehouse management); **Aleksandra Górecka** (logistic infrastructure); **Konrad Michalski** (logistic systems and IT systems in logistics); **Tomasz Rokicki** (transport and spedition); **Monika Roman** (optymalizacja procesów logistycznych); **Elżbieta J. Szymańska** (supply chains and costs in logistics); **Michał Wielechowski** (logistics in the economy); **Marcin Wysokiński** (hazardous materials and OHS in logistics).

Sławomir Stec (editorial secretary)

web page: eiol.wne.sggw.pl

Cover design – Elżbieta J. Szymańska

Editor – Dominika Cichocka

Technical editor – Violetta Kaska

ISSN 2450-8055 eISSN 2543-8867

Warsaw University of Life Sciences Press
Nowoursynowska St. 161, 02-787 Warsaw
tel. 22 593 55 20 (-22, -23 – sale),
e-mail: wydawnictwo@sggw.edu.pl
www.wydawnictwosggw.pl

Contents

Spis treści

Paweł Andrzejczyk

Logistics of potato cultivation in terms of reverse logistics
Logistyka uprawy ziemniaka w zakresie logistyki zwrotnej 5

Jarosław Brach

Ekonomiczno-ekologiczne aspekty wdrożenia zestawów klasy LHV-LZV do obsługi łańcuchów dostaw w ramach ciężkiej dystrybucyjnej logistyki ostatniej mili w miastach – przykład Holandii
Economic and ecological aspects of the implementation of LHV/LZV-class sets to support supply chains as part of the last mile heavy distribution logistics in cities – the example of the Netherlands 19

Paweł Hoser, Luiza Ochnio

Komputerowe wspomaganie układania planu zajęć oparte na wybranych metodach heurystycznych
Computer-aided class timetable planning based on selected heuristic methods 37

Andrzej Jezierski

Zarządzanie łańcuchami dostaw żywności w czasie pandemii COVID-19 – wybrane problemy
Managing food supply chains during the COVID-19 pandemic – selected problems 51

Michał Pietrzak, Joanna Domagała

A strategy map as a framework of a shared mental model for interactive control systems
Mapa strategii jako schemat współdzielonego modelu mentalnego dla systemu kontroli interaktywnej 67

Sławomir Stec

Wpływ pandemii koronawirusa na mobilność Polaków
Impact of the coronavirus pandemic on the mobility of Poles 97

Dariusz Strzębicki

Metody dostaw w sklepach internetowych z produktami żywnościowymi
Delivery methods in online food shops 113

Martyna Wilczewska

Rozwój systemów kolejowego transportu pasażerskiego w krajach Grupy Wyszehradzkiej i krajach bałtyckich
The development of passenger rail transport systems in the Visegrád and Baltic countries 125

Paweł Andrzejczyk✉

Witelon Collegium State University

Logistics of potato cultivation in terms of reverse logistics

Logistyka uprawy ziemniaka w zakresie logistyki zwrotnej

Abstract: In the era of growing competition against Poland's agriculture from other farms in the European Union, looking for competitive advantages and optimal use of available resources is necessary. The changing market and legal environment force Polish farmers to look for new solutions that will increase production efficiency and the competitiveness of farms. The law imposes methods of achieving the development of agricultural entities, but also carries numerous limitations and restrictions in their operation. One of the basic trends observed in international and domestic law is the development of all entities in Poland based on the assumptions contained in the concept of sustainable development. Therefore, it seems reasonable to implement logistic and ecological strategies on farms in Poland growing potatoes. The article presents the basic issues related to implementing ecological concepts for Polish farms engaged in potato production and the factors determining their development.

Key words: potato cultivation, logistics, ecology, sustainable development, Polish farms

Synopsis. W dobie rosnącej konkurencji z polskim rolnictwem ze strony gospodarstw rolnych Unii Europejskiej konieczne jest poszukiwanie przewag konkurencyjnych i optymalnego wykorzystania dostępnych zasobów. Zmieniający się rynek i otoczenie prawne zmuszają polskich rolników do poszukiwania nowych rozwiązań, które zwiększą efektywność produkcji i konkurencyjność gospodarstw. Prawo narzuca metody osiągnięcia rozwoju podmiotów rolnych, ale także niesie ze sobą liczne ograniczenia i ograniczenia w ich funkcjonowaniu. Jednym z podstawowych trendów obserwowanych w prawie międzynarodowym i krajowym jest rozwój wszystkich polskich podmiotów na podstawie założeń zawartych w koncepcji zrównoważonego rozwoju. Dlatego zasadne wydaje się wdrożenie strategii logistycznych i ekologicznych w polskich gospodarstwach uprawiających ziem-

✉ Witelon Collegium State University; Faculty of Technical and Economic Sciences;
e mail: andrzejczyk@o2.pl; <https://orcid.org/0000-0002-8696-573X>

niaki. W artykule przedstawiono podstawowe zagadnienia związane z wdrażaniem koncepcji ekologicznych w polskich gospodarstwach zajmujących się produkcją ziemniaków oraz czynniki determinujące ich rozwój.

Słowa kluczowe: uprawa ziemniaków, logistyka, ekologia, zrównoważony rozwój, polskie gospodarstwa rolne

JEL codes: Q10, Q12, Q19, Q56, R11

Introduction

In Poland, about 60% of the country's total area is used by farms, which, while conducting their basic activities, impacts not only the condition of the natural environment, but also the structure of local markets and the development of specific social behavior in a given region or even country. Every farmer is aware that apart from producing agri-food products, they are responsible for maintaining the cleanliness of the environment and its natural and landscape values for future generations [Grabczyńska 2018]. This situation applies to potato producers in Poland too.

It is often stated that Poland was, for many decades, the “potato basin”. The cultivation of potatoes in the country by the Vistula River has often been compared to the cultivation of oranges, hence, for example, the term referring to the Wielkopolska region, which was called “the Kingdom of underground oranges” [Krugielka 2021].

The good times related to potato cultivation are now behind us, as there has been a breakthrough and a general decline in the cultivation acreage of this plant from 321,000 hectares of potato cultivation in 2017 to 226,000 hectares in 2020. Such a situation results, for example, from a change in human food preferences and a change in the approach to feeding pigs. This causes concerns among many farmers about the profitability of potato production and raises the question of whether the trends in reducing the area of potatoes in Poland will continue to be maintained. Agricultural producers are looking for factors contributing to reducing the size of potato production in Poland, and above all, they are considering the nature of activities aimed at increasing the profitability of potato production.

In view of the above, it seems reasonable to answer the question of what impact can the use of known logistic solutions have on the potato production process. It is known that logistics concepts are currently undergoing a transformation in such a way that they can

Table 1. Potato cultivation acreage in Poland in 2017–2020

Tabela 1. Powierzchnia uprawy ziemniaków w Polsce w latach 2017–2020

Year	Potato cultivation area in Poland (PIORiN estimates) [ha]	Potato cultivation area in Poland [ha]
2017	–	321,000
2018	289,524	291,000
2019	284,123	303,000
2020	275,451	226,000
2021		236,000

Source: own study based on data from GUS and PIORiN.

comprehensively support the supply chains of farms in Poland, including those involved in the cultivation of potatoes.

Still, despite the changes taking place in the agri-food markets, the known and used logistic tools do not constitute the basis for planning the strategy for the functioning of farms in Poland; this also applies to those entities that grow potatoes (Figs 1 and 2). This is due, *inter alia*, to the fact that Polish farmers mostly carry out production based on well-known, conventional methods, which are based on known and proven supply and distribution systems. The indicated systems operate based on groups of independent wholesalers, retailers and intermediaries. This means that both potato production in Poland and the planning of individual stages of its production are based on entities that usually function as independent links that determine themselves, which are not related to each other by relations that may impose a form of cooperation. They are, at best, loosely integrated into the food logistics chain. Due to this state of affairs, farms that grow potatoes have a limited ability to control the physical flow of raw materials and final products, which in turn may make it difficult to maintain the leading share of Poland in potato production [Andrzejczyk and Rajczakowska 2020].

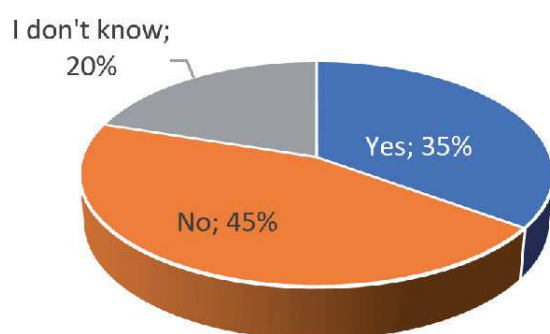


Figure 1. Share of farms using logistic tools
Rysunek 1. Udział gospodarstw korzystających z narzędzi logistycznych
Source: [Andrzejczyk and Rajczakowska 2020].

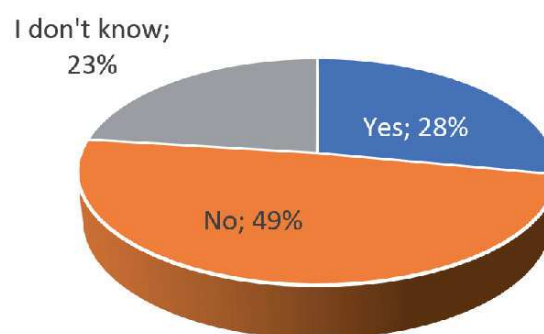


Figure 2. Share of farms using ecologicistic tools
Rysunek 2. udział gospodarstw stosujących narzędzia ekologiczne
Source: [Andrzejczyk and Rajczakowska 2020].

Therefore, the aim of the presented article is to identify the phenomenon related to the implementation of logistic concepts in the development of farms in Poland that deal with potato cultivation based on the available logistic and ecologicistic tools and to determine the current level of knowledge in potato farms for the application of these tools. The article was prepared based on the analysis of formal and legal documents and normative acts in force in the described area, as well as surveys carried out on farms located in Lower Silesia and in the Opolskie and Wielkopolskie voivodships. The research was carried out in a group of 51 farms selected by agricultural advisors cooperating with them. Their selection was purposeful (farms producing potatoes for the market).

These studies were compared with the studies carried out in 2022 for the purposes of the article prepared by Andrzejczyk and Rajczakowska [2020], entitled: Ecologicistics as an integral element of the sustainable development of farms in Poland.

This study is a starting point for the next article, which will compare the described ecologicistic systems related to the functioning of farms in Poland involved in the cultivation of potatoes in the aspect of the competitiveness of Poland's agricultural industry.

Logistics and ecology as an element of potato cultivation for farms in Poland

Observing the entire nineteenth century, the following decades of the twentieth century and the first two decades of the twenty-first century, developed countries lived an increasing cult of modernity. Unfortunately, the threats and environmental disasters in the environment, which as a result of human activity, i.e., world wars, the Chernobyl nuclear reactor failure, the destruction of the biosphere after the Persian Gulf War, and recently a new conflict in Ukraine, will make society aware that the socio-economic development known to us is man-made and not safe. Therefore, based on the management of world civilization crises and the need to constantly modernize processes, it became necessary to create a development that would be sustainable, assuming respect for social, environmental and economic factors. In the literature on the subject, it is interchangeably referred to as sustainable development, in other words, eco-development, and most often sustainable development [Zarzecka 2014].

Sustainable development is in line with the assumptions of the Action Program of the Ministry of Agriculture and Rural Development for 2015–2019, which clearly outlines the actions that should be taken to equalize the standard of living of farming families and other rural residents compared to urban residents in Poland. Based on the above-mentioned assumptions, the Government of Poland is to ensure a stable situation in basic agricultural markets by creating economic processes in food chains in such a way as to enable the sustainable development of rural areas and effective land management. The above assumptions are reflected in the Strategy for Responsible Development of Polish Villages until 2020, with a perspective until 2030, as well as in other strategic documents prepared by the Ministry of Agriculture [Jurgiel 2018].

It is worth mentioning here that from 2020, the “Program for the Polish Potato”, developed by the Ministry of Agriculture and Rural Development in 2018, is a response to the needs of the entire sector of potato producers, processors and distributors. The program is a comprehensive analysis of the most important problems affecting the industry and defines actions to solve them. In line with the assumptions of the above document, an opportunity is seen for potato producers in Poland to increase the scale of cultivation and profitability of production through an increase in demand for potatoes in the domestic and international markets. The program indicates both the sources of competition for potatoes produced in Poland and the barriers to exporting this product abroad. The necessity to conduct thorough phytosanitary inspections was also indicated, which is due to the quite frequent detection of the quarantine organism *Clavibactermichiganensis* spp. *Sepedonicus* (Cms) causing potato ring rot. Based on the above-mentioned risk, in professional potato production, the obligation to plant only such propagation material that is free from bacteriosis was introduced. It is assumed that the proposals contained in the Program for the Polish Potato should help to organize the potato market in the country and increase the export of this product outside our country [Nowacki 2018].

Currently, in the age of the ongoing conflict in Ukraine, we are witnessing a collapse in the liquidity of all kinds of logistics chains, including those related to the logistics of agri-food products. An extremely important issue is the effective use of logistics in agricultural production, including that related to the cultivation of potatoes.

In connection with the above, it should be noted that the idea of integrated potato production is not to obtain a very high yield of tubers, but to produce a good potato that is safe for the health of consumers. This goal should be achieved with the lowest possible use of plant protection products (pesticides). Since integrated potato plant production is a technology that fits between conventional systems, which, unfortunately, are characterized by high inputs and costs, but thanks to this, we get relatively high yields, and purely ecological systems, in which the main goal is usually almost complete elimination of costs. Therefore, the use of synthetic protective preparations and fertilizers is abandoned, which translates into low expenditure, and this, in turn, brings lower yields [Nowacki 2020].

Considering the above, it should be clearly emphasized that the requirements of the potato market forces agricultural producers to correlate the size of the desired yields with their own needs and specific behaviors and trends of the market, which is currently not very stable. Today, it is not enough just to try to maximize the yield. Potato producers must strive to achieve the quality required by the end user. Currently, the quality of the potato is controlled at every stage of its production by inspectors, who are responsible for both the producer and the recipient. That is why it becomes so important to skillfully use logistic tools in the process of potato cultivation. This results from the need to adapt the entire potato cultivation program, which takes into account all its aspects from the moment of selecting the target customer, then the future cultivar, planting density and agrotechnical treatments, which also include measures to eliminate adverse situations, e.g. drought and potato disease, all the way to the activities related to reverse logistics, in which the maximum minimization of losses in the potato production process as well as production-related processes in this area should be achieved. All this should result in a high-quality crop that will fully meet the expectations of customers/consumers in the future.

From a logistic point of view, the production/cultivation of potatoes can be largely reduced to four stages of cultivation (Fig. 3). Each of these stages is extremely important and includes many components, which – depending on the potato variety selected by the farmer and the chosen place of cultivation – outline specific agrotechnical procedures. From the point of view of logistics, it is important that the planning process takes into account all the components that will optimize the cultivation process in terms of minimizing the formation of unwanted products/waste, which are very difficult to predict in the process of growing potatoes. This is due to, for example, the appearance of unplanned agrotechnical procedures and environmental disasters (e.g., floods, droughts, fires, plant diseases, and pests).

A big problem reported by farmers growing potatoes and other crops is the lack of enough places where farmers can utilize waste generated in the process of potato cultivation. Among others, we are talking here about all kinds of fertilizer and plant protection product packaging. Therefore, it is important to take into account reverse logistics at each stage of potato production/cultivation. Thanks to its application, we can obtain a way to minimize losses and maximize profits on a global basis. Coming back to the problem of unwanted fertilizer packaging, some farmers use them to sell specially processed soil or soil mixed with manure. This required farmers to purchase a heat sealer or bag sewing machine and learn how to properly cut the fertilizer bags. This solution, however, brought

several benefits in the form of getting rid of the disposal problem of unwanted fertilizer bags, savings in the purchase of packaging for the offered product, the appearance of a new product in the farmer's range and most importantly, improvement of the image as an ecological unit.

Mentioning the stages of potato production/cultivation, it should be noted that this process lasts all year round, even in winter. When the potato is not cultivated, it is stored, and in the early spring, we prepare its cultivation by preparing seed potatoes. As can be seen in Figure 3, the process of potato cultivation starts at the beginning of spring (it can also be assumed that the beginning of potato cultivation takes place in the fall. This is due to the preparation of the field during this period using appropriate agrotechnical measures. Potato cultivation follows a cycle of four stages, starting with stage I). Below is a simplified process for growing a potato [Lutomirska 2008].

1. The first stage requires a series of agrotechnical treatments to prepare the potato growing area, often starting with collecting the forecrop, covering its effects, leveling the surface, collecting stones, and proper fertilization. During these treatments, we also prepare and plant seed potatoes for cultivation. After these treatments, we move on to the planting process, which, depending on the type of potato and its intended use, requires selecting the appropriate technology. After the potato has been planted, the level of weed infestation should be monitored.
2. Stage II requires appropriate agrotechnical measures in the form of mechanical removal of weed infestation and possible treatments against diseases and pests. Nowadays, irrigation of arable lands is becoming extremely important due to the occurrence of droughts.

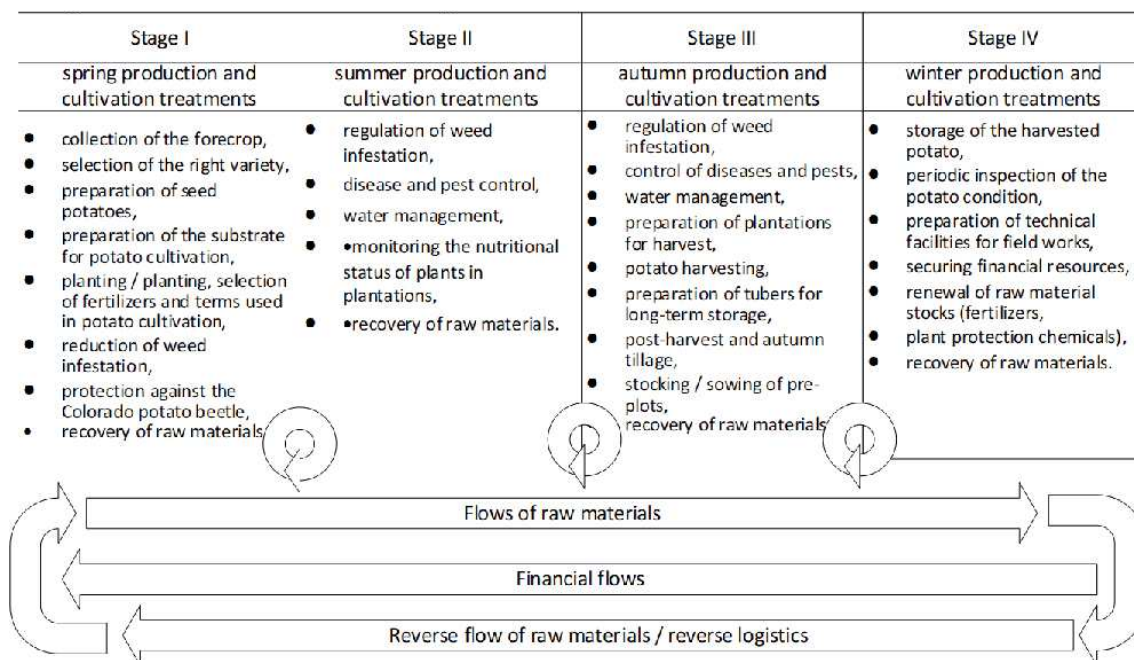


Figure 3. Stages of potato production/cultivation in terms of logistics
 Rysunek 3. Etapy produkcji/uprawy ziemniaka w aspekcie logistycznym

Source: own study.

3. Stage III contains the same components as the second stage, supplemented with preparations for digging up potatoes and harvesting them from the field. When harvesting potatoes, work should be carried out in such a way that as few potato tubers as possible are damaged. After the harvest, the raw materials should be sorted according to quality and purpose. At this point, it is worth mentioning the basic purpose of potatoes. The simplest division of potato production divides it by intended use, i.e., for own and commercial purposes. The second division, very common in the industry, classifies potato production according to its use. In this category, potatoes are divided into: potatoes for direct consumption, potatoes for processing, potatoes for starch production, and potatoes for the production of seed potatoes. Each type of potato has specific parameters that should be borne in mind when selecting the crop type, cultivating it and assessing the harvested crop. These parameters are summarized in Table 2.

Table 2. The expected parameters of the potato according to its intended use

Tabela 2. Oczekiwane parametry ziemniaka w zależności od jego przeznaczenia

Destiny of the potato	Description of the requirements
Potatoes intended for direct consumption	The consistency, mealiness, moisture and structure of the flesh are determined according to four types of use: type A – salad, type B – general use, type C – mealy, and type D – very mealy.
Potatoes for processing	Potatoes intended for processing should be of even shape, standard size and quality from one end of the tuber to the other. For french fries and crisps, a high dry matter content in the tubers is necessary to achieve the desired frying color. Standard color charts are used by processors to achieve frying color stability. In the past, potato contracts started with a requirement of 18% dry weight in tubers as a minimum for processing into crisps and french fries. Nowadays, potatoes with a dry matter content of 20–25% are sought. Some sugars – especially reducing sugars – must be low; otherwise, the fries or crisps will start to darken during frying. Agreements usually specify an acceptable amount of reducing sugars. For french fries, these values are usually in the range of 0.25–0.5%, while for crisps, the optimal content is 0.05–0.15%, and the maximum allowable is 0.3% of the fresh weight.
Production of starch	Tubers containing more than 13 % starch are recommended. The higher the starch content, the less waste from its production. Potato tubers contain starch granules of very different sizes (0.4–4.0 compared to 0.2–1.6 in cereals) and a high phosphate content. The quality of the starch affects the final product quality, especially its viscosity. The varieties that meet the requirements of starch potatoes are culinary varieties C and D – floury with a long growing season.
Production of seed potatoes	Potatoes grown for seed potatoes should produce tubers of a uniform, small size – usually 30–60 mm. It is important that the plants develop as many tubers as possible.

Source: prepared on the basis of [Lutomirska 2008, Wymagania na rynku...].

4. Stage IV is based on the preparation of a new production cycle based on the effects obtained in the course of harvesting crops and resources, as well as on the basis of forecasted profits. At this stage, the obtained effects should be carefully assessed

against the planned ones and compared with the behavior of the potato market. It is necessary to assess the potato market's current and planned economic situation. At this stage, we are also planning new investments in this area and agrotechnical activities for the new season.

Bearing in mind the above, it should be noted that modern logistics concepts that comprehensively support supply chains consist of farms and other entities that support them. These systems are built of independent groups of wholesalers, retailers and intermediaries [Wajszczuk 2001, Kuboń 2008].

This means that these entities, in most cases, function as independent links that are only loosely related to the logistic food chain. This applies to the entire agricultural system in Poland as well as to Polish farmers growing potatoes. Due to this situation, these farms have a limited ability to control the physical flow of raw materials and final products, which has been illustrated by the figure presented below, Figure 4 [Andrzejczyk and Rajczakowska 2020].

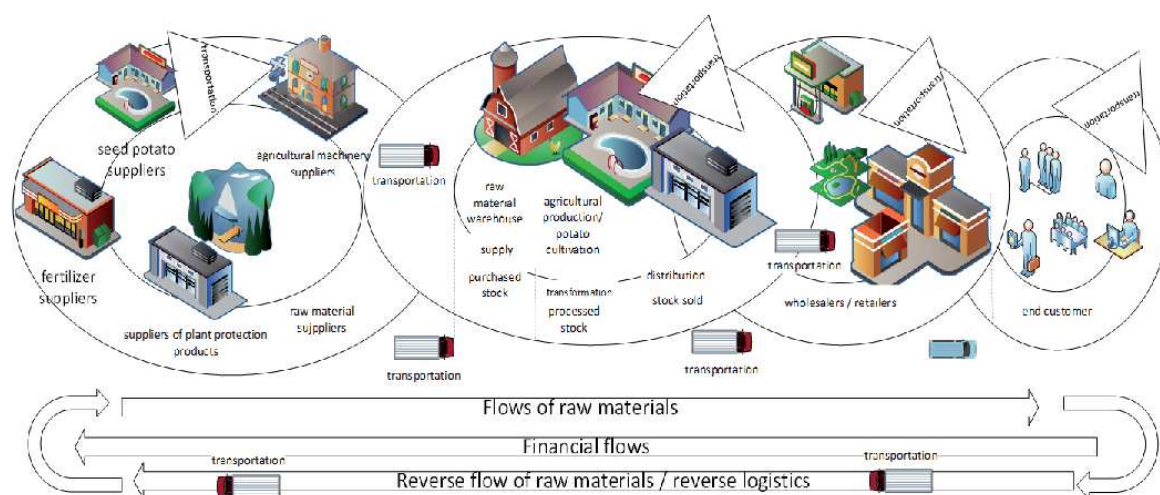


Figure 4. Logistic chain model for potato production/cultivation
 Rysunek 4. Model łańcucha logistycznego produkcji/uprawy ziemniaków
 Source: own study based on: [Andrzejczyk and Rajczakowska 2020].

Logistics, ecologistics and the functioning of farms cultivating potatoes in Poland – present situation

In order to achieve the intended goal of the article, in selected groups of farms, research was carried out on a sample of 51 entities located in the region of southern Poland. Their selection was purposeful (farms producing potatoes for the market), chosen by agricultural advisors cooperating with them.

The research aimed to determine the current potential of using logistic concepts and related them with a particular emphasis on the ecologicistic concepts in these farms.

Based on the logistic concepts presented, the objective of the study related to the position of ecologistics in the integrated logistic chains of agricultural products produced on Polish farms. It was carried out using the methods of analysis and criticism of the

literature and logical inference based on the obtained results of research carried out on a sample of Polish farms growing potatoes, which were divided according to the criterion of the size of the cultivated land (Fig. 5). The largest group of researched farms were entities using from 5 to 10 hectares, then farms with an area of 10 to 20 hectares. Both these groups together accounted for almost 56.9 % of the examined objects.

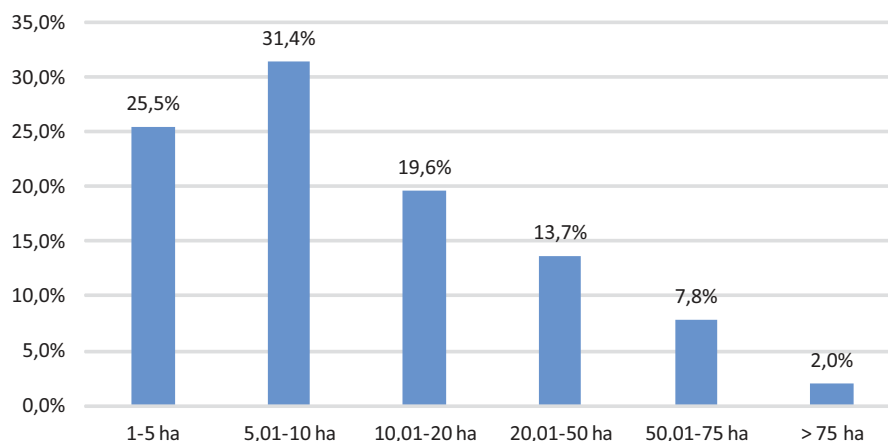


Figure 5. The size of the researched potato farms

Rysunek 5. Wielkość badanych gospodarstw uprawiających ziemniaki

Source: own study.

It should be noted that among the farmers who responded, as many as 61% believe that they use logistic tools in managing their farms (Figs 6 and 7). Comparing this with the research from 2020, it can be noticed that the use of the indicated logistic tools increased by 26 p.p. (Fig. 1). A similar increase was recorded in the use of ecologicistic tools by farms in Poland, as the tools available in the ecologicistic concept are already used by 47 % of the surveyed farms, which constitutes an increase of 19%.

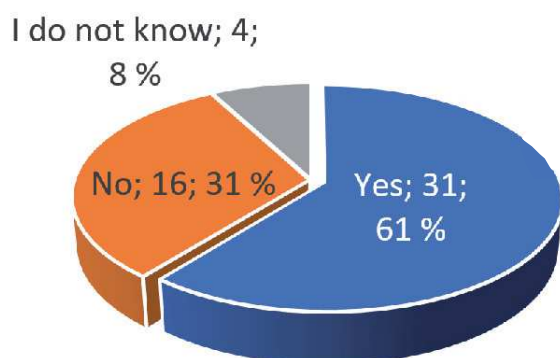


Figure 6. Share of potato farms using logistic tools

Rysunek 6. Udział gospodarstw ziemniaczanych korzystających z narzędzi logistycznych

Source: own study.

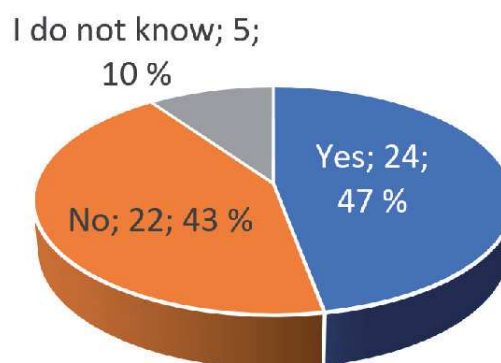


Figure 7. Share of potato farms using ecologicistic tools

Rysunek 7. Udział gospodarstw ziemniaczanych stosujących narzędzia ekologiczne

Source: own study.

Based on the conducted research, it can be observed that there is still a tendency for large farms to more often use logistic and ecologicistic solutions than smaller ones (compare Tables 3, 4 and the data contained in the scientific study: [Andrzejczyk and Rajczakowska 2020]). This situation is most often due to the fact that small farms are family-oriented (often, they produce only for their own needs), which is much more difficult to adapt to market requirements than in the case of large business entities. Therefore, such farms are much more difficult to develop. In the case of large farms, their continuous development can be observed. In order to survive in the market, these entities must constantly adapt to their conditions and limitations in such a way that leads to integrated supply chains.

Table 3. Share of potato farms using logistic tools – studies of the year 2020

Tabela 3. Udział gospodarstw ziemniaczanych korzystających z narzędzi logistycznych – badania za 2020 rok

Does your farm use logistic tools?	The size of the farm [%]						total
	1–5 ha	5.01–10 ha	10.01–20 ha	20.01–50 ha	50.01–75 ha	more than 75.01 ha	
Yes	46.15	62.50	60.00	71.43	75.00	100.00	60.78
No	38.46	31.25	30.00	28.57	25.00	0.00	31.37
I don't know	15.38	6.25	10.00	0.00	0.00	0.00	7.84
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Source: own study.

Table 4. Share of potato farms using ecologicistic tools – studies of the year 2022

Tabela 4. Udział gospodarstw ziemniaczanych stosujących narzędzia ekologiczne – badania za 2022 rok

Does your farm use ecologicistic tools?	The size of the farm [%]						total
	1–5 ha	5.01–10 ha	10.01–20 ha	20.01–50 ha	50.01–75 ha	more than 75.01 ha	
Yes	30.77	56.25	40.00	57.14	50.00	100.00	47.06
No	53.85	31.25	50.00	42.86	50.00	0.00	43.14
I don't know	15.38	12.50	10.00	0.00	0.00	0.00	9.80
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Source: own study.

From Table 5, it can be concluded that potato farms in Poland are mostly developing, but it is not an easy and problem-free process, and above all, it is not a process applicable to all entities. Unfortunately, almost 37% of them report problems in this area, and 6% are unable to define themselves [Andrzejczyk and Rajczakowska 2020]. It should be noted that, compared to the research from 2020, there is a slight change in favor of the assessment of development and an increase in awareness of their economic situation because much fewer respondents declare ignorance in this regard, i.e., 6%, and in 2020, this ratio was 12% (Figs 8 and 9.).

Table 5. Share of potato cultivating farms which recorded development in the last 10 years

Tabela 5. Tabela 5. Udział gospodarstw zajmujących się uprawą ziemniaków, które odnotowały rozwój w ostatnich 10 latach

Has your farm been developing in the last 10 years?	The size of the farm [%]						
	1–5 ha	5.01–10 ha	10.01–20 ha	20.01–50 ha	50.01–75 ha	more than 75.01 ha	total
Yes	46.15	62.50	60.00	57.14	50.00	100.00	56.86
No	38.46	31.25	40.00	42.86	50.00	0.00	37.25
I don't know	15.38	6.25	0.00	0.00	0.00	0.00	5.88
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Source: own study.

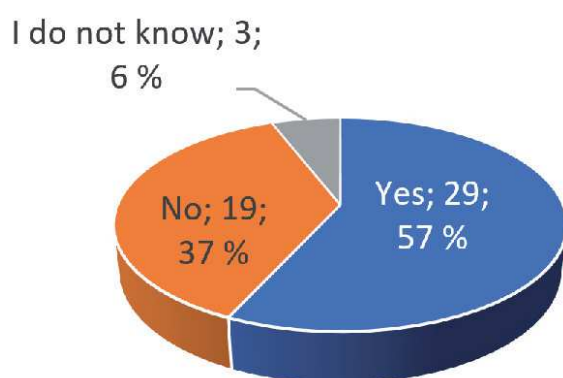


Figure 8. Share of farms that recorded development in the last 10 years – research in 2022

Rysunek 8. Udział gospodarstw, które odnotowały rozwój w ciągu ostatnich 10 lat – badania z 2022 roku

Source: own study.

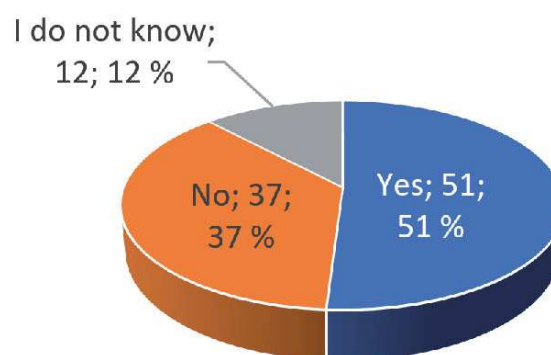


Figure 9. Share of farms that recorded development in the last 10 years – research in 2020

Rysunek 9. Udział gospodarstw, które odnotowały rozwój w ciągu ostatnich 10 lat – badania z 2020 roku

Source: [Andrzejczyk and Rajczakowska 2020].

Summary

The paper summarizes the results of pilot studies assessing the degree of applying logistics strategies in selected Polish farms based on the concept of sustainable development and with an emphasis on the ecologicistic concept compared with similar studies in this area carried out in potato farms in Poland. Based on the conducted literature analyses and surveys, it can be concluded that Polish farmers are more and more willing to use the tools included in logistic and ecologicistic concepts. It should be noted here that ecologicistic tools are even much less used in Poland's agriculture. This is due to the lack of appropriate infrastructure in this area and properly constructed legal norms.

It can also be concluded that the process of potato cultivation with the practical use of logistic and ecologicistic issues contributes to the increase in potato productivity on these farms and the minimization of losses related to wastage. Thanks to the use of the aforementioned tools, potato farms in Poland have a wider possibility of creating their

development on concepts that take into account sustainable development. With currently dynamically changing markets, including those related to potatoes, Polish farms are still a leading producer and may still be one.

For future potato production in the 21st century, the recipients of this product will continue to set new requirements in terms of its quality, quantity and purpose, the number of individual processes carried out on the potato farms, as well as at individual stages related to the supply and distribution of this product. Changes will also take place in the social, economic and, above all, ecologicistic dimensions. Today, a conscious farmer who grows potatoes is a Polish farmer who knows that conducting agricultural activity will be subject to constant changes. Today, a winning farmer is the one who has constant access to information and modern technologies that allow the processing of the acquired knowledge in such a way as to integrate their agricultural production in both local and global logistics chains, thus constituting an important link in the integrated logistics network [Andrzejczyk and Rajczakowska 2020].

The use of logistic tools in potato farms in Poland has already become a fact. On the other hand, the use of ecologicistic tools will be forced in the near future by the ever-growing pressure of society in this regard. Today's consumer groups expect increased safety in the flow of food products along the entire supply chain. Currently, the recipient of agricultural products is more and more educated, and thus is aware of their needs and ways of satisfying them. A farmer also has knowledge about the risks in the production, distribution and storage process. In connection with the above, today's recipient of the product requires agricultural entities growing potatoes and their partners to maintain full transparency in the course of the aforementioned processes related to the purchase of a finished product in the form of a potato. This forces the implementation of the principles of logistics, ecologicistics and sustainable development. This situation will apply to both small potato farms, which should already assume the independent implementation of the concepts in their development strategies, and large farms that have already implemented certain logistic concepts that will require review and adaptation to new realities.

Summarizing the considerations raised in this study, it is stated that potato farms in Poland are required to form larger producer groups that will be able to meet the challenges ahead. Only large producer groups will be treated as reliable and responsible entities that will be suppliers of products for both large enterprises and individual consumers, thus becoming business partners of the 21st century.

References

- Andrzejczyk P., Rajczakowska E., 2020: Ecologicistics as an integral element of the sustainable development of farms in Poland, *Ekonomika i Organizacja Logistyki/Economics and Organization of Logistics*, 5(2), 27–42.
- Grabczyńska M., 2018: *Odpady w gospodarstwie rolnym*, Kujawsko-Pomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Minikowie, Minikowo.

- Jurgiel K., 2018: Priorytety Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi na lata 2018–2019 w aspekcie Programu Działań Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi na lata 2015–2019 oraz Paktu dla obszarów wiejskich na lata 2017–2020 (2030), Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Warszawa.
- Krugiełka H., 2021: Czy to koniec uprawy ziemniaka w Polsce? *CenyRolnicze.pl*, [electronic source] <https://www.cenyrolnicze.pl/wiadomosci/produkcjaroslinna/pozostaleroslinyuprawne/23932-czy-to-koniec-uprawy-ziemniaka-w-polsce> [access: 07.08.2022].
- Kuboń M., 2008: Koszty infrastruktury logistycznej w przedsiębiorstwach rolniczych, *Inżynieria Rolnicza*, 12, 10(108), 125–136.
- Lutomirska B., 2008: Technologia uprawy ziemniaka przeznaczonego do przetwórstwa, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 530, 53–67.
- Nowacki W., 2018: Program dla polskiego ziemniaka, Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Warszawa.
- Nowacki W. (ed.), 2020: *Metodyka integrowanej produkcji ziemniaków* (wydanie czwarte zmienione), Główny Inspektorat Ochrony Roślin i Nasiennictwa, Warszawa.
- Wajszczuk K., 2002: Analiza łańcucha logistycznego w przedsiębiorstwie przetwórstwa rolno-spożywczego – studium przypadku, *Logistyka*, 3, 15–17.
- Wymagania na rynku ziemniaka, Yara, [electronic source] <https://www.yara.pl/odzywianie-roslin/ziemniak/wymagania-na-ryнку-ziemniaka/> [access: 07.08.2022].
- Zarzecka K., 2014: Technologia uprawy ziemniaka w zrównoważonym systemie gospodarowania (praca przeglądowa), *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 272, 113–127.

Jarosław Brach ✉

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

Ekonomiczno-ekologiczne aspekty wdrożenia zestawów klasy LHV-LZV do obsługi łańcuchów dostaw w ramach ciężkiej dystrybucyjnej logistyki ostatniej mili w miastach – przykład Holandii

Economic and ecological aspects of the implementation of LHV/LZV-class sets to support supply chains as part of the last mile heavy distribution logistics in cities – the example of the Netherlands

Synopsis. Koncepcja wydłużonego miejskiego zestawu klasy City LZV-LHV jest w Polsce prawie zupełnie nieznaną, głównie ze względu na prawny brak możliwości wprowadzenia zestawów tego rodzaju na nasze drogi. Niemniej zestawy te – o czym dobitnie świadczy przypadek Holandii – mogą się przyczynić do znacznej poprawy konkurencyjności ciężkiej dystrybucji w miastach. Cel tego artykułu polega więc na wskazaniu na korzyści organizacyjno-czasowe, ekonomiczne oraz ekologiczne związane z wdrażaniem zestawów tego rodzaju. Postawiono tezę, że jeżeli przepisy prawa na to pozwalają oraz istnieją operatorzy mogący zapewnić opłacalność tego rozwiązania, co wynika z konieczności zabezpieczenia w danym czasie odpowiedniej masy towarowej przeznaczonej do dystrybucji na danym obszarze miasta, to wtedy propozycja ta wykazuje pełny sens wdrożeniowy. Podstawę dla artykułu stanowiła analiza materiałów źródłowych, zasadniczo pochodzących od holenderskich instytucji rządowych, instytutów badawczych, operatorów transportu producentów odpowiedniego sprzętu przewozowego oraz sieci handlowych. Uzupełniły to własne wnioski i przemyślenia autora wynikające z analizy tego narzędzia w systemie łańcuchów dostaw w miastach.

Słowa kluczowe: City LZV-LHV, logistyczne łańcuchy dostaw – dystrybucji w mieście

Abstract: The concept of a longer City LHV/LZV-class city combination is almost completely unknown in Poland, mainly due to the legal impossibility of introducing such a vehicle on our roads. Nevertheless, these vehicles – as clearly demonstrated

✉ Jarosław Brach – Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu; Katedra Logistyki;
e-mail: jaroslaw.brach@ue.wroc.pl; <https://orcid.org/0000-0002-7615-3893>

in the case of the Netherlands – can contribute to a significant improvement in the competitiveness of heavy goods distribution in cities. The aim of this article is to indicate the organizational, time, economic and ecological benefits related to implementing the City LHV/LZV combinations. The thesis is that if the law allows the above and some operators can guarantee the profitability of this solution, which results from the need to secure an appropriate mass of goods for distribution in a given area (city/agglomeration) at a given time, then this proposal shows full implementation sense. This article is based on analyzing source information mainly from Dutch government institutions, research institutes, transport operators, producers of appropriate transport equipment and logistics operators. In addition, there are the author's own conclusions and thoughts resulting from the analysis of this tool in the city's supply chain system.

Key words: City LHV/LZV, city logistic distribution chains

JEL codes: R41, R49

Wstęp

Z istnieniem współczesnych miast wiąże się wiele wyzwań. Z jednej strony systematycznie wzrasta liczba osób w nich mieszkających, przez co miasta stają się coraz gęstsze. Z drugiej stale rosną – szczególnie w krajach wysoko uprzemysłowionych – oczekiwania mieszkańców, w tym co do jakości życia dotyczącej m.in. czystości powietrza, notowanego hałasu oraz dostępnej wolnej, zielonej przestrzeni. Jednym słowem ludzie chcą żyć bardziej w zgodzie z naturą, zarazem mierząc się z brakiem wolnej przestrzeni. Do tego nowe wyzwania przyniósł rozwój handlu internetowego, w tym co do punktualności oraz czasu trwania i cen dostaw. Wszystko to powoduje powstawanie wielu duomatów i trilematów, odnoszących się do szeroko pojętych ekologizacji i wysokiego standardu życia przy jednoczesnych dużych wymaganiach co do dostępności komunikacyjnej oraz łatwości zabezpieczania codziennych potrzeb bytowych i związanych z pracą czy spełnianiem innych obowiązków. Ogół tych składowych przekłada się na istniejące łańcuchy dostaw, w tym te funkcjonujące w ramach systemów zaopatrzenia sklepów średnio- i wielkopowierzchniowych. Tym bardziej, że obecne operacje logistyczne ostatniej mili są nieefektywne. Na konkurencyjność ekonomiczną dostawców usług logistycznych mają wpływ różne czynniki, takie jak ograniczone okna czasowe, jakie mają oni na dostarczenie towarów w coraz bardziej złożonych środowiskach miejskich [Bachofner i in. 2022]. W takich realiach kompleksowa strategia logistyki miejskiej [van Audenhove i in. 2015] może zazwyczaj przyczynić się do osiągnięcia kilku celów, z których każdy może mieć wpływ na różne czynniki. Niektóre ze wskazanych celów mogą nawet kolidować ze sobą, co wymaga starannego ustalenia priorytetów. Celami tymi są:

- zmniejszenie zatorów w miastach, na które wpływają przebyta: odległość, ładowność i długość pojazdu oraz łatwość zatrzymywania się;
- zmniejszenie liczby samochodów ciężarowych w mieście, na które wpływają ładowność pojazdów, stopień ich zapelnienia oraz poziom zatłoczenia;
- redukcja zanieczyszczeń (tj. NOX i PM), na którą wpływają pojazd rodzaju, przebytej odległości i poziomu zatłoczenia;

- oszczędność energii (w tym redukcja emisji CO₂), na którą wpływają typ i wiek pojazdu, przebyta odległość i poziom korków;
- redukcja hałasu, na którą wpływają typ pojazdu, przebyty dystans i poziom zatłoczenia;
- rozwój lokalnego handlu detalicznego, na który wpływają koszty rozwiązań, definiowane przez jakość usług (szybkość, przedziały czasowe dostaw, elastyczność / reaktywność itp.);
- wkład w politykę mieszkaniową (zwiększanie powierzchni mieszkalnej w granicach miasta), na którą wpływa zasięg śródmiejskiej platformy logistycznej;

Ponadto na zdefiniowanie odpowiedniej strategii dostawy ostatniej mili wpłynęło wiele warunków brzegowych, takich jak: ekonomiczne, środowiskowe, polityczne i regulacyjne, technologiczne oraz trendów konsumenckich.

Materiały i metody

Cel tego artykułu polega na wskazaniu korzyści ekonomicznych i ekologicznych oraz koniecznych zmian organizacyjnych, wynikających z wdrażania wydłużonych i cięższych zestawów klasy miejski – City LHV-LZV, zwanych City / Distribution LHV-LZV. Teza brzmi, że jeżeli przepisy prawa na powyższe pozwalają oraz istnieją operatorzy mogący zagwarantować opłacalność tego rozwiązania, co stanowi pochodną konieczności zabezpieczenia odpowiedniej masy towarowej przeznaczonej do rozprowadzenia – dystrybucji na danym obszarze (miejskim / aglomeracyjnym) w danym czasie – oraz możliwości skutecznego znajdowania ładunków zwrotnych, to wówczas propozycja ta wykazuje pełny sens implementacyjny. Za przykład posłużyła tu Holandia, czyli państwo z najdłuższą historią praktycznego wdrażania zestawów tego rodzaju.

Artykuł ten powstał na podstawie analizy materiałów źródłowych, pochodzących głównie od holenderskich instytucji rządowych, instytutów badawczych, operatorów transportu, producentów odpowiedniego sprzętu przewozowego oraz sieci handlowych. Do tego dochodzą własne wnioski i przemyślenia autora wynikłe z analizy tego narzędzia w systemie łańcuchów dostaw w mieście. Artykuł ten jest też jednym z pierwszych opracowań w krajowej literaturze naukowej na ten temat.

Wyniki badań i dyskusja

Zdefiniowanie zestawu City LZV-LHV

Zestaw LHV – *Long Heavy Vehicle* – holenderskie LZV – EC – EuroCombi (EC) – ciężki zestaw wydłużony – zestaw-pojazd / zestaw pojazdów ciężki i długi – to zestaw wydłużony do 25,25 m, zgodnie z zasadami tzw. europejskiego systemu modułowego EMS, ale o dopuszczalnej masie całkowitej powyżej 40 000 kg, w praktyce powyżej 48 000 kg, jako dolną granicę w tej sferze, przyjmując ograniczenie czeskie. Przy tym jednocześnie wartość tej dopuszczalnej masy całkowitej dla zespołu nie może przekroczyć 60 000 kg (64 000 kg) – tym samym dopuszczalna masa całkowita zawiera się w przedziale od 48 000 do 60 000 kg (64 000 kg). Wyrażenia – skróty angielskie LHV/EC oraz holenderski LZV można używać w pełni zamiennie

Koncepcja City LZV-LHV, czyli miejskiego zestawu dystrybucyjnego o zwiększonych długości i dopuszczalnej masie całkowitej, stanowi zaś przeniesienie idei zestawów LZV-LHV do środowiska dystrybucyjnego – tzn. dostaw ostatniej mili realizowanych ciężkimi zestawami. Dostawy takie zazwyczaj są wykonywane pomiędzy regionalnymi centrami dystrybucyjnymi / logistycznymi, a konkretnymi punktami przeznaczenia – sklepami kategorii super- bądź hipermarket, czyli na dystansie w jedną stronę przeciętnie maksymalnie do 50–60 km czy 100 km poza Holandią. Jako sprzęt transportowy wykorzystywane są tutaj kombinacje klasy lżejsze i krótsze LZV-LHV, czyli o masie całkowitej powyżej 48 000 kg, ale poniżej 60 000/64 000 kg oraz o długości w zakresie 18,75–25,25 m. Zespoły takich pojazdów składają się z:

- 2-osiowych ciągników siodłowych,
- 1-, 2- lub 3-osiowych naczep miejskich dystrybucyjnych,
- ewentualnie 2-osiowego wózka łącznikowego – tzw. dolly.

Jako ciągnik występuje taki, który jest przystosowany do jazdy na średnich dystansach, co w obecnych realiach oznacza następującą jego kompletację:

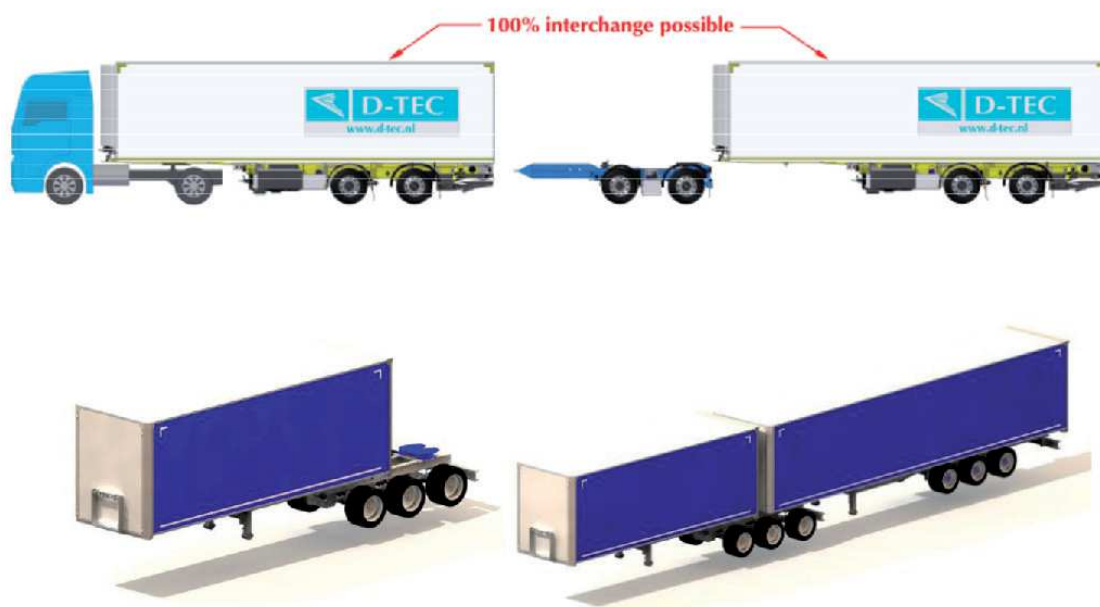
- kabina długa z dachem o normalnej wysokości bądź podwyższonym,
- silnik 9–10-, maksymalnie 11-litrowy o mocy maksymalnej od 360 do 450 KM i maksymalnym momencie obrotowym od 1600 do 2200 Nm,
- zautomatyzowana skrzynia biegów.

Przy takich rodzajach sprzętu transportowego możliwe są następujące zestawienia naczep w połączeniu z takim rodzajem 2-osiowego ciągnika (rys. 1):

- 2–3-osiowa naczepa łącznikowa – link trailer – tzn. z siodłem z tyłu podłączona do 1- albo 2-osiowej naczepy czy nawet standardowej, 3-osiowej, 13,6-metrowej;
- 3-osiowa naczepa łącznikowa podłączona do 2-osiowej naczepy;
- 1- lub 2-osiowa naczepa podłączona do 1- lub 2-osiowej dolly połączonej z następną naczepą 1- lub 2-osiową. Zastosowanie dolly stanowi alternatywę wobec zastosowania naczepy łącznikowej. Pojawia się tu jednak kwestia wyboru:
 - czy opierać zaopatrzenie na dwóch standardowych krótszych naczepach i dolly, co nieco utrudnia operacje rozformowania i późniejszego formowania dłuższego zestawu;
 - czy używać naczepy łącznikowej jako substytutu dolly (substytucja między naczepą łącznikową a dolly), co nieco upraszcza operacje rozformowania i formowania dłuższego zestawu, lecz oznacza, że w ruchu miejskim jeden z ciągników będzie musiał operować z taką dłuższą naczepą, nieraz nawet 3-osiową, co może nieco negatywnie wpływać na jego manewrowość, a głównie na operowanie w wąskich, krętych uliczkach centrów.

Przy czym problem z doborem zestawu – jeśli istnieje taka opcja – da się rozwiązać na samym poziomie koncepcyjnym. Jeśli dostawy odbywają się do punktów z bardziej utrudnionym dostępem w sferze manewrowości, wówczas lepsze wyjście stanowi kombinacja z dwoma naczepami i dolly. Jeśli zaś do obsługiwanego należy punkt o mniej problematycznym dostępie transportowym, wtedy do jego zaopatrywania można wybrać zestaw z naczepą łącznikową.

Ogólnie w kategorii zestawów klasy LHV-LZV miejskie kombinacje LZV określane są jako zestawy – konfiguracje typu B (ciągnik + naczepa łącznikowa + naczepa lub ciągnik + naczepa + dolly + naczepa), w odróżnieniu od innych możliwych konfiguracji



Rys. 1. Możliwe konfiguracje City LZV-LHV – u góry z dwoma dwuosioowymi naczepami City i wózkiem łącznikowym – dolly, u dołu z naczepą łącznikową – link trailer i standardową naczepą 3-osiową i 13,6-m

Źródło: [D-Tec].

LHZ-LVZ, określanymi jako A, C, D i E. Pierwsza z konfiguracji B składa się z jednostki holowniczej połączonej z naczepą wyposażoną w sprzęg siodłowy. Ten sprzęg siodłowy łączy drugą naczepę z pierwszą. Na całym świecie ta konfiguracja jest znana jako B-double, a stosuje się ją na kilku rynkach. Podczas transportu kontenerów konfiguracja powinna być w stanie pomieścić trzy 20-stopowe kontenery. Od 2007 roku konfiguracja B stała się popularna jako konfiguracja z naczepami miejskimi do dystrybucji. W tym przypadku są to dwie naczepy: mierzące 8,00 i 13,60 m lub 10,60 m każda. W pierwszym przypadku występują więc same naczepy – z krótszą i dłuższą przestrzenią ładunkową, w drugim dwie naczepy o tej samej długości przestrzeni ładunkowej.

Takie miejskie naczepy na rynek holenderski produkują głównie rodzime przedsiębiorstwa. Burgers oferuje dwa typy City LZV. Jeden z zestawów zawiera przednią naczepę o długości 8,20 m i tylną 2- lub 3-osiową o długości 13,60 m [Burgers]. Drugi to połączenie z dwiema naczepami miejskimi o długości 10,5 m. Ponadto LZV-LHV może mieć sterowane osie. Naczepy są sprzęgane ze sobą za pomocą wózka 1- lub 2-osiowego.

Pod nazwą 2-City [Heisterkamp], połączenie wytwórców nadwozi Van Holten, Stam i Broshuis w 2009 roku, wprowadziło na rynek wydanie z dwiema naczepami o długości 10,4 m. Obie naczepy są sterowane, dzięki czemu nie jest już konieczne przenoszenie ładunków z LHV do naczep miejskich lub innych pojazdów w celu przeprowadzenia dystrybucji miejskiej. Dwie identyczne naczepy są połączone za pomocą jednoosiowego wózka jezdnego dolly.

W ostatnich latach miejską konfigurację B LHV zaczęli także wprowadzać inni dostawcy i wypożyczalnie. Dotyczy to City LZV-LHV bez oddzielnego wózka. Jedną

z takich wypożyczalni jest Twan Heetkamp [Tip Group]. Model proponowany przez firmę charakteryzuje się krótką rozsuwaną naczepą z 2 osiami. Na naczepie tej znajduje się platforma ładunkowa o długości 7,80 m. Gdy kierowca uruchomi hamulce naczepy i zwolni system przesuwany, może przesunąć do przodu część ładunkową, aby naczepa mogła również działać jako naczepa łącznikowa. Da się wówczas do niej podłączyć zwykłą naczepę o długości 13,60 m. Oprócz dwóch sztywnych osi dostępna jest tu wersja ze sterowaną tylną osią.

Kolejnym dostawcą był Tracon Trailers [2017]. W 2009 roku ten producent wprowadził na rynek odmianę Combitrain. W przypadku tego typu LHV-LZV przednia naczepa otrzymała opcję przesuwania modułu ładunkowego. Gdy moduł ten zostaje przesunięty do przodu, z tyłu da się dołączyć drugą naczepę. Tylna naczepa może być istniejącą standardową naczepą City. Inni dostawcy to Jumbo i Heiwo, którzy wprowadzili na rynek wariant TriCS [TrucksNL], gdzie TriCS oznacza skrót od wyrażenia *Trailer Integrated Coupling System* (zintegrowany w naczepie system sprzęgania-połączenia). W kombinacji tej może przesunąć moduł ładunkowy do przodu, odsłaniając wówczas z tyłu siodło dla drugiej naczepy. Obie osie pierwszej naczepy są sterowane elektronicznie, podobnie jak dwie tylne osie drugiej naczepy. Obecnie ofertę uzupełniają m.in. holenderskie THT New Cool i STERK trailers [STERK trailers], ten drugi proponując 2- i 3-osiove naczepy łącznikowe, w tym z tylną osią skręcaną przeciwbieżnie oraz z zabudowami typu furgon / izoterma i kurtyna, oraz niemieckie Schmitz Cargobull i Krone [Schmitz Cargobull, Fahrzeugwerk Bernard Krone GmbH & Co]. Ten ostatni gracz promuje typ SER 10 zLNZ-S z serii Cool Liner City, który wyróżniają: podwozie w wersji miejskiej dostępne w opcji 1-, 2- lub 3-osiowej na 27 lub 33 europalety, dopuszczalna masa całkowita 22 000 kg (możliwa technicznie), masa własna około 6500 kg (bez agregatu chłodniczego), długość wewnętrzna w świetle 10 845 mm oraz dobra zwrotność dzięki instalacji wymuszonego układu kierowniczego i kątowni skrętu przeciwbieżnego tylnej osi dochodzącemu do 25°, co przekłada się na bezproblemowe wykonywanie manewrów nawet w najciaśniejszych miejscach.

Takie 1–2-osiove miejskie naczepy dystrybucyjne są to zazwyczaj naczepy z zabudową typu furgon albo izoterma / chłodnia ewentualnie – rzadziej – nadwozie kurtynowe oraz mogą mieć z tyłu zainstalowaną właśnie oś skręcaną przeciwbieżnie, dla poprawy manewrowości, w tym redukcji promienia skrętu. Długość takich naczep – z wyłączeniem łącznikowych – wynosi najczęściej do 11 m (10,2–10,6 m). Do tego w zestawie, podczas gdy tylna naczepa może być wyposażona w podnoszoną windę załadunkową lub windę wsuwaną pod spód, przednia naczepa – naczepa łącznikowa – może być zaopatrzona w windę przesuwaną lub wspornikową. Na granicy miasta, na wybranym parkingu, taki wydłużony i cięższy zestaw jest rozformowywany na dwa niezależne, każdy ze swoim ciągnikiem siodłowym. Przy czym jest to już ciągnik tzw. miejski, który cechują:

- krótka, dzienna kabina lub kabina wysunięta do przodu, o zredukowanej wysokości wejścia – tzw. nisko wejściowa w celu ułatwienia pracy kierowcy, w tym poprawy widoczności oraz wsiadania i wysiadania;
- może nisko profilowe ogumienie;
- silnik spalinowy o pojemności 6–7 l, mocy maksymalnej 260–340 KM i maksymalnym momencie obrotowym 1000–1400 Nm. Niemniej coraz częściej klasyczne jednostki wysokoprężne są tu zamieniane – ze względów ekologicznych – na jednostki

gazowe czy zelektryfikowane układy napędowe – hybrydowe – spalinowo-elektryczne lub w pełni elektryczne;

- automatyczna skrzynia biegów przy jednostce wysokoprężnej.
Jednocześnie taki lekki ciągnik – tzw. miejski (*city tractor*) w porównaniu do ciągnika przygotowanego do obsługi ruchu na dłuższych – średnich trasach cechuje się – dla wydań z tradycyjnym układem napędowym:
- niższą masą własną – o przynajmniej kilkaset kilogramów – wskutek montażu: mniejszej i lżejszej krótkiej kabiny zamiast długiej, lżejszego i mniejszego silnika o niższej pojemności, lżejszej skrzyni biegów, lżejszych ogumienia i mostu napędowego, zbiornika paliwa o mniejszej pojemności;
- niższych kosztów eksploatacji, w tym niższego zużycia paliwa, w trakcie wykonywania zadań w środowisku typowo miejskim;
- lepszych warunków pracy dla prowadzącego.

Ciągnik taki jest bowiem koncepcyjnie i kompletnie zoptymalizowany właśnie do wdrożenia w warunkach ruchu w klasycznej dystrybucji.

Zarazem dopuszczalna masa całkowita takiego miejskiego zestawu jedno naczepowego nie przekracza 36 000–37 000 kg.

Wdrożenie koncepcji City LHV-LZV i jej uzasadnienie biznesowe

Pojawienie się naczep miejskich i dozwolona przez prawo możliwość łączenia ich w konfiguracje City LHV-LZV do dystrybucji produktów do supermarketów otworzyło kompletnie nowe opcje i modele biznesowe w kreowaniu łańcuchów logistycznych w realizacji dostaw na ostatniej tzw. ciężkiej mili dystrybucyjnej. Zaletę tę obecnie spożytkowuje się, co ciekawe, praktycznie wyłącznie w Holandii, nie zaś w Szwecji i Finlandii, gdzie od ponad ćwierćwiecza w normalnej eksploatacji znajdują się zestawy klasy LHV, a od przeszło dekady trwa wprowadzanie jeszcze dłuższych i cięższych zestawów kategorii LMHV- HCT/HCV.

W Holandii [Overheid.nl] takie rozwiązania sprzętowo-organizacyjne związane z City LHV-LZV – zwanych tam City LZV z powodzeniem funkcjonują od końca pierwszej dekady tego stulecia, podczas gdy same zestawy LHV-LZV są dopuszczone do ruchu od prawie ćwierćwiecza, najpierw na etapie próbnym, potem już eksploatacji na limitowaną skalę. Fakt stosowania w ruchu wewnętrznym, początkowo nawet na niezwykle ograniczoną skalę, dłuższych i cięższych zestawów dał jednak tamtejszym operatorom możliwość zdobycia bezcennego doświadczenia w możliwie maksymalnie efektywnym czasowo, kosztowo i organizacyjnie spożytkowaniu ich zdolności przewozowych. Tę unikatową wiedzę mogli więc przenieść do segmentu lokalno-dystrybucyjnego. Co więcej, sama specyfika holenderskiego rynku logistyczno-transportowego powoduje, że funkcjonujące na nim podmioty niezwykle umiejętnie potrafią połączyć doświadczenie z zakresu pełnej obsługi logistycznej – poziomu 3 czy 4 PL ze zintegrowaną pozalogistyczną – wspartą o wiele usług dodatkowych – komplementarną obsługą kompleksową oraz działalnością czysto transportową. Przykładami takich graczy są DeRijke, Peter Appel, Simon Loos (obecnie Peter Appel i Simon Loos są po fuzji i od 1 stycznia 2022 roku działają jako jedno przedsiębiorstwo), Cornelissen, Tinie Manders B.V., Van Straalen de Vries Transport BV (VSDV) czy Van Heezik. Kluczową rolę

przy wdrażaniu przez nich zespołów klasy City LHV-LZV odgrywają w takim razie posiadane unikatowe:

- wiedza, kompetencje i doświadczenie w tej dziedzinie;
- zdolności organizacyjne;
- wypracowane modele odpowiedniej współpracy biznesowej z klientami – zleceniodawcami;
- specyfika samego wewnętrznego holenderskiego rynku logistyczno-transportowego, dająca mu pewną naturalną ochronę, jak dopuszczenie do normalnego ruchu cięższych i dłuższych zestawów, w dodatku tworzonych głównie przez naczepy i przyczepy o rzadko spotykanych cechach konstrukcyjnych, jak przesunięte osie, układy sterowania osiami czy specjalna budowa nadwozi.

Wszystko to powoduje, że w samym układzie koncepcyjno-wdrożeniowym holenderskie podmioty z tego segmentu mają pewne przewagi wyjątkowe przewagi nad rywalami z innych krajów. Do tego dochodzi specyfika Holandii jako państwa z perspektywy segmentu logistyczno-transportowo-dystrybucyjnego naznaczona przez:

- niezwykle dużą gęstość zaludnienia przekładającą się na dużą gęstość sieci sklepów, w tym supermarketów, co automatycznie oznacza relatywnie małe odległości między nimi, ważne przy planowaniu rozformowywania i późniejszego formowania City LZV-LHV. W przypadku innych krajów, z mniejszą gęstością zaludnienia, analogiczną propozycję z powodzeniem w pierwszym rzędzie da się wdrożyć na obszarach metropolitalnych / aglomeracyjnych;
- wysoki standard i poziom życia, przekładający się na wysokie wymagania co do codziennej obsługi;
- zdolność do płacenia / inwestowania w innowacyjne rozwiązania transportowe, które jednak dzięki swojej daleko posuniętej specjalizacji dają możliwość późniejszej znacznej redukcji kosztów jednostkowych, szczególnie z samej holenderskiej perspektywy, przy tamtejszych wysokich kosztach pracy.

Od samego początku w Holandii kombinacje City LHV-LZV są wykorzystywane głównie do dystrybucji, przeważnie przez sieci supermarketów, dużych detalistów, sektor kwaciarski i firmy transportujące kontenery. Do niedawna pojazdy LHV-LZV służyły prawie wyłącznie do przewozu między obszarami przemysłowymi a miejscami dystrybucji (hurtownie, centra dystrybucyjne, aukcje itp.), ale właśnie szybko rozwijającym się zastosowaniem staje się wdrożenie LHV-LZV w dystrybucji – jako City LHV-LZV, z dwiema tak zwanymi naczepami miejskimi o długości najczęściej 10,4–10,6 m. Ważną zaletę stanowi tu uniwersalność [Bolog 2018] – zestaw City może być używany jako City LHV-LZV, ale po rozformowaniu pozwala korzystać z obu naczep niezależnie. Tym samym taka konfiguracja – w zależności od chwilowych potrzeb – oznacza sposobność maksymalnie elastycznego przetransportowania ładunku z jednego centrum dystrybucyjnego do drugiego lub do sklepu. Zarazem pojazd taki idealnie nadaje się do dystrybucji miejskiej ze względu na instalowane w naczepie klapę ładunkową i oś wleczoną. Oprócz czystego i cichego transportu zapewnia również lepsze wykorzystanie dostępnej pojemności. Tym samym łączy z jednej strony elastyczność, z drugiej strony przekłada się na zrównoważony rozwój.

W zależności od rodzaju zastosowanej naczepy zestawy City LZV-LHV można wykorzystać do obsługi:

- naczepy furgonowe, izotermiczne i chłodnicze – sieci sklepów spożywczych, ze sprzętem AGD/RTV (furgonowe), hoteli czy dużych restauracji i fast-foodów;
- naczepy kurtynowe – sieci sklepów z materiałami budowlanymi czy ogrodniczymi, które nie muszą się wcale znajdować bliżej centrów miast, ale nawet na ich obrzeżach, przykładowo w parkach handlowych.

Wdrożenia zestawów City LHV-LZV w Holandii

Studium przypadku wdrożenia zestawów City LHV – LZV w Holandii

Poniższe przypadki biznesowe ilustrują zastosowanie tej innowacyjnej kombinacji City LHV-LZV.

Dostawca usług logistycznych Cornelissen Transport and Logistics [D-TEC] z siedzibą w Nijmegen [Rijkswaterstaat 2010a] to holenderska firma będąca jednym z pionierów wykorzystania LHV-LZV w Holandii. Wskazuje ona, że innowacja dzięki wykorzystaniu zespołów City LHV-LZV wykazuje pełne uzasadnienie biznesowe. Podmiot ten jest dostawcą usług logistycznych z flotą około 90 pojazdów będących własnością i 30–40 wynajmowanych. W 2009 roku eksploatował trzy zespoły City LHV-LZV. Dwa dodatkowe takie zestawy wówczas zamówiono, a były one dostarczone w marcu 2010 roku. Każdy z trzech pierwszych miał inną konfigurację. Pierwszy LZV-LHV (w użyciu od 2005 roku) to ciężarówka z przyczepą (konfiguracja C). Ten LZV-LHV służył do przemieszczania ładunków między centrami dystrybucji. Drugi LHV-LZV to konfiguracja B – połączenie z naczepą 8 m i naczepą 13,60 m. Trzecia LHV-LZV to typowa miejska naczepowa konfiguracja B z dwiema naczepami o równej długości 10,55 m i wózkiem łącznikowym dolly (rys. 2). Drugi i trzeci LZV-LHV można wykorzystać w dystrybucji sieciowej, gdyż naczepy można odłączyć. Według Cornelissena druga i trzecia konfiguracja LZV-LHV wydaje się mieć największy potencjał na przyszłość. Podmiot zamierzał więc nabyć kilka dodatkowych naczep miejskich, najprawdopodobniej w proporcji 25% z powierzchniami ładunkowymi 8 m i 13,60 m oraz 75% z dwoma równymi naczepami o długości 10,55 m. Dlatego Cornelissen był pierwszą firmą transportową, która do miejskiego transportu dystrybucyjnego zaczęła używać właśnie kombinacji City LZV-LHV z dwiema naczepami miejskimi o długości 10,6 m. Ta kombinacja z wymiennymi naczepami może zabrać maksymalnie 84 kontenery na kółkach lub 40 palet blokowych. W dystrybucji miejskiej kierowca może zostawić jedną naczepę w punkcie sprzęgania na obrzeżach miasta, drugą zaś zabrać do miasta w celu załadunku / rozładunku, a następnie wrócić do wymiany naczep w celu rozładunku towaru z drugiej naczepy. W ten sposób Cornelissen obsługuje połączenie z centrum dystrybucyjnego



Rys. 2. Zestaw City LHV-LZV Cornelissena z dwoma naczepami City i wózkiem łącznikowym dolly
Źródło: [Cornelissen]

Albert Heijn w Tilburgu do punktu konwersji Cornelissen. Tam długi zestaw jest rozformowywany, a poszczególne naczepy są prowadzone na dystrybucyjnym odcinku ostatniej mili przez mniejsze ciągniki siodłowe.

Przy tym przedsiębiorstwo wskazuje, że pierwszy wdrożony do eksploatacji miejski City LZV-LHV był wyzwaniem w zakresie planowania i magazynowania. Niezwykła nowa koncepcja musiała bowiem zostać włączona do istniejących operacji logistycznych. Na przykład ogólnie LZV-LHV potrzebuje dodatkowej przestrzeni manewrowej wokół centrum dystrybucji. Problemy te zostały rozwiązane i pojazdy City LHV-LZV zaczęły być używane w normalnej codziennej eksploatacji. Zespoły takie okazują się niezwykle zrównoważone w zwykłym działaniu, ponieważ zużywają tylko 10% więcej paliwa, podczas gdy mogą przewieźć o 50% więcej ładunku. Dla Cornelissen konieczne jest, aby w pełni spożytkować ich zdolności przewozowe. Można to jednak zrobić tylko przy stałych klientach i tym samym stałych obsługiwanych dla nich łańcuchach dostaw.

Ponadto niektórzy z głównych klientów Cornelissen, tacy jak Albert Heijn i Kruidvat, silnie motywują do inwestowania w zestawy dostawcze klasy LZV. Wraz ze swoimi klientami podmiot wskazuje w takim razie, że innowacje w transporcie drogowym mogą przyczynić się do redukcji zatorów, emisji i zużycia paliwa. Przy tym Cornelissen i jego klienci mają wysokie oczekiwania co do rozwoju technologii City LHV-LZV. Innowacją, która najbardziej interesowała tego operatora był załadunek i rozładunek dwóch naczep bez odłączania drugiej naczepy. W odpowiedniej lokalizacji może to generować znaczną oszczędność czasu, nawet do półtorej godziny dziennie.

Bardzo szybko inne firmy transportowe wykazały zainteresowanie koncepcją, a oprócz nowych naczep chłodni i izoterm do przewozu towarów niekondycjonowanych wykorzystywane są naczepy miejskie. Przykładowo wykorzystuje je Tielbeke Transport B.V. z Lemelerveld [Tielbeke].

Z zestawów klasy City LHV-LZV w dostawach do miast i połączonej z nimi ciężkiej logistyce dystrybucyjnej ostatniej mili korzysta także inny holenderski detalista – Heijn [Rijkswaterstaat 2010b]. Przy czym zdecydował się on na rozpoczęcie wykorzystania takich pojazdów dopiero pod koniec 2009 roku. Jednocześnie wcześniej zamierzał zacząć korzystać z podwójnej naczepy miejskiej, ale z przyczyn technicznych nie był gotowy do takiego użytku. Do tego nie chciał eksploatować różnych konfiguracji LHV-LZV, gdyż często – jego zdaniem – nie nadają się one do dystrybucji do sklepów położonych w miastach, a w szczególności w ich centrach. W swojej flocie Heijn chciał też używać ograniczonej liczby naczep. Do połowy lutego 2010 roku eksploatował łącznie 15 LHV-LZV w różnych konfiguracjach. W połowie 2010 roku ocenił wykorzystanie City LHV-LZV, aby oszacować, w jak i przy jakich konfiguracjach firma detaliczna taka jak on chce dalej prowadzić część swojej dystrybucji w taki właśnie sposób. Co ważne, te pierwsze doświadczenia okazały się być wysoce obiecujące.

Koncepcja dystrybucji, którą wdraża Heijn (AH), funkcjonuje następująco – w przypadku dłuższych jazd między centrum dystrybucyjnym a miastem z kilkoma sklepami AH używany jest City LZV-LHV. Na obrzeżach miasta naczepy są rozprzęgane i jedna po drugiej przemieszczane do konkretnych sklepów. Do dystrybucji do sklepów AH zamierzał spożytkować ciągniki zasilane paliwem alternatywnym (gaz ziemny / LNG). Poza tym kwestia odnosi się do tego, aby zminimalizować puste przebiegi City LHV-LZV poprzez odbiór w trasie powrotnej ładunków od lokalnych dostawców; tzn. zbierać opa-

kowania (palety, puste butelki i skrzynie itp.) lub transportować ładunki objętościowe między centrami dystrybucyjnymi AH a siostrzanymi firmami Etos, Gall & Gall i Albert. Powyższe ma doprowadzić do sytuacji, by City LHV-LZV nigdy nie jeździły puste, czyli by maksymalnie zagospodarować ich zdolności przemieszczeniowe.

Głównymi powodami, dla których AH zaczął korzystać z pojazdów City LHV-LZV są oszczędność paliwa, zwiększona wydajność logistyczna i redukcja emisji CO₂, co zresztą stanowi część polityki AH w zakresie społecznej odpowiedzialności biznesu. AH ma też inne powody, by używać pojazdów kategorii LHV-LZV. Spodziewa się mianowicie, że w przyszłości trudno będzie znaleźć kierowców, a koszty paliwa nadal będą rosły. Co więcej, korzystając z zestawów City LHV-LZV można redukować korki. Da się to zrobić wczesnym rankiem, jadąc do miasta tzw. cichym City LHV-LZV – tzn. z ciągnikiem z napędem gazowym, a następnie po rozformowaniu zestawu, wykorzystując ciągnik z napędem hybrydowym albo najlepiej w pełni elektrycznym. Przy czym taki zelektryfikowany ciągnik zajmuje się dystrybucją tylko z jedną naczepą miejską. Gdy jest ona pusta, drugą naczepę można zabrać do drugiego przejazdu dystrybucyjnego. Jazda powrotna odbywa się po godzinach szczytu, co redukuje natężenie ruchu w nim. W takim przypadku dystrybucję da się bowiem także realizować poza tymi godzinami. Takie wykonywanie prac poza zwykłym czasem roboczym oznacza również szybsze przejazdy, co przekłada się na redukcję kosztów, w tym wskutek niższego zużycia paliwa, i czasu realizacji danego zadania, w połączeniu z obniżką emisji zanieczyszczeń i hałasu. Szczególnie w przypadku obszarów typowo miejskich i aglomeracyjnych koncepcja ta wydaje się być zatem niezwykle praktyczna. Sam AH obliczał próg rentowności wykonywania operacji na 1 h i 15 min oraz spodziewał się 35-procentowej redukcji kosztów dzięki zastosowaniu pojazdów kategorii City LHV-LZV. Niemniej na tym wstępnym etapie niezbędne okazały się jeszcze poprawki w dokach i przestrzeni manewrowej wokół centrów dystrybucyjnych.

Ogólnie kombinacje City LHV-LZV okazują się tańsze w użyciu – na podstawie doświadczenia firma szacuje, że w przypadku dystrybucji do supermarketów eksploatacja takiego zestawu kosztuje o 10% mniej niż zwykły zestaw ciężarówkowy. Te oszczędności kosztów są stosunkowo niskie, ale wynika to z dość krótkich odległości do pokonania w tego rodzaju transporcie.

Kolejny ważny gracz wdrażający miejskie zestawy City LZV-LHV to Appel [WWW1]. Rozpoczął on w 2005 roku z dwoma, a od września 2010 roku z trzema zestawami dostawczymi w konfiguracji D. Ogółem w 2010 roku miał łącznie siedem pojazdów LHV-LZV, w tym cztery zestawy dostawcze w konfiguracji B: jeden z oddzielnym wózkiem i trzy z tak zwanym automatycznym systemem wysuwania. Dlatego ten ostatni typ nie wymaga już oddzielnego wózka.

Appel działa w segmencie rynku detalicznego, w którym oprócz centrów dystrybucyjnych po rozformowaniu zestawów są zaopatrywane supermarkety. Transport pomiędzy centrami dystrybucyjnymi odbywa się za pomocą pojazdów LHV-LZV w konfiguracji D, a LHV w konfiguracji B City LHV-LZV służą do dystrybucji detalicznej. Wszystkie pojazdy City LHV-LZV są wykorzystywane optymalnie: jeśli to możliwe, siedem dni w tygodniu i 24 h/dobę. Wdrożenie między centrami dystrybucyjnymi odbywa się w Holandii z północy na południe i odwrotnie. Ładunkiem są mieszanki produktów sprzedawane w supermarketach. Typowa jazda dystrybucyjna do supermarketu(ów) wygląda następująco. Załadowany w jednym z centrów dystrybucyjnych City LZV-LHV jedzie do punktu odsprężania na

obrzeżach miasta (okolice Venlo, Maastricht i Amsterdamu). Tutaj jest dzielony na dwa odrębne zestawy, dzięki czemu pierwszy ciągnik ciągnący zestaw City LHV-LZV kontynuuje jazdę, ale już z jedną naczepą, do jednego oddziału supermarketu w tym lub w pobliskim mieście. W tym samym czasie kolejny ciągnik (gotowy) holuje drugą naczepę do innego oddziału/supermarketu. Po rozładunku oba wracają ze zwróconymi towarami i materiałami opakowanymi do punktu wcześniejszego rozformowania zestawu. Tutaj naczepy są ponownie łączone w jeden zestaw City LHV-LZV, wracający do centrum dystrybucji. System automatycznego wysuwania zamiast oddzielnego wózka dolly zapewnia znaczną poprawę wydajności, szczególnie w ramach transportu tego rodzaju.

Jednocześnie przyjazd City LZV-LHV musi być brany pod uwagę w centrum dystrybucji. Wynika to z faktu, że niektóre centra dystrybucyjne mają ograniczoną liczbę doków załadunkowych odpowiednich do obsługi takich zestawów. Oprócz zwrotu towarów i materiałów opakowaniowych z samych oddziałów, City LZV-LHV często zabiera ładunki od pobliskich producentów. Aby zmaksymalizować oszczędności, celem jest rozmieszczenie City LHV-LZV na odległość co najmniej 150 km.

Doświadczenia z eksploatacji City LHV-LZV są pozytywne i podmiot myśli o dalszej rozbudowie floty tego rodzaju. Niemniej Appel nie może zastąpić znacznej części swojej floty takimi LZV-LHV. Dzieje się tak, gdyż zdecydowana większość przewozów odbywa się na krótkich dystansach – w takim przypadku oszczędności będą więc zbyt niskie, aby uzasadnić inwestycje. Ze względu na elastyczność firma widzi największy potencjał dla transportu dystrybucyjnego w konfiguracji B.

W lutym 2021 roku holenderski Van Eck dostarczył zabudowy typu chłodnia na pięciu naczepach łącznikowych do dostawcy usług logistycznych Van Heezik z Utrechtu [Van Eck Trailers]. Pojazdy te są używane w kombinacjach LHV-LZV, które Van Heezik wykorzystuje do logistyki mrożonej do centrów dystrybucyjnych będących częścią sieci zaopatrzenia supermarketów.

Van Heezik to firma działająca w trzech segmentach: logistyka papieru, logistyka „mrożona” i tak zwana logistyka bliźniacza. Logistyka papieru dotyczy transportu i przetwarzania materiałów opakowaniowych. Van Heezik nie tylko jeździ z punktu A do B, ale jeszcze świadczy klientom usługi powiązane, takie jak cięcie niektórych opakowań na wymiar. Zarazem przedsiębiorstwo podkreśla że LZV-LZV sprawdza się w Holandii, ale niewiele da się z nim zrobić w ruchu transgranicznym ze względu na prawne ograniczenia masy i długości.

Nowe naczepy Van Eck link weszły do eksploatacji w logistyce chłodzonych i mrożonych artykułów spożywczych. Są specjalnie przystosowane do działania jako LZV-LHV i City LZV-LHV. Van Eck był w stanie pomóc znaleźć odpowiedni sprzęt i dobrze zrozumiał konkretne wymogi odbiorcy. Dotyczy to konstrukcji specjalistycznych, które muszą wytrzymać uderzenia oraz mają być używane długo i intensywnie. Wiedza Van Eck zapewnia właśnie to, że nie tylko górna konstrukcja chłodni z agregatem były dokładnie zgodna ze specyfikacjami klienta, ale też z naczepami łącznikowymi. W przypadku LHV-LZV jest to bardzo szczególne rozwiązanie i tylko Van Eck mógł osiągnąć taki wynik.

Nowe naczepy linkowe – łącznikowe są częścią projektu zrównoważonego rozwoju Van Heezika, nazwanego Bye Bye Diesel i zainicjowanego w 2018 roku. Celem jest odejście w 2023 roku od ostatniej eksploatowanej ciężarówki z silnikiem wysokoprężnym. W 2021 roku podmiot całkowicie przestawił się więc na LNG. Może zatankować go

blisko swojej lokalizacji w Utrechcie. Jego naczepy również muszą być jak najbardziej zrównoważone, dlatego preferuje naczepy piętrowe i zestawy LHV-LZV. Dla swojego transportu i logistyki klienci coraz częściej chcą bowiem nie tylko najlepszej ceny, ale także najniższego śladu węglowego.

Ponadto Van Heezik przygotowuje się do przejścia w ciężarówkach na ekologiczne paliwo w postaci Bio-LNG, Taki wariant gazowy generuje mianowicie jeszcze niższą emisję CO₂ netto. By dalej zredukować emisję w łańcuchach dostaw ściśle współpracuje też z partnerami, aby osiągnąć ten cel. Co ważne, w procesie tym chce uczestniczyć stale rosnąca liczba klientów.

W 2021 roku firma miała łącznie 150 naczep i 105 ciągników siodłowych. Cała konserwacja floty jest zlecana na zewnątrz i według Van Heezika to najbardziej efektywna forma zarządzania.

Wyniki badań w zakresie koncepcji wykorzystania City LHV-LZV w Holandii

Aktualnie w Holandii są więc stosowane trzy zasadnicze koncepcje wykorzystania miejskich zestawów LZV-LHV – City LZV-LHV:

1. Zestaw z trzema ciągnikami siodłowymi – jeden ciągnik do jazdy na średnich dystansach prowadzi zapelniony zestaw City LZV-LHV z centrum dystrybucyjnego do granic obszaru miejskiego, gdzie czekają na niego dwa miejskie ciągniki, każdy z jedną naczepą – pustą lub z ładunkiem zwrotnym. W konkretnym punkcie zamiany od mocniejszego ciągnika odczepiane są pełne naczepy i każda z nich jest łączona z ciągnikiem dystrybucyjnym. Zarazem obie naczepy zwrotne przyciągnięte przez te ciągniki łączy się w jeden zestaw City LZV-LHV z mocniejszym ciągnikiem. Następnie taki zestaw wraca do centrum dystrybucyjnego, a ciągniki miejskie – każdy z jedną naczepą klasy City, jadą do konkretnych punktów odbioru/rozładunku – wskazanych supermarketów. Operację tę można powtarzać nawet kilka razy w ciągu dnia, w tym samym lub innym wskazanym punkcie przeczepiania, w zależności od lokalizacji zaopatrywanych sklepów.
2. Zestaw z jednym ciągnikiem – ciągnik ten z silnikiem o średniej mocy z centrum dystrybucyjnego ciągnie dwie naczepy City do wskazanego na granicy obszaru miejskiego punktu rozformowania zestawu City LZV-LHV. Tam zostawia jedną z naczep i tylko z jedną jedzie do pierwszego wskazanego sklepu, gdzie następuje rozładunek. Potem pustą naczepę bądź z ładunkiem zwrotnym holuje do miejsca pozostawienia wcześniej naczepy pełnej. Tam zamienia naczepy – odczepia rozładowaną i doczepia pełną, z którą w kolejnym kroku w celu dostawy jedzie do następnego sklepu. Na koniec z tą naczepą po dostawie wraca do miejsca rozformowania, podłącza tam uprzednio zostawioną naczepę pustą/z ładunkiem zwrotnym i już jako zestaw City LZV-LHV wraca do centrum dystrybucyjnego.
3. Zestaw z dwoma ciągnikami siodłowymi. Wówczas jeden ciągnik prowadzi zestaw City LZV-LHV do punktu na granicy miasta. Tam czeka na niego drugi ciągnik, możliwe że lekki dystrybucyjny. Następnie dochodzi do rozformowania zestawu dwunaczepowego i każdy z ciągników jedzie z jedną naczepą City do wskazanego supermarketu, gdzie następuje rozładunek. Jako ładunek powrotny mogą być zabrane opakowania. W pierwotnym punkcie rozformowania następuje sformowanie City LZV-LHV, który z jednym ciągnikiem wraca do centrum dystrybucyjnego. Tak zwany

wolny ciągnik może czekać w tym danym punkcie na przybycie następnego zestawu City LZV-LHV w celu zaopatrzenia następnych sklepów bądź przemieścić się do innego takiego punktu w celu wykonania analogicznego zadania.

Warto zatem wskazać, że – niezależnie od przyjętego rozwiązania – jeden albo trzy ciągniki dwóch różnych typów – zawsze pusta naczepa po rozładunku w danym sklepie w drodze powrotnej może z niego zabrać ładunek w postaci palet czy pustych opakowań/kartonów, co podnosi efektywność zasobową – czasową, kosztową, ekologiczną – tak wykonywanych operacji. Może też dokonać załadunku ładunkiem zwrotnym w innym punkcie leżącym na trasie powrotu bądź blisko niej.

Dyskusja badawcza w zakresie koncepcji wykorzystania zestawów City LHV-LZV i korzyści związanych z ich wdrożeniem

Taką koncepcję dostaw dystrybucyjnych na ostatniej mili realizowanych zestawami klasy City LHV-LZV charakteryzują:

- wykorzystanie – połączenie zalet ekonomiczno-ekologicznych ciągnięcia przez jeden ciągnik dwóch naczep poza miastem i jednej w mieście;
- wysoka elastyczność organizacyjna i eksploatacyjna, w tym co do samego doboru rodzaju naczep oraz wyboru punktów rozformowania i formowania zestawów;
- redukcja kosztów, w tym skutek redukcji zużycia paliwa i kosztów osobowych – ograniczenie liczby kierowców niezbędnych do wykonania tej samej pracy przewozowej;
- optymalizacja kosztowo-eksploatacyjna spożytkowania dwóch rodzajów ciągników – mocniejszy operuje z dwoma naczepami – tworząc cięższy i dłuższy zestaw kategorii City LZV-LHV poza miastem, a słabszy i lepiej dopasowany do miejskiego środowiska użytkownika poruszania się w otoczeniu zurbanizowanym. Dodatkowo może on mieć atut wysokiej ekologiczności/proekologiczności w następstwie zastosowania w nim źródeł napędu o ograniczonej czy wręcz zerowej – systemy w pełni elektryczne i hybrydowe w trybie jazdy w pełni elektrycznej – emisji substancji szkodliwych, w połączeniu z ograniczonymi hałasem oraz wibracjami;
- możliwość przyczyniania się do ograniczania ruchu w miastach w godzinach szczytu poprzez umiejętne zarządzanie czasem poruszania się przez poszczególne typy zestawów – City LZV-LHV dojeżdża do punktu rozformowania i sformowania zestawu dłuższego i cięższego tak, by jednonaczepowe zestawy miejskie swoje zadania wykonywały poza godzinami największego obciążenia aglomeracyjnych szlaków komunikacyjnych.

Koszty operacyjne City LZV-LHV są tylko nieznacznie wyższe niż w przypadku zwykłych zestawów ciężarówek, podczas gdy na jeden kurs mogą one przewozić do 50% ładunku więcej w stosunku do standardowych zestawów 16,5–18,35-metrowych. W przypadku porównywania samych naczep miejskich może to być więcej nawet o 100%.

Jako podstawowe ekonomiczno-ekologiczne korzyści związane z wdrażaniem zestawów klasy City LHV-LZV do realizacji dostaw w ramach ostatniej mili w tzw. ciężkiej dystrybucji miejskiej/w miastach należy więc wskazać:

- możliwą redukcję liczby niezbędnych kierowców lub optymalizację ich pracy – w tych samych godzinach wykonają oni większą pracę przewozową;

- spadek jednostkowego kosztu przemieszczania;
- obniżenie zużycia paliwa w przeliczeniu na wykonaną pracę przewozową i tym samym analogiczne zmniejszenie emisji CO₂;
- lepsze wykorzystanie dostępnej infrastruktury drogowej w połączeniu z optymalizacją jej wykorzystania – na części trasy z centrum dystrybucyjnego do granic miasta porusza się cięższy i wydłużony zestaw klasy City LHV-LZV, w samym mieście natomiast możliwa staje się eksploatacja typowych zespołów, złożonych z miejskiego ciągnika siodłowego połączonego z miejską naczepą.

Oczywiście każdy przypadek, ze względu na samą specyfikę ruchu dystrybucyjnego oraz lokalizację centrów dystrybucyjnych i punktów odbioru/sklepów danego klienta, powinien być rozpatrywany oddzielnie. Niemniej wszystkie analizowane przykłady ewidentnie wskazują na występowanie korzyści analogicznego rodzaju. Generalnie korzyści [Rijkswaterstaat – Dienst Verkeer en Scheepvaart 2010] dla firm transportowych i ich klientów koncentrują się głównie na poprawie wydajności, która prowadzi do obniżenia kosztów i przyczynia się do redukcji emisji CO₂. Obecnie wprowadza się też innowacje, aby zapewnić pojazdom City LHV-LZV jeszcze lepsze parametry środowiskowe. Przykładowo są stosowane paliwa alternatywne, takie jak CNG/LNG, oraz wdraża się zelektryfikowane ciągniki siodłowe – hybrydowe i w pełni elektryczne. W porównaniu do tradycyjnego przewozu oszczędności mogą wynieść około 20% kosztów. Inwestycje związane z uruchomieniem City LZV-LHV zaliczają się zaś do stosunkowo niewielkich, szczególnie że można tu wykorzystać istniejący sprzęt w postaci normalnie dostępnych ciągników siodłowych dystrybucyjnych i średniodystansowych oraz miejskich naczep kategorii City. Do tego mogą dochodzić łącznikowe – wózek dolly lub naczepa z przesuwającym modułem zabudowy. Przy tym trzeba pamiętać, że połączenie City LHV-LZV z dwiema naczepami miejskimi do dystrybucji w supermarketach jest stosunkowo drogie i może kosztować od 200 000 do 300 000 EUR na zestaw czy nawet więcej, w zależności od wariantów zastosowanych ciągników i naczep. Zasadnicza czysto implementacyjna innowacja związana z City LHV-LZV polega mianowicie nie na *hardware* – czyli użytym sprzęcie przewozowym, lecz na *software*, czyli koncepcji umiejętnego spożytkowania tego sprzętu w ramach łańcuchów dostaw dla poprawy ich efektywności we wszystkich rozpatrywanych sferach, w tym ekologicznej i zasobowych – czas, ludzie, tabor, paliwo i materiały eksploatacyjne. Do tego ważnym powodem braku wykładniczego wzrostu efektywności City LZV-LHV w miejskiej ciężkiej dystrybucji pozostaje fakt, że aby móc z zyskiem korzystać z takiego zestawu wymagane są duże przepływy ładunków, w tych samych relacjach mające charakter ciągły. Zasadniczo da się powyższe osiągnąć w zaopatrzeniu supermarketów w dużych miastach i aglomeracjach.

Wnioski

Obecnie zestawy klasy City LHV-LZV na relatywnie większą skalę są stosowane praktycznie wyłącznie w Holandii. Nieco ta sytuacja dziwi, tym bardziej, że z powodzeniem mogłyby być jeszcze eksploatowane w Szwecji i Finlandii, szczególnie w zaopatrzeniu aglomeracji takich jak Sztokholm i Göteborg oraz Helsinki. Niemniej to w Holandii w czasie bez mała ponad dekady ich praktycznej eksploatacji wdrożono model

efektywnego użytkowania oraz wskazano na liczne związane z tym korzyści ekonomiczne, ekologiczne i czasowe.

Wytworzony tu przez lata doskonalony model efektywnego użytkowania stanowi pochodną połączenia zdolności organizacyjno-implementacyjnych operatorów przewozów w ramach ich biznesowo-koopetycyjnej kooperacji z jednej strony ze zleceniodawcami, z drugiej z dostawcami taboru, przy sprzyjających takim rozwiązaniom krajowych przepisach prawnych. Niemniej właśnie taki model działania oznacza maksymalizację korzyści z wdrożenia, przejawiającą się odpowiednią:

- organizacją przejazdów City LHV-LZV na trasie centrum dystrybucyjne – punkt rozformowania zestawu oraz z powrotem – punkt sformowania zestawu City LHV-LZV – centrum dystrybucyjne;
- organizacją zaopatrzenia konkretnych sklepów, w tym głównie supermarketów, przez tradycyjne miejskie kombinacje naczepowe typu City tylko z jedną naczepą na trasie punkt rozformowania – sklep – punkt ponownego formowania zestawu City LHV-LZV. Przy czym te punkty rozformowania i formowania zestawu City LHV-LZV to wcale nie muszą być dokładnie te same punkty, chociaż zazwyczaj są;
- zdolnością do zapewniania wymaganej masy towarowej w zaopatrzeniu sklepów znajdujących się relatywnie blisko – w odległości kilku, maksymalnie kilkunastu kilometrów, tak by zminimalizować czas dojazdów. Powyższe powoduje jednak, że na danym terenie zleceniodawca musi dysponować odpowiednio rozwiniętą siecią takich sklepów, co zazwyczaj oznacza duże sieci handlowe;
- dalszym podnoszeniem efektywności wykonywanych operacji/minimalizować puste czy nie w pełni spożytkowane przebiegi – zdolnością do znajdowania ładunków powrotnych – mogą to być zarówno ładunki zabierane z powrotem z zaopatrywanych sklepów, jak i same palety czy kartony, ale przy właściwej organizacji łańcuchów na trasach powrotnych równie dobrze może to oznaczać zabieranie ładunków od zupełnie innych zleceniodawców, jeśli tylko ze względu na rodzaj stosowanego nadwozia – furgonowe, kurtynowe, izotermiczne, chłodnicze – powyższe okazuje się w ogóle możliwe;
- zdolnością do przenoszenia dostaw z godzin porannych, południowych i popołudniowych, gdy ruch bywa największy i w rezultacie wzrasta prawdopodobieństwo wystąpienia korków, na godziny wieczorne, nocne bądź wczesnoporanne, gdy pojazdy mogą się poruszać szybciej i swobodniej, co skraca czas i redukuje koszty oraz mniej obciąża prowadzącego. W efekcie dane zadanie da się wykonać szybciej i taniej, w tym przy niższym zużyciu paliwa, co pełni istotną funkcję proekologiczną.

Jako zasadnicze korzyści ekonomiczne, ekologiczne i czasowe wskazywane są:

- redukcja czasu zaopatrzenia sieci sklepów na danym terenie;
- obniżenie kosztu jednostkowej dostawy;
- spadek przeliczeniowego – na wykonaną pracę przewozową – zużycia paliwa, co automatycznie oznacza analogicznie mniejszą emisję CO₂;
- zmniejszenie liczby kierowców, istotne w obecnych czasach wobec narastającego ich braku;
- zmniejszenie liczby ciągników siodłowych koniecznych do wykonania tej samej pracy przewozowej.

Tym samym na wprowadzeniu takich zestawów do ciężkiej dystrybucji w miastach skorzystają operatorzy obsługiwanych przez te zestawy łańcuchów logistycznych, co przyczynia się do poprawy konkurencyjności kosztowej i ekologicznej takich łańcuchów. To niezwykle ważny czynnik, przy z jednej strony silnej presji na wysokość stawek płaconych za fracht, z drugiej notowanym ogólnym wzroście kosztów funkcjonowania przewoźników (ceny paliw, pensje kierowców, koszty dostępu do finansowania/mobilności), z trzeciej stale rosnących wymogów środowiskowych oraz co do jakości obsługi, w tym jej pewności, dostępności i punktualności.

Niestety, w naszym kraju nie mogą się jeszcze w ogóle poruszać zestawy klasy LHV. Od lat stosowane są już jednak miejskie naczepy (m.in. sieci Biedronka, Polo, Dino), ale niestety przeważnie z tzw. dalekodystansowymi ciągnikami siodłowymi, czyli ciągnikami siodłowymi skompletowanymi do obsługi ruchu na dalekich trasach. Powyższe przyczynia się do wzrostu kosztów paliwa i utrudnienia jazdy w środowisku zurbanizowanym oraz na tym etapie ogranicza możliwość wdrożenia ekologicznego taboru w pełni elektrycznego. Niemniej taka negatywna sytuacja wprost wynika z umów podpisywanych przez zlecających takie przewozy z przedsiębiorstwami transportowymi. Są to umowy kilkuletnie, nieraz krótsze niż najczęściej wybierane okresy wynajmu bądź leasingu operacyjnego ciągników. Dlatego jeżdżący nimi nawet do obsługi takich kontraktów w ruchu lokalnym i miejskim wolą wybierać tabor bardziej elastyczny eksploatacyjnie. Tak zwany miejski ciągnik efektywnie, ze względu m.in. na rodzaj kabiny i komplectację układu napędowego, może się bowiem jedynie poruszać w środowisku zurbanizowanym. Pokonywanie nim średnich czy szczególnie dłuższych dystansów nie należy już do optymalnych – kierowca nie ma zapewnionego wysokiego komfortu pracy na pokładzie, z kolei mały i słaby silnik przekłada się na spadek dynamiki, głównie w trudniejszym topograficznie terenie, oraz na wzrost zużycia paliwa. Tymczasem tzw. ciągnik dalekodystansowy jednego dnia może zaopatrywać supermarket w centrum metropolii, drugiego jechać ze zleceniem z Polski do Hiszpanii. W tym modelu współpracy zleceniodawcy i zleceniobiorcy maksymalizację optymalizacji wdrożeniowej zastępuje w takim razie wyższa elastyczność implementacyjna.

Bibliografia

- Audenhove FJ. van, Durance M., De Jongh S. 2015: Urban Logistics, How to unlock value from last mile delivery for cities, transporters and retailers, Arthur D. Little, [źródło elektroniczne] https://www.adlittle.com/sites/default/files/viewpoints/ADL_Urban_Logistics.pdf
- Bachofner M., Lemardelé C., Estrada M., Pagčs L., 2022: City logistics: Challenges and opportunities for technology providers, *Journal of Urban Mobility* 2, 100020, 1–10.
- Bolog A., 2018: Erwerb neuer Lang-LKW Combitrains, Vos Logistics, [źródło elektroniczne] <https://www.voslogistics.com/de/vos-logistics/aktuell/erwerb-neuer-lang-lkw-combitrains> [dostęp 19.04.2022].
- Burgers, [źródło elektroniczne] <https://www.burgersgroup.com/specials/> [dostęp 19.04.2022].
- Cornelissen, [źródło elektroniczne] <https://cornelissen.nl/winkeldistributie/> [dostęp: 18.04.2022].
- D-TEC, [źródło elektroniczne] <https://www.d-tec.nl/Home.aspx>, D-Tec [dostęp: 27.11.2019].

- Evofendex, [źródło elektroniczne] <https://www.evofenedex.nl/sites/default/files/inline-images/9D/D373056DDF32C8C12579E400423123/LZV%27s-in-de-praktijk.pdf> [dostęp: 18.04.2022].
- Fahrzeugwerk Bernard Krone GmbH & Co, [źródło elektroniczne] <https://www.krone-trailer.com/polski/produkty/naczepy-chlodnie/cool-liner-city/> [dostęp: 19.04.2022].
- Heisterkamp, [źródło elektroniczne] <https://www.heisterkamp.eu/nl/trailer-rental/2-assige-city-trailer> [dostęp: 19.04.2022].
- Management Longer and Heavier Vehicles in the Netherlands [Rijkswaterstaat], 2010: Facts, figures and experiences in the period 1995–2010, Directorate General for Public Works and Water Management, wywiad z panem Zwartem z Cornelissen Transport, październik 2009, a s. 53, b s. 49-50 [źródło elektroniczne] https://puc.overheid.nl/PUC/Handlers/Download-Document.ashx?identifier=PUC_135890_31&versienummer=1 [dostęp: 18.04.2022].
- Overheid.nl, [źródło elektroniczne] <https://open-pilot.overheid.nl/repository/ronl-archieef-44290494-6512-4d88-9bdd-3f8cc06e5b33/1/pdf/en-20lhvs-20in-20the-20netherlands-20final.pdf> [dostęp: 19.04.2022].
- Rijkswaterstaat – Dienst Verkeer en Scheepvaart, 2010: Langere en Zwaardere. Vrachtoertuigen in de praktijk Bedrijfseconomische, logistieke en maatschappelijke effecten,
- Schmitz Cargobull, [źródło elektroniczne] <https://www.cargobull.com/en/products/box-body/box-semi-trailer/s-ko-city> [dostęp: 19.04.2022].
- STERK trailers, [źródło elektroniczne] <https://sterktrailers.com/trailers/lzv/> [dostęp: 19.04.2022].
- Tielbeke, [źródło elektroniczne] <https://www.tielbeke.nl/> [dostęp: 27.11.2019].
- Tip Groupe, [źródło elektroniczne] <https://www.tipeurope.nl/> [dostęp: 19.04.2022].
- Tracon Trailers, 2017: Productie van Tracon Trailers, YouTube, [źródło elektroniczne] <https://www.youtube.com/watch?v=HgCiMIKYqY> [dostęp 19.04.2022].
- TrucksNL, [źródło elektroniczne] <https://www.trucksnl.com/used-diversen-lzv-trings-geen-dolly-4194450-vd> [dostęp 19.04.2022].
- Van Eck Trailers, [źródło elektroniczne] <https://www.vanecktrailers.com/en/van-eck-delivers-five-link-trailers-to-van-heezik/> [dostęp: 19.04.2022].

Paweł Hoser¹✉, Luiza Ochnio²

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Komputerowe wspomaganie układania planu zajęć oparte na wybranych metodach heurystycznych

Computer-aided class timetable planning based on selected heuristic methods

Synopsis. Optymalizacja planu zajęć na wyższej uczelni ma ogromne znaczenie, od tego bowiem zależy komfort pracy wykładowców i studentów, oszczędność czasu, a to wszystko znacząco przekłada się na efekty kształcenia. W obecnych czasach do takich zadań wykorzystuje się coraz szybsze komputery i coraz lepsze techniki obliczeniowe. Jednak skuteczna optymalizacja planu zajęć jest niezwykle złożonym zadaniem, zbadanie wszystkich możliwości jest absolutnie niewykonalne w tej sytuacji. W takich sytuacjach często wykorzystuje się różne metody heurystyczne. Różni autorzy wciąż poszukują algorytmów, których zastosowanie przynajmniej częściowo zautomatyzowałoby proces układania zajęć przy założeniu wielu kryteriów i ograniczeń. Celem pracy jest opracowanie modelu komputerowego wspomaganie układania planu zajęć opartego na metodach heurystycznych. Proponowane algorytmy automatycznej optymalizacji planu zajęć wykorzystują system wieloagentowy oraz metaheurystykę symulowanego wyżarzania. Planowane jest także użycie algorytmów ewolucyjnych i grawitacyjnych.

Słowa kluczowe: układanie planu zajęć, metody heurystyczne, optymalizacja, sztuczna inteligencja

Abstract: Optimizing class schedules at a university is of great importance for the well-being of lecturers and students, as well as generating time savings; all these factors significantly influence the effects of education. Nowadays, faster, more powerful computers and better computing techniques are used for such tasks. On the other hand, effective optimization of the schedule is an extremely complex task; exploring all possibilities is absolutely impossible in this situation. Various heuristic methods are often used in such situations. The subject of the work is computer-aided timetable planning. Some authors are still looking for algorithms in which the application

¹✉ Paweł Hoser – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie; Katedra Sztucznej Inteligencji; Instytut Informatyki Technicznej SGGW; e mail: pawel_hoser@sggw.edu.pl; <https://orcid.org/0000-0003-4409-8989>

² Luiza Ochnio – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie; Katedra Logistyki; Instytut Ekonomii i Finansów; e mail: luiza_ochnio@sggw.edu.pl; <https://orcid.org/0000-0001-8875-7945>

would at least partially automate the process of arranging classes, assuming many criteria and constraints. The aim of the paper is the creation of computer-aided scheduling based on heuristic methods. The proposed algorithms for automatic schedule optimization use a multi-agent system and simulate annealing metaheuristics. The use of evolutionary and gravity algorithms is also planned.

Key words: Scheduling, heuristic methods, optimization, artificial intelligence

Kody JEL: O14, C88

Wstęp

Na wyższej uczelni dobrze ułożony plan zajęć jest bezcenny, dzięki temu osoby prowadzące i studenci nie mają niepotrzebnych przerw, mogą przyjeżdżać na uczelnie w czasie, kiedy jest to dla nich najdogodniejsze, dzięki temu łatwiej uniknąć kolizji z innymi zajęciami i obowiązkami. Dobrze ułożenie planu przekłada się na komfort pracy i na jakość kształcenia. W przypadku pracowników naukowo-dydaktycznych, wpływa to także pozytywnie na osiągnięcia naukowe. Optymalizację planu zajęć trudno nawet przecenić. Jest też rzeczą jasną, że w obecnych czasach do takich zadań używamy komputerów. Stale rosnące moce i zasoby komputerów stwarzają coraz większe możliwości, ale też i rosną stale oczekiwania. Jednak, optymalizacja planu zajęć jest niezwykle złożonym zadaniem. Należy też dodać, że plan zajęć na uczelni wyższej wiąże się z całą masą różnych ograniczeń, co dodatkowo utrudnia proces tworzenia dobrego planu. Nawet przy użyciu komputerów o znacznej mocy obliczeniowej, czyli obecnie o wartości minimum 2,35 PFLOPS, nie mamy żadnych szans, żeby sprawdzić wszystkie możliwe konfiguracje planu. Złożoność tego zagadnienia obecnie zdecydowanie przekracza nasze możliwości i tak też będzie jeszcze bardzo długo. W takich przypadkach, jak zwykle, pozostaje stosowanie różnych metod heurystycznych. Metody heurystyczne są ważnym obszarem badań, bardzo ściśle związanym z tematyką sztucznej inteligencji. W przypadku optymalizacji planów zajęć i podobnych problemów, bardzo często próbuje się stosować metody ewolucyjne. W celu optymalizacji zadań logistycznych bardzo często korzysta się z różnego rodzaju algorytmów heurystycznych w tym ewolucyjnych. Przykładami zastosowań takich rozwiązań są prace Ghomi i innych [2018] którzy stosowali algorytmy genetyczne do planowania i optymalizacji procesów logistycznych, podobnie prace nad harmonogramem prac remontowych sieci drogowej oraz logistyki pomocy rozwiązywane za pomocą algorytmów ewolucyjnych [Li i Teo 2018], czy też opracowanie Said i El-Rayes [2014] dotyczące wspomaganie planowania logistycznego. W swoim artykule na temat rozwiązania problemu wysyłek, dostaw i logistyki i zapasów Lin i inni [2009] sformułowali zintegrowany wieloetapowy model sieci logistycznej, skutecznie stosując hybrydowy algorytm ewolucyjny (hEA). Powszechna jest też wielokryterialna optymalizacja procesów w transporcie [Sawicki 2013, Pečený i in. 2020] również z wykorzystaniem algorytmów genetycznych. W szczególności zastosowanie mają tu także systemy wieloagentowe np. do modelowania systemów logistyki serwisowej [Feliks i in. 2015], kształtowania sieci intermodalnej [Mindur i in. 2011] czy modelowania podaży transportu publicznego [Fierek 2015]. Zoptymalizowane planowanie jest problemem logistycznym, z którym zmagają

się wielu praktyków oraz teoretyków. Jednym z takich wielokryterialnych zadań logistycznych jest układanie planu zajęć na uczelni wyższej, w taki sposób by odpowiadał zarówno studentom, jak i wykładowcom oraz w sposób optymalny wykorzystywał zasoby jednostki. Podjętym przez autorów problemem badawczym jest wyszukanie metod odpowiedniego zautomatyzowania układania planu, tak by był jak najbardziej optymalny przy tak wielu kryteriach i ograniczeniach. Autorzy przyjęli tezę, że cel ten można zrealizować przy pomocy algorytmów heurystycznych, np. systemów wieloagentowych.

W przypadku metody heurystycznej nie oczekuje się, że działający system znajdzie sytuację optymalną, nawet nie oczekuje się, że będzie dostępna jakakolwiek wiedza na temat procesu znajdowania najlepszej sytuacji. Często wówczas poszukujemy tylko rozwiązania zadawalającego lub tylko akceptowalnego. Metoda heurystyczna pozwala także na poszukiwanie rozwiązania opartego na wiedzy niepełnej i niepewnej. Zaproponowane w tej pracy rozwiązanie częściowej optymalizacji planu zajęć spełnia właśnie dokładnie cechy metod heurystycznych. Swoje propozycje zastosowań różnych metod i różne podejścia do układania planu publikowało wielu autorów, m.in. Moszyński [2011], Reklaitis [2000], Alghamdi i inni [2020], Deris i inni [2000], podkreślając wyjątkową złożoność i trudność w jednoznacznym rozwiązaniu tego wielokryterialnego problemu. Wielu autorów zwraca uwagę na możliwość wykorzystania algorytmów ewolucyjnych (w tym genetycznych) w tego typu problemie, w szczególności w układaniu planów zajęć dydaktycznych na uczelni [Deris i in. 1999, Konstantinov i Coakley 2004, Suryadi i Pilipus 2012, Narang i in. 2013, Mittal i in. 2015, Soyemi i in. 2017, Kakkar i in. 2021]. Autorzy skupili się na możliwości wykorzystania swoistego rodzaju algorytmów do zaimplementowania własnej aplikacji służącej do wygodnego i efektywnego układania planu zajęć. Podczas poszukiwania inteligentnych metod automatycznego układania planu zdecydowano się na zastosowanie systemów wieloagentowych. Pomysł ten narodził się właśnie podczas układania rzeczywistych planów zajęć. Trzeba podkreślić, że zwykle się staramy, aby nasze plany zajęć były jak najlepsze dla wszystkich zainteresowanych osób. Podczas tworzenia planów bardzo często studenci i osoby prowadzące przychodzą do planistów z prośbami i różnymi sugestiami. Okazało się, że osoby zainteresowane potrafiły bardzo skutecznie zoptymalizować pewne części planu, pod warunkiem, że dobrze poznały inne ograniczenia związane z tą częścią planu. Co więcej, zauważono też, że dzięki temu cały plan był też stopniowo coraz lepiej zoptymalizowany pod wieloma względami. Tak więc, tego typu współpraca okazała się korzystna. Rozwijając dalej tego typu ideę, należy uwzględnić sytuacje, w których jedne grupy osób zainteresowanych stają w konflikcie z innymi podczas proponowanych zmian w planie. Wtedy należy rozwiązywać te konflikty najlepiej od razu przy uwzględnieniu optymalizacji całego planu. Jest więc jasne, że tego typu strategię powinny się znaleźć także w metodach komputerowego wspomaganie układania planu zajęć. To właśnie skłoniło nas do próby zastosowania systemów wieloagentowych. Komputerowa symulacja takich działań dokładnie przypomina działania systemu wieloagentowego [Netczuk i in. 2015]. Uznano, że w przypadku optymalizacji planu zajęć każdy agent powinien reprezentować pewną grupę osób zainteresowanych. W tym przypadku ustalono, że każda grupa laboratoryjna studentów ma być reprezentowana przez jednego agenta oraz każda osoba prowadząca też ma być reprezentowana przez jednego agenta. Dodatkowo przyjęto, że w tym systemie mają się znajdować jeszcze inni agenci – są to agenci roczników, agent sal i agent główny całego planu. W efekcie ma to być

system wieloagentowy częściowo zcentralizowany. Oprócz tego zastosowano jeszcze pewne metody mocno przypominające metaheurystykę symulowanego wyżarzania. Planowane jest też użycie algorytmów ewolucyjnych, grawitacyjnych i algorytmu świetlika. Nowe podejście do automatycznej optymalizacji planu było testowane na rzeczywistych planach zajęć, ale na razie w bardzo ograniczonym zakresie. W tym czasie uważa się, że automatyczna optymalizacja planu powinna być uruchamiana tylko po wstępnym ułożeniu planu przez planistę, ale też jeszcze przed realizacją specyficznych próśb i żądań osób zainteresowanych. Uważa się tak, ponieważ zakładamy, że po zrealizowaniu próśb i żądań osób zainteresowanych już nie można zmieniać planu. Za to uruchamianie tego systemu wspomagania na samym początku powodowałoby zbyt długie jego działanie i system ten i tak nie zastąpiłby (przy obecnych możliwościach sztucznej inteligencji) intuicji, wyobraźni i myślenia twórczego człowieka. Ponadto, zakłada się, że na samym starcie system wspomagający powinien już dostać plan w wersji bezkolizyjnej. Kolejne modyfikacje zaproponowanych algorytmów mogą spowodować, że automatyczne wspomaganie optymalizacji może być skuteczniejsze, a wtedy będzie można z takiego systemu korzystać w znacznie szerszym zakresie.

Materiał i metody

Dane potrzebne do zbudowania planu, ograniczenia, związki, zależności oraz zasady unikania kolizji budowano na podstawie tworzenia planu zajęć na Wydziale Zastosowań Informatyki i Matematyki SGGW. Projekt narzędzia do automatycznego układania planu testowano podczas kilku semestrów trwania zajęć, w rezultacie tworząc nowy program komputerowy do układania planu. Pomysłem na udoskonalenie i optymalizację tego procesu jest wykorzystanie systemów wieloagentowych, których zasadę działania opisano [Piotr 2019]. Rozważana metoda modelu scentralizowanego składającego się z wielu agentów należy do metod heurystycznych, rozproszonych w obszarze działania sztucznej inteligencji. Do wspomagania planowania zaproponowano metodę metaheurystyki symulowanego wyżarzania jako algorytmu heurystycznego przeszukującego przestrzeń dopuszczalnych rozwiązań problemu w celu wyszukania najlepszych rozwiązań danego problemu [Wooldridge 2009].

Struktury danych planu zajęć

Celem tworzonego algorytmu jest znalezienie jak najlepszego planu zajęć, czyli jak najlepszej konfiguracji zajęć dydaktycznych. Jak zawsze, w takich i podobnych zagadnieniach, każda taka konfiguracja jest definiowana poprzez odpowiedni zestaw parametrów. Matematycznie rzecz ujmując, zakłada się, że każda konkretna postać planu należy do pewnej przestrzeni wszystkich planów. Jest to więc zagadnienie przeszukiwania przestrzeni stanów. Trzeba też uwzględnić, że dane dotyczące planów zajęć są powiązane z innymi ważnymi danymi dotyczącymi pracy na wyższej uczelni. W przypadku planów w uczelni SGGW zakłada się, że system układania planów powinien być ściśle powiązany z systemem pensum oraz z systemem e-HMS służącym do organizacji pracy dziekanatu. W systemie pensum znajdują się informacje o obciążeniach osób

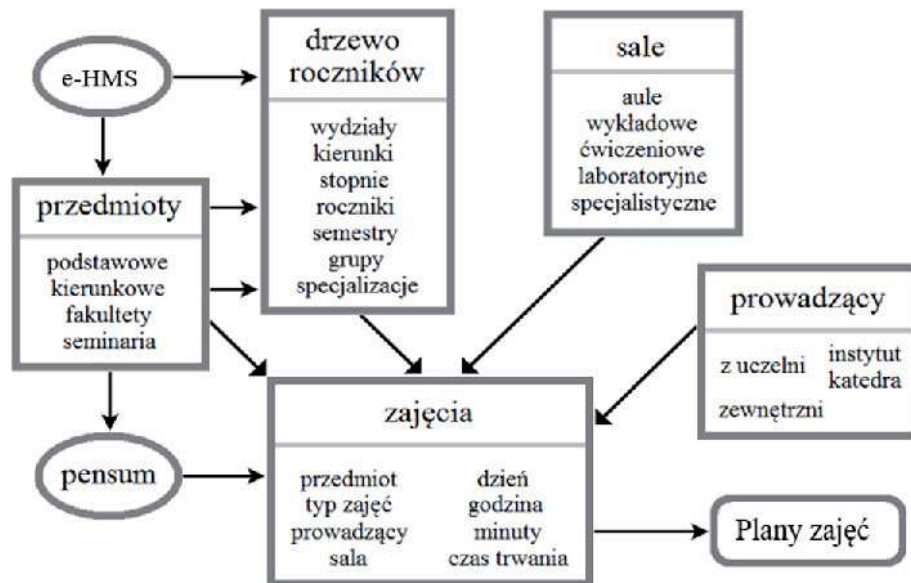
prowadzących zajęcia. A więc są to ilości godzin zajęć w semestrze z uwzględnieniem przedmiotów i typów zajęć. W systemie pensum znajdują się tak zwane plany pensum i sprawozdania pensum.

Zakłada się, że podczas planowania zajęć na początku semestru, plany zajęć powinny być jak najbardziej zgodne z planami pensum, a po zakończeniu semestru, informacje z planu zajęć powinny trafiać do sprawozdań pensum. W systemie e- HMS znajdują się, między innymi, wszystkie dane na temat programów studiów, przedmiotów, ilości grup na każdym roczniku oraz specjalizacji. Wszystkie te dane powinny być ustawione w specjalnej drzewiastej strukturze. W przypadku zajęć dydaktycznych cała uczelnia jest podzielona na wydziały, wydziały są podzielone na kierunki, kierunki są podzielone na stopnie, na każdym stopniu są roczniki i semestry. Bardzo ważną rzeczą są programy studiów, które nie mogą się zmieniać podczas studiowania dla danego rocznika. Nawet na tym samym kierunku studiów, różne roczniki mogą mieć inne programy studiów, ponieważ programy studiów się czasami zmieniają z roku na rok. Program studiów definiuje, jakie przedmioty muszą być przyporządkowane do danego rocznika studiów. Dotyczy to również każdej wybranej specjalizacji, która ma swoje przedmioty kierunkowe. Do tego należy jeszcze uwzględnić wszystkie fakultety, które są wybierane przez studentów. Jeśli uwzględnimy, że w systemie e-HMS znajdują się także informacje o liczbach grup i ich specjalizacjach, to z tego wszystkiego wynika jakie zajęcia trzeba umieścić w planie. Warto jeszcze dodać, że liczby grup są często trudno przewidywalne, zależy to bowiem od tego, ilu studentów przejdzie na następny rok lub od tego, ilu studentów wydział przyjmie w procesie rekrutacji. Specjalizacje też są wybierane przez studentów i to nawet czasem w ostatniej chwili na niektórych rocznikach, a od tego zależy zestaw przedmiotów kierunkowych. Warto jeszcze zaznaczyć, że jeśli różne specjalizacje mają te same przedmioty kierunkowe, to ich wykłady muszą być planowane wspólnie. Wszystko to musi być uwzględnione w programie do planowania zajęć. Dodatkowo jeszcze potrzebne są dwie proste struktury danych, dotyczące sal i osób prowadzących. Sale znajdujące się na uczelni są różnego typu, są to sale wykładowe, ćwiczeniowe, laboratoryjne i specjalistyczne. Sale wykładowe i ćwiczeniowe mają różne pojemności. Oczywiście typ przydzielanej sali musi odpowiadać prowadzonym zajęciom ze względu na zainstalowane oprogramowanie. W przypadku sal specjalistycznych, gdzie znajduje się cenny sprzęt, dostęp powinien być odpowiednio ograniczony. Nawet niektóre zajęcia mogą się odbywać tylko w jednej sali w skali całej uczelni. Oczywiście dane na temat osób prowadzących też są konieczne i te dane trzeba stale aktualizować.

W przypadku systemu pensum przydziały zajęć osobom prowadzącym odbywają się w pewien specjalnie sformalizowany sposób. Cała uczelnia jest podzielona na wydziały i jednocześnie na instytuty. Osoby prowadzące są pracownikami instytutów (a nie wydziałów). Wydziały zlecają prowadzenie zajęć instytutom. Wewnątrz każdego instytutu, wice-dyrektor przydziela zajęcia wybranej katedrze, a wewnątrz katedry zajęcia przydziela kierownik katedry wybranym osobom. W przyszłości, ten system ma być w pełni elektronicznie zautomatyzowany. Tak więc zmiana osób prowadzących zajęcia nie musi być prosta. System planowania będzie musiał współpracować z systemem pensum.

Jeśli więc program do układania planu zajęć ma współpracować z innymi systemami, to cała struktura danych w programie powinna być dobrze dostosowana do takiej współpracy. W programie do planowania zajęć zdefiniowano pięć struktur danych, są to:

„drzewo roczników”, „przedmioty”, „osoby prowadzące”, „sale” i „zajęcia”. Naturalnie struktury te są powiązane różnymi zależnościami i relacjami, co przedstawiono schematycznie na rysunku 1.



Rysunek 1. Struktury danych i ich relacje w programie do planowania zajęć

Figure 1. Data structures and their relations in the class planning program

Źródło: opracowanie własne.

Pierwsze cztery struktury są fundamentalne dla całego planu, dodatkowo mają umożliwiać wygodną współpracę z innymi systemami, a także są konieczne do różnego rodzaju wizualizacji planu i eksportu danych. Z tych struktur wynika, jakie zajęcia są do ułożenia w planie, wraz z osobami prowadzącymi. Z kolei samo ułożenie konkretnego planu znajduje się w strukturze „zajęcia”, w pozostałych strukturach są tylko dane zajęć do ułożenia, ale zajmują dużo więcej miejsca w pamięci. W strukturze „zajęcia” znajdują się poszczególne zajęcia, każde z nich ma numery grup studentów (lub grupy fakultetu), numer przedmiotu, typ zajęć, numer osoby prowadzącej, numer sali, czas zajęć (w tym jest dzień, godzina, minuty i czas trwania zajęć). A więc w tej sytuacji układanie planu polega na przyporządkowaniu tych liczb do każdego zajęcia. A wszystkie zajęcia do ułożenia w planie już powinny być wygenerowane na podstawie pozostałych struktur danych.

Dla oczywistej wygody w programie komputerowym wszystkie grupy studentów są indeksowane jednym parametrem całkowitym. Oczywiście, w strukturze roczników są zapisane te wszystkie indeksy, każdy rocznik ma indeksy swoich grup i numery ich specjalizacji. Podobnie wszystkie czasy rozpoczynania się zajęć są reprezentowane jednym parametrem całkowitym, jest to liczba kwadransów od początku tygodnia. W naszych planach przyjmuje się, że czas może być skwantowany do przedziałów 15 min. Przy czym pomijamy czas nocny, kiedy to zajęcia się nie odbywają. Zakłada się, że teoretycznie najpóźniejsza pora, kiedy zajęcia mogą się rozpocząć to godzina 21:00, mimo tego że zgodnie z regulaminem studiów zajęcia mogą trwać co najwyżej do godziny 20:00. Należy tu wyraźnie rozróżnić zakresy parametrów w systemie komputerowym od zakre-

sów podawanych przez regulamin studiów. Podczas procesu automatycznej optymalizacji, algorytm może działać na szerszych zakresach, a na końcu dopiero plan powinien być ułożony zgodnie ze wszystkimi zarządzeniami.

Elementarne składniki opisanych tu struktur danych, to:

- przedmiot \sim (nazwa, rocznik, liczba godzin, typy sal) = (nz, r, gw, gc, gl, ts) .
- grupa \sim (numer grupy, specjalizacja) = (ng, sp) .
- sala \sim (numer sali, numer budynku, typ sali, pojemność) = (ns, nb, ts, v) .
- prowadzący \sim (numer prowadzącego, ograniczenia, preferencje) = (np, gr, pf) .
- zajęcie \sim (numer grupy, numer przedmiotu, typ zajęć, numer prowadzącego, numer sali, czas, długość) = (g, pd, tz, pr, s, t, d) .

Liczba godzin w przedmiocie oznaczają kolejno: gw – liczba godzin wykładów, gc – liczba godzin ćwiczeń, gl – liczba godzin laboratoriów w semestrze. Typy sal (ts) oznaczają typy sal potrzebne do zajęć laboratoryjnych tego przedmiotu. Typ zajęć w grupie (tz) oznacza informację, czy zajęcia są wykładami, ćwiczeniami, laboratoriami, seminariami czy fakultetami. W tej sytuacji układanie planu zajęć polega tylko na ustaleniu wybranych parametrów zajęć. W procesie układania szkieletu planu ustalamy cztery ostatnie parametry każdego zajęcia, czyli prowadzącego, salę, czas i długość zajęć, grupa i przedmiot natomiast jest już z góry zadana. W praktyce głównie ustala się salę i czas zajęć, osoba prowadząca jest już często z góry narzucona, a długość zajęć wynika z liczby godzin w semestrze (parametr przedmiotu) i z liczby zajęć w semestrze (zwykle 15). Wyjątkiem są sytuacje, kiedy zajęcia są rozbijane na kilka mniejszych w ciągu jednego tygodnia, czasem tak bywa – choć rzadko.

Warto zwrócić uwagę na jeszcze jeden istotny fakt, w tej sytuacji wszystkie zajęcia $\{z_k\}$ mogą być zapisane w dowolnej kolejności w całej strukturze zajęć w pamięci komputera. W rzeczywistości są zapisane w takiej kolejności, w jakiej były generowane w procesie ustalania, które zajęcia trzeba ułożyć w planie. Generowane są zgodnie ze strukturą drzewa roczników, każdy rocznik ma swoje przedmioty (na danym semestrze), a każdy przedmiot definiuje swoje zajęcia do ułożenia w planie w zależności od liczby grup na roczniku i wybranych specjalizacji w przypadku przedmiotu kierunkowego. Dla dalszych rozważań, wygodnie jest także określić podzbiory zajęć dla każdej grupy, każdego prowadzącego i dla każdej sali. Podzbiory zajęć będą przydatne później do definicji funkcji celu w procesie optymalizacji planu. Zbiory te nie są rozłączne.

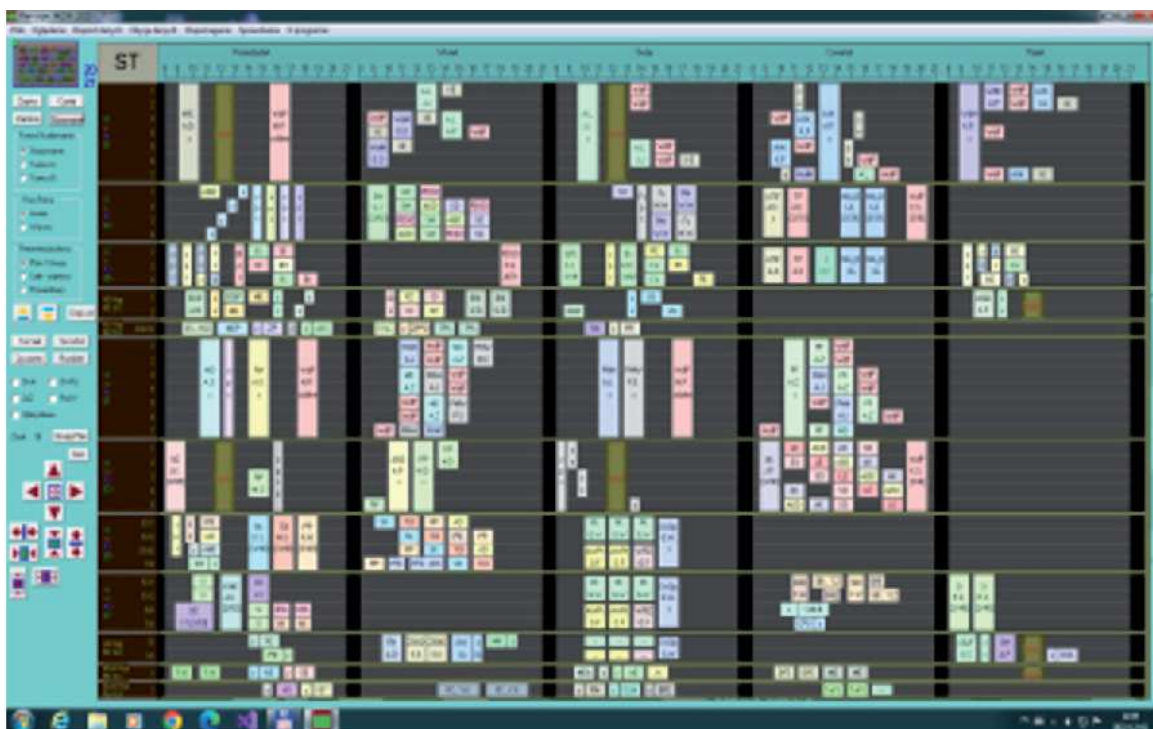
$$\begin{aligned}
 \text{Zajęcia } i\text{-tej grupy : } & G_i = \{ z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{in} \} \\
 j\text{-tego prowadzącego : } & P_j = \{ z_{j1}, z_{j2}, \dots, z_{jm} \} \\
 \text{Zajęcia } k\text{-tej sali : } & S_k = \{ z_{k1}, z_{k2}, \dots, z_{kr} \}
 \end{aligned} \tag{1}$$

Zakładamy że zajęcia są równomiernie rozłożone w ciągu całego semestru, tak więc w każdym tygodniu mamy taką samą liczbę zajęć dla każdego przedmiotu. Zakładamy, że teoretycznie zajęcia są tak samo ułożone w każdym tygodniu, więc układanie planu dotyczy jednego tygodnia. Optymalizacja więc dotyczy tylko planu tygodniowego, co jest i tak już niezwykle złożonym zadaniem. Optymalizacja zajęć w całym semestrze jest

znacznie bardziej złożona. W przypadku zajęć częściowo blokowanych w ciągu całego semestru, przyjmuje się, że te zajęcia są po prostu trochę dłuższe czasowo, a plan zajęć, przede wszystkim, dotyczy okresu, kiedy wszystkie zajęcia odbywają w ciągu tygodnia.

Komputerowy program do układania planu zajęć

Do układania planu zajęć na naszym wydziale stworzono specjalny program komputerowy. Z tego względu, że planiści są jednocześnie programistami tworzącymi swoje własne narzędzie, udało się stworzyć bardzo wygodne narzędzie do układania i optymalizacji planów zajęć. Program ma specjalny wygodny interfejs do ręcznego układania planu. Układany plan zajęć jest widoczny w oknie użytkownika programu. Układane zajęcia można przedstawiać przy użyciu myszki lub klawiatury. Zdaniem autorów, najistotniejsze jest to, że w oknie widzimy tylko jedną oś czasową zorientowaną poziomo i wszystkie grupy studenckie każdego rocznika są rozłożone wzdłuż osi pionowej. Dzięki temu planista dużo lepiej widzi wszystkie potencjalne kolizje w planie podczas planowania nowych konfiguracji planu. Zamiast grup rozłożonych pionowo, można też widzieć plan w postaci zajętość sal, wtedy to sale są rozłożone wzdłuż osi pionowej. To samo dotyczy osób prowadzących, osoby te też mogą być ustawione wzdłuż osi pionowej i wtedy widać w osobnych wierszach ich zajęcia.



Rysunek 2. Interfejs graficzny programu do układania planu zajęć na Wydziale Zastosowań Informatyki i Matematyki SGGW

Figure 2. Graphical interface of the program for arranging the schedule of classes at the Faculty of Applied Informatics and Mathematics SGGW – WULS

Źródło: opracowanie własne.

Dzięki temu planista doskonale widzi rozkład zajętości sal lub zajęć dla prowadzących. Obraz planu można powiększać i pomniejszać, zarówno względem czasu (poziomo), jak i względem wysokości grup (pionowo) lub sal czy prowadzących w innej opcji widoku. W maksymalnym pomniejszeniu planista może zobaczyć cały plan zajęć na jednym obrazie, nie widząc przy tym wielu szczegółów. Taka możliwość jest bardzo korzystna podczas planowania nowych konfiguracji. W maksymalnym powiększeniu planista widzi tylko mały fragment planu, ale za to widząc dobrze wszystkie szczegóły. Tradycyjny widok planu zajęć, gdzie widać dni tygodnia równoległe obok siebie, jest bardzo niepraktyczny dla planisty, bowiem nie widać wtedy potencjalnych kolizji ani rozłożenia ilości zajęć i zajętości sal. Dodatkowo przy dowolnym powiększeniu użytkownik programu może, używając prawego klawisza myszki, wyświetlić wszystkie dokładne dane na temat każdego zajęcia. Widok interfejsu graficznego programu jest przedstawiony na rysunku 2.

Dzięki wygodnemu narzędziu planista potrafi bardzo wydajnie optymalizować plany zajęć – układając je ręcznie. Nie mniej jednak układanie planu zajęć jest i tak bardzo czasochłonnym zajęciem. Więc oczywiście stworzenie automatycznego wspomagania procesu planowania może być bardzo pomocne. Postanowiono więc zaimplementować do programu algorytmy wspomagające układanie oparte na metodach heurystycznych. Na razie podjęte próby są jeszcze w fazie eksperymentalnej. Testowany algorytm wspomagania planowania jest głównie oparty na zastosowaniu systemu wieloagentowego i meta-heurystyki symulowanego wyżarzania.

Systemy wieloagentowe

Systemy wieloagentowe są bardzo obiecującym obszarem badań w dziedzinie sztucznej inteligencji. System wieloagentowy to system złożony, zdecentralizowany, rozproszony, zbudowany z wielu agentów działających zwykle autonomicznie. Każdy agent działa w pewnym obszarze środowiska, pobiera dane i wykonuje pewne akcje oraz komunikuje się z innymi agentami. W dziedzinie informatyki agent może być rozumiany jako pewien program lub podprogram komputerowy [Biernacki 2005]. Teoretycznie, agentem może być też jakieś urządzenie, robot, owad, zwierzę lub nawet człowiek działający w większej populacji. Okazuje się, że systemy komputerowe oparte na modelu wieloagentowym mają ogromne możliwości. Zdaniem autorów [Wooldrige 2002, Piotr 2019], być może jest to nawet najlepszy sposób na stworzenie naprawdę inteligentnych systemów w przyszłości. Warto też zauważyć, że jest to bardzo szerokie i istotne pojęcie. Otóż wiele bardzo znanych i skutecznych narzędzi sztucznej inteligencji, to właśnie szczególne przypadki systemów wieloagentowych. I tak na przykład sieci neuronowe, automaty komórkowe, algorytmy mrówkowe, grawitacyjne, świetlika, inteligencji roju, czy nawet algorytmy ewolucyjne, są szczególnymi przypadkami systemów wieloagentowych. Agentem może być neuron w sieci neuronowej lub grupa neuronów, komórka w automacie komórkowym lub grupa komórek, wirtualna mrówka, wirtualny świetlik, wirtualny obiekt w algorytmie grawitacyjnym, osobnik w algorytmie ewolucyjnym, czy jakiś inny obiekt w systemie złożonym rozproszonym. Systemy wieloagentowe są zwykle stosowane w przypadkach, gdy rozwiązywany problem ma ogromną złożoność i charakter rozproszony. Bardzo korzystną cechą systemów wieloagentowych jest też

fakt, że bardzo łatwo dają się zrównoleglić, co znacząco przyspiesza działanie i uodparnia na błędy. Jak na razie nie istnieje w pełni ścisła i precyzyjna definicja systemu wieloagentowego, w pełni spełniająca wszystkie oczekiwania. Wszystkie próby ścisłego definiowania systemów wieloagentowych jednocześnie ograniczają to pojęcie. Jednak nie powinno to być tak bardzo zaskakujące, jeśli agentem może być dowolny program komputerowy, to jego możliwości działania wydają się niemal nieograniczone, tak więc bardzo trudno to w pełni zdefiniować matematycznie. Można jednak wymienić wiele cech systemów wieloagentowych, jak i samych agentów, co pozwala względnie trafnie określić, czym takie systemy są. W takiej sytuacji, najpierw warto określić typowe cechy pojedynczego agenta.

Zakłada się, że zawsze system wieloagentowy działa w pewnym środowisku, w informatyce działanie to polega na przetwarzaniu danych tego środowiska. Uważa się, że poszczególne agenty jest zwykle mocno autonomiczny, pobiera dane ze środowiska, analizuje je i podejmuje pewne akcje. Dodatkowo agent komunikuje się z innymi agentami, pobierając i wysyłając dane, co także ma wpływ na podejmowane przez niego akcje. Każdy agent ma pewne cele do osiągnięcia i jego działanie jest nastawione w tym kierunku. Cały system wieloagentowy składa się z wielu agentów. W całym systemie cele poszczególnych agentów mogą, ale nie muszą być zgodne ze sobą. I tak jest właśnie dokładnie w przypadku układania planu zajęć, różni agenci grup i prowadzących bardzo często mają niezgodne cele, ponieważ bardzo często zmiana planu jest dobra dla jednych, ale zła dla drugich.

Typowe cechy agenta w systemach wieloagentowych, to:

- autonomiczny – zdolny do podejmowania własnych niezależnych decyzji,
- komunikatywny – posiada umiejętności wymiany danych z innymi agentami,
- posiada percepcję – zdolność do obserwacji i analizy środowiska,
- posiada cele – jego działania są nastawione na osiągnięcie jego celów,
- tolerancyjny – odporny na błędy, przetwarza wiedzę niepełną i niepewną,
- posiada zdolność uczenia się i zdolność adaptacji do zmian środowiska.

Odnosząc się do tych szczególnych przypadków systemów wieloagentowych ich poszczególne jednostki, czyli agenci, posiadają właśnie te cechy. Bowiem to wszystko właśnie dotyczy neuronów, komórek automatów, mrówek, świetlików, obiektów grawitacyjnych, elementów roju, osobników i podobnych obiektów w systemach złożonych. Agenci w systemach wieloagentowych są często dzieleni na różnego rodzaju typy. Istnieje wiele różnych podziałów na typy agentów. Na przykład, ze względu na metody komunikacji, znany jest następujący podział na typy agentów:

- podstawowy – przyjmuje rozkazy i podejmuje ustalone akcje,
- pasywny – przyjmuje rozkazy i zapytania oraz wysyła rozkazy,
- aktywny – przyjmuje rozkazy oraz wysyła rozkazy i zapytania,
- równy – przyjmuje oraz wysyła rozkazy i zapytania.

Zwykle agent komunikuje się tylko z wybraną grupą innych agentów, którzy należą do jego otoczenia, tak więc ważna jest także architektura połączeń. Warto zauważyć, że taki podział jest też nie do końca jasny. Jeśli bowiem wszyscy agenci mają dostęp do wspólnej pamięci współdzielonej, to rozkazy i zapytania mogą być zapisane właśnie w tej pamięci i każdy agent ma do nich dostęp. Ta wspólna pamięć może reprezentować

środowisko systemu. W tej sytuacji, trudno powiedzieć, do której grupy należy konkretny agent. Wówczas każdy agent może być agentem równym, bo podejmuje swoje akcje na podstawie obserwacji i analizy środowiska. Inaczej mówiąc, komunikacja może się odbywać poprzez interakcje agentów ze środowiskiem. Z kolei ze względu na sposoby działania agentów można wyróżnić następujące typy agentów:

- logiczny – funkcje decyzyjne są projektowane na podstawie metod dedukcji,
- reaktywny – podejmuje działania na podstawie analizy stanu środowiska,
- pro-reaktywny – zorientowany na cel, wykonuje działania z własnej inicjatywy,
- agent BDI – przekonania, pragnienia, intencje (Beliefs, Desires, Intension),
- wielowarstwowy – posiada różne warstwy programowe i poziomy abstrakcji.

Ogólnie rzecz biorąc, podejmowanie decyzji przez agenta zależy od danych ze środowiska, stanu wewnętrznego agenta oraz od danych pochodzących od innych agentów. W niektórych opisach reaktywność i pro-reaktywność są cechami agenta, gdy zakłada się, że każdy agent powinien być odpowiednio złożony i powinien te obie cechy posiadać. W przypadku proponowanego systemu układania planu zajęć, agenci grup i agenci osób prowadzących są aktywni i pro-reaktywni oraz mają prawie wszystkie cechy agentów systemów wieloagentowych.

Należy zaznaczyć, że istnieje jeszcze wiele innych podziałów agentów ze względu na różne sposoby funkcjonowania w całym systemie i środowisku. Wyróżnia się też agentów monitorujących, wyszukiwujących, zarządzających, współpracujących, rywalizujących, skoordynowanych, odpowiedzialnych, intencjonalnych, socjalnych, godnych zaufania, nieprzewidywalnych, itd. W jeszcze innym podejściu, podstawowych agentów dzieli się na tropistycznych i histerycznych, gdzie system jest matematycznie opisany w języku teorii automatów. Często te bardziej zaawansowane metody podziałów dotyczą już systemów wieloagentowych dedykowanych do konkretnych zagadnień. W przypadkach bardziej złożonych zakłada się, że każdy podstawowy agent wykonuje swoje działania i analizy na wybranym obszarze środowiska. Powstają więc problemy podziału środowiska na obszary wpływu danych agentów. Obszary działań różnych agentów mogą się częściowo pokrywać. W takich przypadkach musi być ustalone, w jaki sposób agenci rozwiązują sytuacje konfliktowe. Rozsądnym podejściem jest definiowanie agentów różnych poziomów. Agenci wyższego poziomu działają na większym obszarze środowiska i mają agentów niższego poziomu im podległych. W przypadku konfliktów agenci zwracają się do swoich agentów nadrzędnych. Tak więc w przypadku bardziej złożonych systemów klasyfikacje agentów są również znacznie bardziej rozbudowane.

Cechy całego złożonego systemu wieloagentowego przedstawiają się następująco:

- system działa w pewnym środowisku,
- system składa się z wielu autonomicznych agentów,
- agenci wykonują działania, które mają wpływ na środowisko i ich stany własne,
- agenci komunikują się między sobą i ze środowiskiem,
- w przypadkach konfliktowych agenci podejmują odpowiednie negocjacje,
- żaden agent nie ma pełnej wiedzy o całym systemie,
- kontrola nad systemem jest rozproszona,
- dane w systemie są zdecentralizowane,
- działania agentów są asynchroniczne.

Ogólnie zakłada się, że system wieloagentowy powinien być systemem całkowicie zdecentralizowanym, jednak to podejście często nie jest traktowane aż tak zasadniczo. Stopień decentralizacji systemu bywa różny w różnych przypadkach. Powstało już nawet wiele typów modeli systemów wieloagentowych częściowo zcentralizowanych. Zakłada się że poszczególni agenci powinni być maksymalnie autonomiczni, dzięki temu system może być równoległy i rozproszony. Jednak czasami pojawia się jakaś potrzeba centralnego sterowania, przynajmniej w pewnym stopniu. Czasami tą rolę przyjmują na siebie agenci wyjątkowo uprzywilejowani, którzy mają za zadanie kontrolowanie działań innych agentów, są to agenci wyższego poziomu. Jedni agenci mogą podlegać innym w pewnym stopniu i tak można tworzyć nawet całe struktury zarządzania w tym wirtualnym świecie. Nieco innym podejściem jest kontrolowanie działań wszystkich agentów przez główny wątek programu. Ten główny wątek programu też można nazwać centralnym agentem. Podobnie jest właśnie w proponowanym systemie do układania planu zajęć. Działania agentów są koordynowane przez głównego agenta całego planu. Agent ten synchronizuje działania agentów grup i prowadzących w różnych fazach ich działania oraz kontroluje rozwiązywanie konfliktów w oparciu o podstawie globalnej funkcji celu. Tak więc w przypadku systemu do układania planu zajęć nie wszystkie cechy są spełnione, zwłaszcza te dotyczące wiedzy o całym systemie i decentralizacji danych, ponieważ wszyscy agenci korzystają z jednej pamięci współdzielonej. Cechą bardziej złożonych systemów wieloagentowych jest umiejętność rozwiązywania problemów kolizyjnych metodą negocjacji agentów. W negocjacjach mogą uczestniczyć wybrane grupy agentów. Zastosowanie tego typu rozwiązania w przypadku układania zajęć na uczelni może być odpowiednie, co zostanie przetestowane w projektowanym programie wspomagającym planowanie.

Podsumowanie i Wnioski

Dobrze ułożony plan zajęć ma ogromne znaczenie. Jednak optymalizacja planu wcale nie jest prostym zadaniem, szczególnie na większej uczelni. Tematem pracy jest stworzenie specjalnych narzędzi do wspomagania układania planów. Początkowo przedstawione narzędzia są głównie skierowane do układania planów zajęć na Wydziale Zastosowań Informatyki i Matematyki SGGW. Podstawowym narzędziem jest program komputerowy do ręcznego układania planu zajęć przez planistę. Program został napisany tak, aby układanie planu było możliwie wygodne i żeby planista mógł jak najlepiej widzieć całą konfigurację planu oraz mógł wygodnie projektować inne konfiguracje na wypadek dużych koniecznych zmian. Taką dużą zmianą może być zmiana programów studiów, która pociąga za sobą wprowadzenie innych przedmiotów kierunkowych albo ustalenie innego dnia w tygodniu dla fakultetów. Na wcześniej wspomnianym wydziale ustalono, że każdy kierunek studiów ma wybrany dzień w tygodniu na fakultety i w tym dniu nie mogą się odbywać inne zajęcia dla tego kierunku. Takie sytuacje, rzecz jasna, implikują rewolucyjne zmiany planu zajęć. Istotną zaletą programu jest to, że planista może wiedzieć wszystkie zajęcia w danym czasie na osi pionowej, a zmienna czasowa jest położona poziomo. Jest to bardzo wygodne podejście w przeciwieństwie do prezentacji tradycyjnej. Naturalną kontynuacją są próby automatycznej optymalizacji planu zajęć.

Obecnie trwają próby testowania nowych narzędzi, które opierają się na zastosowaniu wybranych metod heurystycznych. Na podstawie naszych obserwacji stwierdziliśmy, że najlepszym rozwiązaniem jest zastosowanie systemu wieloagentowego do optymalizacji planu. Proponowane podejście jest stale rozwijane i będzie tematem następnej pracy. W pracy przedstawiono także teoretyczny opis systemów wieloagentowych w szerokim zakresie. W przypadku proponowanego algorytmu optymalizacji planu wykorzystuje się system wieloagentowy, którego agenci są względnie prości. Jednak znaną cechą takich systemów złożonych jest to, że równoległe działanie nawet bardzo prostych wielu jednostek może dawać bardzo imponujące efekty. Tak więc prostota poszczególnego agenta wcale nie ogranicza możliwości działania całego systemu. Nie mniej jednak, w przyszłości planuje się dodatkowe zastosowanie innych metod heurystycznych do lokalnych optymalizacji wybranych części planu zajęć.

Bibliografia

- Alghamdi H., Alsubait T., Alhakami H., Baz A., 2020: A review of optimization algorithms for university timetable scheduling, *Engineering, Technology & Applied Science Research* 10(6), 6410–6417.
- Biernacki A., 2005: Systemy wieloagentowe jako narzędzie do symulacji systemów złożonych, *Studia Informatica* 26, 1, 15–28.
- Deris S., Omatu S., Ohta H., Saad P., 1999: Incorporating constraint propagation in genetic algorithm for university timetable planning, *Engineering applications of artificial intelligence* 12(3), 241–253.
- Deris S., Omatu S., Ohta H., 2000: Timetable planning using the constraint-based reasoning. *Computers & Operations Research* 27(9), 819–840.
- Feliks J., Lichota A., Majewska K., 2015: Koncepcja wykorzystania podejścia agentowego do modelowania systemów logistyki serwisowej, *Logistyka* 2, 89–98.
- Fierek S., 2015: Budowa modelu podaży transportu publicznego dla wieloagentowego modelu symulacyjnego, *Logistyka*, 4, 1, 235–242 [CD].
- Ghomi J.E., Rahmani A.M., Qader N.N., 2019: Service load balancing, scheduling, and logistics optimization in cloud manufacturing by using genetic algorithm. *Concurrency and Computation: Practice and Experience* 31, e5329. <https://doi.org/10.1002/cpe.5329>
- Said H., El-Rayes K., 2014: Automated multi-objective construction logistics optimization system, *Automation in Construction* 43, 110–122.
- Kakkar M.K., Singla J., Garg N., Gupta G., Srivastava P., Kumar A., 2021: Class schedule generation using evolutionary algorithms, *Journal of Physics: Conference Series* 1950, 1, 012067.
- Konstantinow G., Coakley C., 2004: Use of genetic algorithms in reactive scheduling for course timetable adjustments, *PATAT*, 521–522.
- Li S., Teo K.L., 2019: Post-disaster multi-period road network repair: work scheduling and relief logistics optimization. *Annals of Operations Research* 283, 1345–1385. <https://doi.org/10.1007/s10479-018-3037-2>
- Lin G., Gen M., Wang X., 2009: Integrated multistage logistics network design by using hybrid evolutionary algorithm, *Computers & Industrial Engineering* 56, 3, 854–873, <https://doi.org/10.1016/j.cie.2008.09.037>
- Mindur L., Wronka J., Fechner I., Krzyżaniak S., Hajdul M., 2011: Kształtowanie sieci intermodalnej w oparciu o koncepcję systemów wieloagentowych, *Logistyka* 4, 666–677.

- Mittal D., Doshi H., Sunasra M., Nagpure R., 2015: Automatic timetable generation using genetic algorithm, *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering* 4(2), 245–248.
- Moszyński M., 2011: Konstruowanie planu zajęć dydaktycznych jako wielokryterialny problem optymalizacyjny, kilka refleksji. *Ekonomia XLII – Nauki Humanistyczno-Społeczne* 402, 229–243.
- Narang B., Gupta A., Bansal R., 2013: Use of active rules and genetic algorithm to generate the automatic time-table, *International Journal of Advances in Engineering Sciences* 3(3), 40–44.
- Netczuk A., Nowicki T., Pierzchała D., 2015: Wieloagentowy model symulacyjny rozprzestrzeniania się epidemii, *Symulacja w Badaniach i Rozwoju* 6, 2, 125–135.
- Pečený L., Meško P., Kampf R., Gašparík J., 2020: Optimisation in Transport and Logistic Processes, *Transportation Research Procedia* 44, 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.02.003>
- Piotr P., 2019: *Wieloagentowe systemy decyzyjne*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- Reklaitis G.V., 2000: Overview of planning and scheduling technologies. *Latin American Applied Research* 30(4), 285–293.
- Sawicki P., 2013: *Wielokryterialna optymalizacja procesów w transporcie*, Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji – Państwowego Instytutu Badawczego, Radom.
- Soyemi J., Akinode J., Oloruntoba S., 2017: Electronic Lecture Time-table Scheduler using Genetic Algorithm, 2017 IEEE 15th Intl Conf on Dependable, Autonomic and Secure Computing, 15th Intl Conf on Pervasive Intelligence and Computing, 3rd Intl Conf on Big Data Intelligence and Computing and Cyber Science and Technology Congress (DASC/PiCom/DataCom/CyberSciTech), 6–10 listopada, 710–715.
- Suryadi D., Pilipus R., 2012: Genetic algorithm for university timetable planning in FTI, *Proceedings of the 2012 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Istanbul, Turkey, 3–6 lipca, 656–664.
- Wooldridge M., 2009: *An introduction to multiagent systems*, John Wiley & Sons, New Jersey.

Andrzej Jezierski✉

Wyższa Szkoła Bankowa w Toruniu

Zarządzanie łańcuchami dostaw żywności w czasie pandemii COVID-19 – wybrane problemy

Managing food supply chains during the COVID-19 pandemic – selected problems

Synopsis. Niniejszy artykuł zawiera przegląd kierunków działań usprawniających funkcjonowanie łańcuchów dostaw żywności w dobie pandemii COVID-19. Celem pracy jest identyfikacja kierunków rozwoju koncepcji funkcjonowania łańcuchów dostaw żywności, stosowanych strategii, metod, narzędzi i innowacji w czasie pandemii. Głównymi metodami zastosowanymi w artykule są przegląd literatury oraz studia przypadków. Na podstawie teoretycznej zaprezentowano kierunki kształtowania łańcuchów dostaw i ich możliwości w rozwiązywaniu zadań dostarczania żywności. W artykule oceniane są potencjalne zakłócenia po stronie podaży oraz popytu w łańcuchach dostaw żywności, w tym niedobory siły roboczej, zakłócenia sieci transportowych, zakłócenia w gospodarce magazynowej i zarządzania zapasami. Analizie poddano wybrane strategie funkcjonowania łańcuchów dostaw żywności, stosowane w dobie pandemii. Na koniec w dokumencie rozważono, czy pandemia COVID-19 będzie miała długotrwały wpływ na charakter łańcuchów dostaw żywności oraz określone przyszłe możliwe kierunki badań w poruszonym obszarze.

Słowa kluczowe: pandemia COVID-19, strategie logistyczne, zarządzanie łańcuchami dostaw żywności, determinanty zmian

Abstract: This article provides an overview of the directions of actions to improve the functioning of food supply chains in the time of the COVID-19 pandemic. The aim of the study is to identify the directions for developing the concept of functioning food supply chains, strategies, methods, tools and innovations used during a pandemic. The main methods used in the article are literature review and case studies. On a theoretical basis, the directions of shaping supply chains and their possibilities in solving the task of food supply are presented. The article assesses potential supply and demand disruptions in food supply chains, including labor shortages, transport network disruptions, warehouse economy disruptions and inventory management. Selected strategies for the functioning of food supply chains

✉ Andrzej Jezierski – Wyższa Szkoła Bankowa w Toruniu; Instytut Nauk Stosowanych;
e-mail: andrzej.jezierski@wsb.torun.pl; <https://orcid.org/0000-0001-7360-2086>

used in the pandemic era were analyzed. Finally, the paper considers whether the COVID-19 pandemic will have a long-term impact on the nature of food supply chains and identifies possible future research lines in the area concerned.

Keywords: COVID-19 pandemic, logistic strategies, food supply chain management, determinants of changes

Kody JEL: D85, L14

Wstęp

Pandemia COVID-19 zmieniła obraz funkcjonowania całego świata. Znaczne osłabienie światowego i europejskiego PKB, zwłaszcza w obliczu dalszej niepewności i ryzyka przedłużającej się pandemii stało się faktem. Według danych Eurostatu na koniec lipca 2020 roku gospodarka strefy euro spadła o 12,1% (11,9% w UE) w drugim kwartale w porównaniu z pierwszym kwartałem 2020 roku [Maital 2020]. Pandemia spowodowała poważne niedobory wyrobów licznych branż: medycznej, spożywczej, farmaceutycznej, motoryzacyjnej czy elektronicznej. Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) szacuje globalne miesięczne zużycie 89 mln masek, 76 mln rękawiczek i 1,6 mln gogli [WHO 2020]. Oczekuje się, że zużycie wyrobów wielu branż wzrośnie. Niestety łańcuchy dostaw wielu branż, funkcjonując w warunkach pandemii, *lockdownu*, ograniczeń prawnych i proceduralnych, nie są w pełni efektywne. Stan zagrożenia właściwego funkcjonowania gospodarek na taką skalę i zasięg jest bezprecedensowy. Tragedia może rzucić wyzwanie zarówno gospodarkom bogatym, jak i krajom się rozwijającym. Wszechobecność COVID-19 ujawniła, że wiele krajów jest nieprzygotowanych i źle wyposażonych do konfrontacji z pandemią. Powstały liczne inicjatywy mające na celu zaspokojenie nagłych potrzeb i dostosowania się do warunków pandemicznych. Na przykład istniejący producenci przyspieszyli proces produkcyjny, aby sprostać wymaganiom, wraz z wieloma innymi producentami, którzy w walce z pandemią zmienili dotychczasowy profil produkcyjny [Bhaskar i in. 2020]. Wiele inicjatyw podejmuje się na szczeblu rządowym lub nawet porozumień międzynarodowych, np. program dostępności do szczepionek w UE. Pod znakiem zapytania stoi rozwój wielkich międzynarodowych przedsięwzięć, takich między innymi jak wprowadzenie pakietu mobilności czy rozwój Jedwabnego Szlaku [YingHui 2020]. Walka z pandemią i próba ratowania gospodarek poszczególnych państw przebiega na wielu płaszczyznach. Przede wszystkim dotyczy funkcjonowania służby zdrowia. Jednak efektywne przeciwdziałanie skutkom pandemii zależy od sprawnie funkcjonujących zarówno całych systemów społeczno-gospodarczych, jak i poszczególnych ich elementów; służby zdrowia, finansów, regulacji prawnych, administracyjnych, właściwie funkcjonującego systemu logistycznego. Niezwykle istotnym elementem tego systemu jest oczywiście branża spożywcza. Wydaje się, że obok branży medycznej to właśnie branża spożywcza stanowi z jednej strony ogniwo najistotniejsze z punktu widzenia zapewnienia podstawowych funkcji jakiegokolwiek egzystencji wszelkich systemów społeczno-gospodarczych, z drugiej zaś strony wydaje się, że właśnie branża spożywcza stanowi jedną z najmocniej dotkniętych przez pandemię branż.

Pomimo obecnych inicjatyw, różnego rodzaju działań prowadzących do łagodzenia skutków pandemii, wiele zależy od koordynacji, integracji i sprawnego zarządzania funkcjonowaniem łańcuchów dostaw. W związku z tym wskazuje się na wiele koncepcji „ulepszonoego” zarządzania łańcuchami dostaw, np. koncepcję odporności łańcucha dostaw [Kumar i Kumar Singh 2021], zwinności [Agarwal i in. 2020], zarządzania ryzykiem łańcuchów dostaw [Adobor 2020]. W trakcie trwania pandemii powstały całkowicie nowe koncepcje związane z funkcjonowaniem łańcuchów dostaw lub istniejące i znane koncepcje zarządzania łańcuchami dostaw nabrały w obliczu pandemii zupełnie innego znaczenia. Tym zagadnieniom poświęcony jest w znacznej mierze niniejszy artykuł. Dokonano przeglądu literatury i identyfikacji oraz charakterystyki koncepcji zarządzania łańcuchami dostaw żywności w czasie pandemii COVID-19. Określone koncepcje zarządzania łańcuchami dostaw żywności przekładają się na konkretne działania, które realizowane są poprzez stosowanie określonych strategii, metod i narzędzi oraz określonych innowacji związanych z tym obszarem gospodarki. Niniejszy artykuł dołącza do coraz większej liczby prac badających wpływ epidemii COVID-19 na funkcjonowanie gospodarki, w tym funkcjonowanie łańcuchów dostaw produktów spożywczych. Wyroby branży spożywczej wymagają określonych uwarunkowań dostaw, co stawia poważne zadanie operatorom logistycznym, zwłaszcza w okresie pandemii. Rynek usług logistycznych, zarówno europejski, jak i światowy, jest zróżnicowany pod względem wielu czynników – wielkości funkcjonujących na nim podmiotów, stosowanych narzędzi zarządzania, stopnia cyfryzacji, infrastruktury itp. Operatorzy logistyczni, funkcjonujący w aktualnym, trudnym i niepewnym otoczeniu, muszą stosować właściwe metody i narzędzia dostosowane do bieżących wymogów funkcjonowania w warunkach pandemii. Jeśli chodzi o modele biznesowe stosowane przez globalnych operatorów logistycznych to obecnie wykorzystywane są zarówno zasoby własne, jak i dostawcy zewnętrzni. Modele czystego *outsourcingu*, popularne w okresie sprzed pandemii, są obecnie wykorzystywane w mniejszym stopniu. Poruszając się w tak szerokiej materii, autor pragnie podkreślić, że artykuł stanowi próbę wskazania kierunków podejmowanych badań, tym samym stanowiąc przyczynek do dyskusji w podjętym obszarze badań a nie próbę kompleksowego rozwiązania.

Materiały i metody

Definiowanie zarządzania łańcuchami dostaw

Potoczne staje się już stwierdzenie, że w literaturze istnieje wiele propozycji ujęcia kategorii zarządzania łańcuchami dostaw (*Supply Chain Management* – SCM), a także pojęć bliskoznacznych. SCM definiowane jest między innymi jako:

- działanie polegające na dostarczaniu towarów wraz z powiązаныmi informacjami od miejsca wysyłki do miejsca przeznaczenia zgodnie z warunkami dostawy [Christopher 2016];
- działania związane z wytwarzaniem produktu/usługi, od pozyskiwania surowców do ostatecznej dostawy do klienta, mające na uwadze cel, aby cały proces był opłacalny, zaradny i praco oszczędny przy jednoczesnym spełnieniu wymagań osób w to zaangażowanych [Golwelkar 2020];

- działanie obejmujące wiele aktywności koordynowanych przez organizację w celu zaopatrzenia i zarządzania dostawami [Fonseca i Azevedo 2020];
- „konstrukcja parasolowa”, która obejmuje pozyskiwanie dostawców i sieci, a także łańcuch popytu i wartości oraz zintegrowane zarządzanie logistyką [Croom i in. 2000].

Jedną z najważniejszych definicji SCM jest definicja opracowana i stosowana przez Global Supply Chain Forum: SCM to integracja kluczowych procesów biznesowych od użytkownika końcowego przez oryginalnych dostawców, którzy dostarczają produkty, usługi i informacje, które dodają wartości dla klientów i innych interesariuszy [Cooper i in. 1997]. W wielu definicjach zarządzanie łańcuchem dostaw ujmowane jest jako ciąg czynności wykonywanych kolejno przez różne przedsiębiorstwa. Przykładem takiego ujęcia jest definicja European Committee for Standardisation, według której SCM jest sekwencją procesów wnoszących wartość dodaną do produktu w trakcie jego przepływu i przetwarzania od surowców, przez wszystkie formy pośrednie, aż do postaci zgodnej z wymaganiami klienta końcowego [European Committee for Standardisation 1997]. Mając na uwadze złożoność procesów zachodzących w łańcuchu dostaw oraz ich zarówno sekwencyjny, jak i równoległy charakter, organizacja APICS (The Association for Operation Management, wcześniej American Production and Inventory Control Society), zdefiniowała łańcuch dostaw jako procesy zachodzące od momentu pozyskania początkowych materiałów zaopatrzeniowych do konsumpcji ostatecznego produktu [Cooper i in. 1997]. Wielu autorów traktuje łańcuch dostaw jako określony zbiór podmiotów gospodarczych [What is it All About 1986] lub jako sieć producentów i usługodawców [Borgatti i Li 2009]. Ze względu na dotychczasowy dorobek teoretyczny w obszarze SCM, przedstawione definicje i świadomość rozwoju teorii i praktyki w zakresie zarządzania łańcuchami dostaw, a także opinie wymienionych autorów i innych specjalistów oraz powszechnie stosowaną oraz zaakceptowaną w ogólności światowym środowisku naukowym i biznesowym terminologię, można przyjąć, że pod pojęciem SCM można rozumieć działania związane z zarządzaniem przemieszczania zasobów od miejsc ich pozyskania do miejsc przeznaczenia, zgodnie z warunkami dostawy.

Warto zwrócić uwagę na krytykę pojęcia łańcuch dostaw, wyrażaną przez autorów wielu publikacji. Twierdzą oni, że z semantycznego punktu widzenia nie powinno stosować się terminu „łańcuch dostaw” i warto je zastąpić innym, bardziej adekwatnym i precyzyjnym pojęciem. Po pierwsze dlatego, że siłą napędową działań w łańcuchu dostaw nie są dostawy, a popyt kreowany przez klientów. Po drugie, nie chodzi tu o łańcuch liniowo powiązanych ze sobą ogniw, lecz o sieć wielu współzależnych firm, reprezentujących zarówno sferę zaopatrzenia, jak i dystrybucji. Stąd też wybrani autorzy twierdzą, że bardziej adekwatnym byłoby określenie „sieć popytu” (*demand network*) [Buhman i Kekre 2005]. W literaturze funkcjonuje także pojęcie sieci podaży [Choi i Rungtusanatham 2001]. W publikacjach z obszaru tematyki SCM wskazuje się na wiele pojęć bliskoznacznych; takich jak zarządzanie łańcuchami podaży, zarządzanie łańcuchami logistycznymi czy zarządzanie logistyczne. W literaturze prowadzona jest od wielu lat dyskusja nad relacją między tymi pojęciami [Cooper i in. 1997]. Często pojęcia te są traktowane jako synonimy kategorii SCM. Warto w tym miejscu podkreślić, że termin logistyka (podobnie jak SCM) również miał różne interpretacje. Rada Zarządzania Logistyką (CLM) zdefiniowała zarządzanie logistyką jako proces planowania, wdrażania i kontrolowania wydajnego, efektywnego kosztowo przepływu i przechowywania surow-

ców, zapasów w toku, wyrobów gotowych i związanych z nimi przepływu informacji z punktu pochodzenia do punktu konsumpcji w celu spełnienia wymagań klienta [Management 1986].

Szeroki zakres problematyki objęty koncepcją SCM pozwolił na rozwój bardziej szczegółowych kierunków w ramach tej koncepcji, takich między innymi jak: SCRM – *Supply Chain Risk Management* [Manuj i Mentzer 2008], ASC – *Agile Supply Chain* [Christopher 2000], SSC – *Sustainable Supply Chain* [Seuring i Müller 2008], RSP – *Resilient Supply Chain* [Christopher 2004]. Literatura teorii SCM skupia się na problematyce globalnych łańcuchów dostaw, międzynarodowych łańcuchów dostaw, lokalnych łańcuchów dostaw, łańcuchach dostaw różnych faz przepływu zasobów (zaopatrzenia, produkcji, dystrybucji), łańcuchach dostaw różnych sfer działalności (produkcji, handlu, usług, rolnictwa), w końcu łańcuchach dostaw różnych rodzajów branż i produktów [Mentzer et al., 2001, Bourlakis 2004, Mentzer i Myers 2007, Mentzer i Stank T. P 2008]. Wszystkie te skoncentrowane na określonych aspektach kierunki badawcze w ramach teorii SCM mają na celu znalezienie odpowiedzi na zasadnicze pytanie: jak łańcuchy dostaw mogą efektywnie funkcjonować w ramach zmieniających się warunków otoczenia i zaistniałych różnych zdarzeń, zakłóceń i zagrożeń, takich jak klęski żywiołowe [Park i Hong 2013], ataki terrorystyczne [Dobie i in. 2000], kryzysy wojenne [Vassenhove 2006] czy pandemii [Ishida 2020]? Oczywiście od początku wybuchu pandemii COVID-19 teoria koncepcji SCM coraz mocniej wzbogacana jest ważnym, światowym problemem zarządzania łańcuchami dostaw żywności.

Zarządzanie łańcuchami dostaw w czasie pandemii – ujęcie teoretyczne

Okres pandemii wymusił określone zachowania i zmiany w zarządzaniu łańcuchami dostaw. Podjęto wiele wzmożonych badań nad zarządzaniem łańcuchami dostaw w nowej sytuacji, w jakiej znalazł się cały świat. Przegląd literatury z obszaru współzależności koncepcji SCM i pandemii COVID-19, pozwala koncentrować uwagę na następujących kierunkach i obszarach badawczych:

- identyfikacji zakłóceń i ryzyka zagrożeń w otoczeniu łańcuchów dostaw, mających lub mogących mieć wpływ na funkcjonowanie łańcuchów dostaw;
- zarządzaniu ryzykiem w łańcuchach dostaw;
- sprawności łańcuchów dostaw;
- kształtowaniu wartości w łańcuchach dostaw;
- zrównoważonych łańcuchach dostaw;
- kierunkach kształtowania odporności łańcuchów dostaw.

W zakresie oceny dorobku naukowego w pierwszym obszarze, identyfikacji zakłóceń i ryzyka zagrożeń w otoczeniu łańcuchów dostaw, należy stwierdzić, że problematyka zakłóceń w łańcuchu dostaw (ang. *Supply Chain Disruption*) stanowi dość dobrze zbadany obszar [Blackhurst i in. 2005, Zsidisin and Wagner 2010]. Jednak istotny problem stanowić może rodzaj zakłóceń, który zawsze może być zaskoczeniem, jak to ma miejsce w przypadku pandemii COVID-19 [Bode 2017]. Zakłócenie łańcucha dostaw definiuje się jako każde niezamierzone i nieoczekiwane zdarzenie, które ma miejsce w łańcuchu

dostaw, sieci logistyki, które zagraża normalnemu tokowi działalności firmy [Bode i in. 2011, Messina i in 2020, Fragala i in. 2021]. Toczy się szeroko zakrojona debata na temat identyfikowania zdarzeń zakłócających łańcuch dostaw i ich klasyfikacji. Niektórzy autorzy koncentrują się na ich wpływie i dotkliwości, proponują oni skalę niskiego, średniego i wysokiego wpływu w celu zdefiniowania skutków zakłóceń [Sheffi i Rice 2005]. Inni badacze wydają się bardziej skupiać swoją uwagę na przyczynach, które prowadzą do wystąpienia zdarzeń destrukcyjnych. Możliwe przyczyny zostały sklasyfikowane jako naturalne lub spowodowane przez człowieka [Sawik 2013a], celowe lub przypadkowe [Li i in. 2010] oraz zgodne z poziomem łańcucha dostaw, który został uznany za odpowiedzialny za zdarzenie, tj. związane z dostawcą lub z klientem [Chopra and Sodhi 2004]. Informacyjne, fizyczne i finansowe przepływy łańcuchów dostaw [Rai i in. 2006] mogą być: zakłócone w kontinuum, które rozciąga się od zdarzeń katastroficznych, takich jak pożar, trzęsienie ziemi, huragan [Sawik 2013a] lub pandemia, takie jak COVID-19, po problemy z zarządzaniem operacjami, takie jak opóźnienia dostawców, niska jakość lub niewystarczające zapasy [Blackhurst i in. 2005]. Te niepożądane zdarzenia, które określane są również mianem zakłóceń, są coraz częściej monitorowane, poddawane analizie i klasyfikacji, od mniej do bardziej ciężkich [Tang 2006]. Występowanie nieoczekiwanych zakłóceń w sposób istotny wpływa na sferę funkcjonowania gospodarki jak również sferę społeczną. Zakłócenia te mają między innymi negatywny wpływ na zwrot ze sprzedaży, zwrot z zysku, zwrot z akcji, wizerunek marki, zatrudnienie w firmach, bezpieczeństwo nabywców. W licznych badaniach z tego obszaru uwzględniane są różne rodzaje zakłóceń; zakłócenia w dostawach, zakłócenia w centrach dostawców, zakłócenia zaopatrzenia z powodu klęsk żywiołowych, niestabilności politycznej i finansowej [Safaeian et al., 2019]. W badaniach uwzględniane są również zakłócenia po stronie popytu, takie jak nagły spadek popytu klientów, przestarzałe produkty, nie pierwszej potrzeby, spadek popytu konsumpcyjnego, wzrost bezrobocia. Niektórzy badacze rozważają również więcej niż jedno zakłócenie, ponieważ jednocześnie może wystąpić wiele zakłóceń [Ali 2017], lub jedno zakłócenie może mieć wpływ na liczne funkcje operacyjne ze względu na efekt tętnięcia zakłóceń w łańcuchu dostaw [Pavlov i in. 2019]. Na przykład w badaniach prezentowane są modele odzyskiwania produkcji w przypadku podwójnych zakłóceń, takich jak zakłócenia w dostawach i transporcie [Hishamuddin i in. 2015], zakłócenia podaży i popytu [Sawik 2013b] oraz trzy zakłócenia, takie jak zakłócenia w dostawach, popycie i produkcji [Adobor 2020]. Pandemia COVID-19 jest szczególnym rodzajem zakłócenia, którego skala, zasięg, czas rozprzestrzeniania, może stanowić zaskoczenie i trudności z pokonaniem silnego stanu kryzysowego.

Publikacje z zakresu opisanego kierunku badawczego identyfikacji zakłóceń wiążą się bezpośrednio z kolejnym wyróżnionym kierunkiem badawczym mianowicie ryzykiem wystąpienia zagrożeń w łańcuchu dostaw lub w jego otoczeniu oraz zarządzania ryzykiem w łańcuchach dostaw (ang. *Risk Supply Chain*). Również tak jak w przypadku definiowania i klasyfikacji zakłóceń w łańcuchach dostaw, w różny sposób definiowane jest i klasyfikowane ryzyko w łańcuchach dostaw. Przez ryzyko łańcucha dostaw należy rozumieć prawdopodobieństwo przyjęcia nieodpowiedniej strategii, podjęcia nieodpowiednich decyzji czy nieoptymalnej konfiguracji systemu logistycznego [Marvin i in. 2009]. W literaturze prowadzona jest debata na temat identyfikacji czynników (zdarzeń) istotnych dla ryzyka zakłóceń dostaw w ogóle, a także w odniesieniu do poszczegól-

nych sektorów i branż gospodarki. Publikacje nawiązujące do tego obszaru tematycznego odnoszą się zarówno do ryzyka zakłóceń dostaw (ang. *Supply Disruption Risk*), jak i ryzyka wystąpienia nieporządkanych zakłóceń (zdarzeń), a także ryzyka niewłaściwej reakcji na zaistniałe zdarzenia prowadzące do ryzyka niewłaściwego zarządzania łańcuchem dostaw [Chen et al. 2020]. W związku z tym identyfikuje się i definiuje ryzyko dostaw (ang. *supply risk*) jako „prawdopodobieństwo wystąpienia incydentu związanego z dostawami przychodzącymi z powodu niepowodzeń poszczególnych dostawców lub zaistnienia na rynku dostaw, którego skutki prowadzą do niezdolności firmy zakupowej do zaspokojenia popytu klientów lub powodują zagrożenia dla życia klientów oraz bezpieczeństwa” oraz zarządzanie ryzykiem łańcucha dostaw (SCRM) jako „zarządzanie ryzykiem łańcucha dostaw poprzez koordynację lub współpracę między partnerami łańcucha dostaw w celu zapewnienia rentowności i ciągłości” [Manuj i Mentzer 2008].

W związku z tym ryzyko podlega różnym klasyfikacjom, odnoszonym do rodzaju ryzyka (np. ryzyko zakłóceń), jego częstotliwości, czasu trwania (np. ryzyko o małej częstotliwości i długim okresie trwania) [Chen i in. 2020].

Podkreślić należy bogactwo literatury w kolejnym, wymienionym obszarze teorii SCM, mianowicie w obszarze sprawności łańcuchów dostaw (ang. *Agile Supply Chain Management*). Literatura z tego obszaru w szczególności mocno jest eksplorowana w dobie pandemii COVID-19. Sprawne, zwinne łańcuchy dostaw mają być antidotum na wiele problemów funkcjonowania łańcuchów dostaw spowodowanych pandemią COVID-19. Literatura z tego obszaru koncentruje się na definiowaniu i charakterystyce cech zwinnego łańcucha dostaw [Christopher 2009]. W bardziej szczegółowym zakresie publikacje z tego obszaru odpowiadają na następujące pytania: czym właściwie jest zwinność łańcucha dostaw i jak można ją mierzyć?; czy i jak zwinność łańcucha dostaw można skutecznie osiągnąć?; jak poprawić zwinność łańcucha dostaw? W literaturze z tego obszaru podkreśla się, że „kluczową cechą zwinnej organizacji jest jej elastyczność” [Nagel i Dove 1991]. Ze względu na współistnienie wielu poglądów, definicji zwinnych łańcuchów dostaw, niejednoznaczność oceny zwinności, wiele publikacji w tym obszarze skupia się na subiektywnym opisie cechy zwinności za pomocą terminów językowych. Podkreślić należy jednak dużą wartość publikacji, które wykorzystują w tym celu bardziej precyzyjne metody, np. rozmyty wskaźnik zwinności oparty na zwinności dostawcy korzystający z logiki rozmytej [Lin i in. 2006].

Publikacje związane z problematyką kształtowania wartości w łańcuchu dostaw (ang. *Value Supply Chain Management*) prezentują wyniki badań związane z semantycznym i koncepcyjnym ujęciem terminów łańcucha dostaw i łańcucha wartości, a także relacji między tymi pojęciami. W szerszym kontekście publikacje z tego obszaru prezentują wyniki badań związane z identyfikacją i charakterystyką czynników kreujących wartość dodaną w łańcuchach dostaw, sposób pomiaru wartości dodanej. Bogata literatura w tym zakresie prezentuje wyniki badań dotyczące wpływu uczestników łańcucha dostaw na kreowanie wartości, wpływu otoczenia na wartość łańcucha dostaw, rynku, innowacji, technologii, a także wielu innych czynników. Pandemia COVID-19 przyczyniła się do powstania wielu publikacji dotyczących kreowania wartości w łańcuchach dostaw w warunkach pandemii [Dilyard i in. 2020].

Bogactwo literatury należy podkreślić również w obszarze zrównoważonych łańcuchów dostaw (ang. *Sustainability Supply Chain Management – SSCM*). Oczywiście

jest, że badania w tym obszarze nadal zdominowane są przez kwestie ekologiczne/środowiskowe. Coraz częściej poruszane są także aspekty społeczne, również w kontekście pandemii COVID-19, czy przestrzenne, a także perspektywa integracji tych wymiarów. W publikacjach z tego obszaru omawiane są specyficzne cechy zrównoważonych łańcuchów dostaw (Carter and Rogers, 2008).

Obszar badawczy dotyczący kształtowania odporności łańcuchów dostaw (ang. *Resiliens Supply Chain Management*) niejako scala i integruje dotychczas zaprezentowane i opisane kierunki badawcze w obszarze teorii SCM. W licznych badaniach prezentowane są różne kierunki kształtowania odporności łańcuchów dostaw, a także różne strategie napraw funkcjonowania łańcuchów dostaw. Najczęściej publikacje z tego zakresu dotyczą definiowania istoty odporności, w tym odporności łańcuchów dostaw, identyfikacji i charakterystyki czynników kształtujących odporność łańcuchów dostaw [Agarwal i in. 2020]. Wskazać należy na publikacje związane charakterystyką metod identyfikacji i kształtowania odporności łańcuchów dostaw, np. z określaniem ram cyklu adaptacyjnego, które wyjaśniają zmiany oraz długoterminową dynamikę i odporność łańcuchów dostaw [Adobor 2020]. W bardziej szczegółowym zakresie publikacje z zakresu kierunków kształtowania odporności łańcuchów dostaw prezentują wyniki badań dotyczących integracji wybranych koncepcji funkcjonowania łańcuchów dostaw; np. perspektywę zwinnego, odpornego i zrównoważonego łańcucha dostaw [Ivanov 2020].

Wśród strategii kształtowania odporności łańcuchów dostaw wskazuje się m.in. *backorder*, zapasy buforowe lub zapasy bezpieczeństwa, alternatywnych dostawców zaopatrzenia i kopii zapasowych, wykorzystujące współpracę i relacje z partnerami łańcucha dostaw, odpowiednią politykę odszkodowawczą, rezerwę zapasową/rezerwową, zwiększenie lub rozbudowę zdolności produkcyjnych, elastyczność, restrukturyzację łańcucha dostaw, taką jak przebudowę i przeprojektowanie dystrybucji produkcji. Niektóre badania proponują połączenie więcej niż jednej z tych strategii. W zależności od konkretnego scenariusza i warunku jedna strategia może być preferowana bardziej niż inne. Na przykład podczas gdy pozyskiwanie kopii zapasowych jest preferowaną strategią na początku zakłóceń w dostawach, odpowiednie zasady kompensacji klientów są bardziej skuteczne w miarę upływu czasu. W związku z tym niezbędny jest staranny dobór odpowiednich strategii poprzez uwzględnienie różnych czynników, takich jak nasilenie, czas trwania i obszar, na który ma wpływ.

Wyniki badań i dyskusja

Funkcjonowanie łańcuchów dostaw żywności w warunkach pandemii COVID-19

Pandemia COVID-19 dotknęła niemalże wszystkie dziedziny i sektory światowej gospodarki. Przemysł spożywczy i łańcuch dostaw żywności nie stanowią wyjątku. Należy podkreślić, że sektor spożywczy, w kontekście pandemii, odgrywa szczególną rolę. Właściwe postępowanie w obszarze funkcjonowania łańcuchów dostaw żywności ma kluczowe znaczenie dla powstrzymania kryzysu żywnościowego i zmniejszenia jego negatywnego wpływu na światową gospodarkę pozostającą pod wpływem pandemii COVID-19. Organizacje żywnościowe (a więc i łańcuchy dostaw) różnią się od innych organizacji, ponieważ wytwarzają produkty niezbędne do codziennego życia. Jeśli okre-

ślona branża zostanie zamknięta, wyraźna liczba osób pracujących w tych przestrzeniach komercyjnych może odczuć istotne niedogodności; jeśli jednak zakłóceniom ulegną łańcuchy dostaw żywności, wówczas cały region a nawet cały kraj jest zagrożony [Stanforth 2020].

Wpływ pandemii COVID-19 na funkcjonowanie łańcuchów dostaw żywności i produktów rolnych rozpatrywać można w dwóch perspektywach; podażowej i popytowej [FAO 2020]. Należy podkreślić, iż negatywny wpływ pandemii na funkcjonowanie łańcuchów dostaw żywności przekłada się na rzeczywisty negatywny wpływ na całą gospodarkę. Łańcuchy dostaw żywności łączą interesariuszy systemu produkcji rolnej, produkcji przetwórczej z klientami ("od pola do konsumenta"). Jednocześnie funkcjonowanie łańcuchów dostaw żywności wpływa na funkcjonowanie wielu powiązanych branż; turystycznej, hotelarskiej, gastronomicznej, itp. Największym problemem w łańcuchu dostaw żywności jest pozyskiwanie zasobów od dostawców i zagwarantowanie postępu przepływu żywności od producentów do nabywców (Alonso i in. 2007). Niestety pandemia (konieczność podjęcia działań w celu jej ograniczenia) wprowadziła wiele zakłóceń i ograniczeń. Trudności były spowodowane wprowadzeniem międzynarodowych i krajowych lockdownów. Istotne znaczenie miała absencja pracowników, spowodowana zakażeniem lub kwarantanną. Spotęgowane zostały trudności związane z wykorzystywaniem pracowników niestałych lub zatrudnionych w niepełnym wymiarze godzin, zwłaszcza do organizowania, sadzenia, zbierania, przygotowywania lub wysyłki plonów do sektorów biznesowych w krajach rozwiniętych i słabo rozwiniętych. Istotny wpływ wywarły ograniczenia w podróżowaniu pracowników sezonowych, lokalnych i migrujących. Niedobór pracowników z powodu zagrożenia COVID-19 spowodował ekstremalne trudności w niektórych obszarach, takich jak hodowla zwierząt, rolnictwo, sadzenie, zbieranie i przygotowywanie zbiorów, które są zazwyczaj pracochłonne [Stephens i in. 2020]. Podaż produktów spożywczych została ograniczona przez lockdown lub ograniczenia o podobnym charakterze, które dotknęły obok sfery bezpośrednio wytwórczej także pochodne obszary działalności gospodarczej związanej z branżą spożywczą; restauracje, hotele, wszelkie inne przedsiębiorstwa o charakterze gastronomicznym. Ze względu na wprowadzone ograniczenia klienci nie mogli chodzić do restauracji, większość posiłków przygotowywali w domach. W sklepach spożywczych zaczęto zauważać ograniczoną podaż w wyborze poszczególnych asortymentów towarów spożywczych a nawet braki.

Wybuch pandemii spowodował swoisty szok popytowy. Odnotowany gwałtowny wzrost popytu na produkty żywnościowe nie obejmował swoim zasięgiem wszystkich grup towarów żywnościowych. Konsumenci skoncentrowali uwagę na produktach o długim okresie przydatności do spożycia, na przykład pożywieniu suszonym lub w puszkach, makaronie, mleku lub substytutach mleka, pożywieniu skorelowanym z miejscem stałego pobytu oraz koniecznością codziennego gotowania w domu. Należy zauważyć, że zachowania konsumenckie zmieniły się, ponieważ klienci zaczęli kupować zdrową żywność, jednocześnie nie chcąc przekraczać budżetu finansowego sprzed pandemii. Klienci zaczęli zgłaszać wyższy popyt na zwykłe produkty spożywcze, produkty z tzw. grupy zdrowej żywności, które zawierają składniki zapewniające suplementy, takie jak warzywa i owoce, oliwa z oliwek, rośliny strączkowe itp. Wielu klientów martwi się wpływem COVID-19 na ich sprawność umysłową, więc klienci wolą kupować produkty poprawiające zdrowie psychiczne. Według raportu włoskiej Rady ds. Badań Rolniczych

i Gospodarki (CREA), w okresie kwarantanny pandemii COVID-19 spożycie produktów spożywczych wzrosło w przypadku owoców o 29%, warzyw o 33%, roślin strączkowych o 26,5% i oliwy z oliwek o 21,5%. W USA 70% klientów zmniejszyła częstotliwość zakupów artykułów spożywczych i preferuje zakupy online podczas pandemii COVID-19. Szacuje się, że w krajach europejskich, popyt na warzywa w tygodniu, w którym ogłoszono pandemię zwiększył się o 52%, zainteresowanie produktami alkoholowymi nie wzrosło. Jednak popyt na produkty alkoholowe znacząco wzrósł po miesiącu od ogłoszenia pandemii [Crisp 2020].

Istotnym problemem podzielanym przez wszystkie organizacje żywnościowe jest ochrona sprawności pracowników i utrzymanie dostępności robotników z powodu choroby lub odmowy pracy z powodu obawy przed zakażeniem COVID-19. Niezbędne jest utrzymanie i ochrona zdrowia pracowników organizacji żywnościowych w czasie tego kryzysu [Organizacja ds. Wyżywienia i Rolnictwa oraz Światowa Organizacja Zdrowia, 2020]. Interesującym wydaje się pogląd, że ryzyko związane z bezpieczeństwem żywnościowym nie jest związane z dostępnością żywności; jest utożsamiane z podejściem kupujących do żywności [Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju, 2020]. Podkreślić należy pogląd, że kluczowe znaczenie dla zaspokojenia potrzeb klientów uzależnione będzie od wprowadzenia właściwych strategii łańcucha żywnościowego przez systemy zarządzania dostawami [Lopes de Sousa Jabbour i in., 2020].

Strategie funkcjonowania łańcuchów dostaw żywności w dobie pandemii

Wskazać można na wiele rozwiązań stosowanych w zarządzaniu łańcuchami dostaw żywności w warunkach pandemii COVID-19. Stosowane w praktyce i opisane w literaturze przedmiotu strategie „mieszczą się” w opisanych we wcześniejszym podrozdziale kierunkach i koncepcjach rozwoju zarządzania łańcuchami dostaw żywności obejmujących obszary identyfikacji zagrożeń w otoczeniu łańcuchów dostaw żywności, zarządzania ryzykiem w łańcuchach dostaw w trakcie pandemii, sprawności łańcuchów dostaw żywności, kształtowania ich wartości, równowagi czy kształtowania szeroko pojętej odporności.

Z przeprowadzonych obserwacji i badań literatury w omawianym zakresie, wywnioskować można, że to właśnie branża spożywcza, zaraz po medycznej, była najczęściej brana pod uwagę i opisywana. Kolejnym zasadniczym wnioskiem wynikającym z przeprowadzonych badań jest konieczność podkreślenia znaczenia szeroko pojętej logistyki informacji w strategiach funkcjonowania łańcuchów dostaw żywności. Strategie funkcjonowania łańcuchów dostaw żywności podczas pandemii dotyczyły głównie zwiększania odporności i zwinności łańcucha dostaw, elastyczności oraz szybkiego reagowania na gwałtowne zmiany. Dlatego źródła dostaw powinny być dywersyfikowane, a łańcuchy dostaw skrócone, zintegrowane, zdigitalizowane oraz stabilne. Wskazywano na konieczność dzielenia się informacjami z członkami S.C. i wdrażania innowacyjnych technologii w obszarze logistyki informacji (e-platformy, przetwarzanie w chmurze, monitorowanie danych w czasie rzeczywistym, robotyka).

Wśród wskazywanych i stosowanych rozwiązań, najczęściej wskazuje się na takie, które zapewniają wzrost odporności łańcuchów dostaw żywności, ich sprawności i elastyczności. W podejmowanych strategiach najczęściej brane są pod uwagę atrybuty pew-

ności i niezawodności realizacji dostaw żywności. Na dalszych miejscach znajdują się czas dostaw, częstotliwość. Co ciekawe, z przeprowadzonych obserwacji i badań literatury w omawianym zakresie, wywnioskować można, że koszty funkcjonowania łańcuchów dostaw żywności nie są czynnikiem najważniejszym.

Jako istotny czynnik kształtowania odporności i niezawodności łańcuchów dostaw żywności wskazywano czynnik ludzki (w różnych kontekstach). Bardzo istotna jest higiena, która powinna być utrzymywana przez operatorów żywności, ponieważ czas przeżycia wirusa COVID-19 na powierzchni stali, plastiku itp. jest bardzo długi. Podmioty gospodarcze zajmujące się żywnością powinny być tak zaprojektowane, aby zapobiegać zakażeniu żywności wirusem. Środki bezpieczeństwa gwarantujące ciągły przepływ łańcucha dostaw żywności na każdym etapie można podzielić na „samohigienę”, problemy zdrowotne pracowników, korzystanie z własnego wyposażenia, takiego jak rękawiczki, maski, kaski, zachowanie dystansu społecznego, odkażanie powierzchni i miejsca pracy, bezpieczne dostarczanie żywności itp. Środki zapobiegawcze na końcowym etapie łańcucha dostaw żywności wskazywane były jako najtrudniejsze do spełnienia [Rizou i in. 2020].

Ciekawą propozycją w walce z pandemią w łańcuchach dostaw żywności jest strategia decentralizacji. Podczas COVID-19, aby uniknąć ryzyka i wad centralizacji, można zastosować właśnie taką strategię. Decentralizacja zapewnia elastyczność w łańcuchu dostaw i pozwala konsumentom na uzyskanie naturalnych i świeżych produktów. Obiekty o niewielkim zasięgu usytuowane blisko nabywców zmniejszają koszty transportu i magazynowania oraz minimalizują efekt ekologiczny. Rozwinięciem tej strategii jest koncepcja „miejskiego centrum dystrybucyjnego” poprawiająca efektywność procesu transportu i odbioru. Ważne jest idealne wykorzystanie zaplecza logistycznego. W tym kierunku należy stworzyć internetowy system łańcucha dostaw w celu wzmocnienia relacji między sprzedającym a kupującym. System ten pozwala na szybsze i elastyczne wspólne wysiłki organizacji i konsumentów. W ramach tej strategii niezwykle interesująco prezentują się doświadczenia i praktyki funkcjonowania w dobie pandemii hurtowych rynków rolno-spożywczych, zwłaszcza tych wyznaczających standardy europejskie, np. rynku Rungis w Paryżu.

Bardzo ciekawa jest strategia (koncepcja – model) Publicznego Systemu Dystrybucji (ang. *Public Distribution System* – PDS). Wskazuje się na głosy, że w obliczu kryzysu wywołanego pandemią wirusa COVID-19, rządowym zadaniem jest uruchomienie publicznych systemów dystrybucji, w celu zapewnienia dostaw żywności w szczególności dla uprzywilejowanych grup społeczeństwa (osób starszych, realizujących określone strategiczne zadania w walce z pandemią, służby zdrowia, itp.). Cała sieć łańcucha dostaw PDS powinna się składać z dostawcy (rolnika), magazynu centralnego, magazynu stołecznego, magazynu małomiejskiego, sklepu „o uczciwych cenach”.

Gros wskazywanych, opisywanych i proponowanych strategii funkcjonowania łańcuchów dostaw żywności wpisuje się w ramy funkcjonowania zgodnego ze społeczną odpowiedzialnością biznesu (CSR). Społeczny obowiązek przedsiębiorstwa wobec klientów może obejmować różne punkty widzenia, na przykład jakość produktu, bezpieczeństwo i przyjazną dla środowiska, rozsądną wartość, jakość usług przez cały cykl życia produktu, rzetelną i uczciwą promocję i wiele więcej [Crane i Matten 2004]. Wybrane strategie wprost odnoszą się do uwarunkowań związanych z pandemią COVID-19.

Na przykład artykuły spożywcze są wyjątkowo istotne w tej konkretnej sytuacji. Nestle przekazuje medyczne produkty odżywcze, żywność, wodę butelkowaną i nie tylko. Alice i Olivia przekazują maski, PepsiCo przekazuje i finansuje potrzeby medyczne i żywność (dotychczas już ponad 50 milionów posiłków) potrzebującym ludziom.

Podsumowanie i wnioski

Pandemia COVID-19 zapoczątkowała nowy etap badań nad funkcjonowaniem łańcucha dostaw żywności i branży spożywczej. Nowe warunki społeczno-gospodarcze wymagają nowego podejścia do obchodzenia się z żywnością [Galanakis 2020] oraz funkcjonowania łańcuchów dostaw żywności. Specjaliści i eksperci w dziedzinie żywności mają przed sobą wiele trudności, np. zagwarantowania bezpiecznego obchodzenia się z żywnością, rozróżnienia zasad funkcjonowania łańcuchów dostaw żywności w warunkach pandemii na etapach, w których żywność jest wytwarzana, przygotowywana i transportowana, przekazywana odbiorcom. Właściwe postępowanie w obszarze funkcjonowania łańcuchów dostaw żywności, ma kluczowe znaczenie dla powstrzymania kryzysu żywnościowego i zmniejszenia jego negatywnego wpływu na światową gospodarkę pozostającą pod wpływem pandemii COVID-19. Praca ta stanowić może głos w dyskusji na temat rozwiązań stosowanych w łańcuchach dostaw żywności w warunkach pandemii. Wiedza z tego obszaru z pewnością powinna być rozwijana a dobre praktyki powielane.

W przyszłych badaniach możliwe jest uszczegółowienie określonych rozwiązań, np. modelu publicznej sieci dystrybucji (PDS) łańcucha dostaw żywności z uwzględnieniem metodologii analitycznej poprzez łączenie różnych elementów i wyzwania strategii łańcucha dostaw.

Bibliografia

- Adobor H., 2020: Supply chain resilience: an adaptive cycle approach, *International Journal of Logistics Management* 31(3), 443–463. <https://doi.org/10.1108/IJLM-01-2020-0019>
- Agarwal N., Seth N., Agarwal A., 2020: Modeling supply chain enablers for effective resilience, *Continuity & Resilience Review* 2(2), 97–110. <https://doi.org/10.1108/crr-05-2020-0017>
- Ali S.M., Nakade K., 2017: Optimal ordering policies in a multi-sourcing supply chain with supply and demand disruptions-a CVaR approach, *International Journal of Logistics Systems and Management*, 28(2), 180–199.
- Alonso E., Gregory J., Field F., Kirchain R., 2007: Material availability and the supply chain: Risks, effects, and responses, *Environmental Science and Technology*, 41(19), 6649–6656. <https://doi.org/10.1021/es070159c>
- Bhaskar S., Tan J., Bogers M.L.A.M., Minssen T., Badaruddin H., Israeli-Korn S., Chesbrough H., 2020: At the Epicenter of COVID-19—the Tragic Failure of the Global Supply Chain for Medical Supplies’, *Frontiers in Public Health*, 8(562882), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.562882>.
- Blackhurst J., Craighead C.W., Elkins D., Handfield R.B., 2005: An empirically derived agenda of critical research issues for managing supply-chain disruptions, *International Journal of Production Research*, 43(19), 4067–4081. <https://doi.org/10.1080/00207540500151549>.

- Bode C., Wagner S.M., Petersen K.J., Ellram L.M., 2011: Understanding responses to supply chain disruptions: Insights from information processing and resource dependence perspectives, *Academy of Management Journal*, 54(4), 833–856. <https://doi.org/10.5465/AMJ.2011.64870145>.
- Bode Ch., Macdonald M. J. (2017) ‘Stages of Supply Chain Disruption Response: Direct, Constraining, and Mediating Factors for Impact Mitigation’, *A Journal of the decision science institute*, 48(5), 836–874.
- Borgatti S.P., Li X., 2009: On social network analysis in a supply chain context, *Journal of Supply Chain Management*, 45(2), 5–22. <https://doi.org/10.1111/j.1745-493X.2009.03166.x>.
- Bourlakis M.A., Weightman P.W.H., 2004: *Food Supply Chain Management*, Blackwell, Oxford.
- Carter C.R., Rogers D.S., 2008: A framework of sustainable supply chain management: Moving toward new theory, *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 38(5), 360–387. <https://doi.org/10.1108/09600030810882816>.
- Buhman Ch., Kekre S., Singhal J., 2005: Interdisciplinary and Interorganizational Research: Establishing the Science of Enterprise Networks, *Production and Operations Management*, 14(4), 4893–515.
- Chen Y. Liu L., Shi V., Zhang Y., Zhu J., 2020: The Optimization of a Virtual Dual Production-Inventory System under Dynamic Supply Disruption Risk, *Complexity*, 7067502, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2020/7067502>.
- Choi T.Y., Dooley K.J., Rungtusanatham M., 2001: Supply networks and complex adaptive systems: Control versus emergence, *Journal of Operations Management*, 19(3), 351–366. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(00\)00068-1](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(00)00068-1).
- Chopra S., Sodhi M.M.S., 2004: Managing risk to avoid: Supply-chain breakdown, *MIT Sloan Management Review*, 46(1), 15–25.
- Christopher M., 2000: The Agile Supply Chain: Competing in Volatile Markets, *Industrial Marketing Management*, 29(1), 37–44. [https://doi.org/10.1016/S0019-8501\(99\)00110-8](https://doi.org/10.1016/S0019-8501(99)00110-8)
- Christopher M., 2016: *Logistics & Supply Chain Management*. Person Education
- Christopher M., H. Peck, 2004: Bulding the resilient supply chain, *International Journal of Logistics Management*, 15(2), 1–13.
- Cooper M.C., Lambert D.M., Pagh J.D., 1997: Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics, *The International Journal of Logistics Management*, 1–14. <https://doi.org/10.1108/09574099710805556>
- Crane A., Matten D., 2004: *Business Ethics: A European Perspective*, Oxford University Press, New York.
- Crisp, 2020: Get a LIVE view into COVID-19 effects on in-store purchases, [źródło elektroniczne] <https://www.gocrisp.com/demandwatch> [dostęp: 29.05.2020].
- Croom S., Romano P., Giannakis M., 2000: Supply chain management: An analytical framework for critical literature review, *European Journal of Purchasing and Supply Management*, 6(1), 67–83. [https://doi.org/10.1016/S0969-7012\(99\)00030-1](https://doi.org/10.1016/S0969-7012(99)00030-1)
- Dilyard J., Zhao S., You J.J., 2020: Digital technology and Industry 4.0 for global value chain resilience: The case of COVID-19 and beyond, *Research Gate*, [źródło elektroniczne] https://www.researchgate.net/publication/344461169_Digital_technology_and_Industry_4_0_for_global_value_chain_resilience_The_case_of_COVID-19_and_beyond [dostęp: 29.05.2020].
- Dobie K., Glisson L.M., Grant J., 2000: Terrorism and the global supply chain: where are your weak links?, *Journal of Transportation Management*, 12(1), 57–66. <https://doi.org/10.22237/jotm/954547560>.

- European Committee for Standardisation, 1997: Logistics-Structure, Basic Terms and Definitions in Logistics, Brussels..
- FAO, 2020: Adjusting business models to sustain agri-food enterprises during COVID-19.
- Fonseca L.M. Azevedo A.L., 2020: 'COVID-19: Outcomes for Global Supply Chains', *Management and Marketing. Challenge for the Knowledge Society*, 15(1), 424–438. <https://doi.org/10.2478/mmcks-2020-0025>
- Fragala M.S., Goldberg Z.N., Goldberg S.E. (2021) Return to Work: Managing Employee Population Health during the COVID-19 Pandemic, *Population Health Management*, 24(S1), S3–S15. <https://doi.org/10.1089/pop.2020.0261>
- Galanakis C.M., 2020: The food systems in the era of the coronavirus (CoVID-19) pandemic crisis, *Foods*, 9(4), 1–10. <https://doi.org/10.3390/foods9040523>
- Golwelkar T., 2020: Using Data Analytics to Determine the Disruptions in Supply Chain Due to the COVID-19 Pandemic: A Literature Review, *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 8(5), 1199–1209. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2020.5191>
- Hishamuddin H., Sarker R., Essam D., 2015: A recovery model for a supply chain system with multiple suppliers subject to supply disruption, *Journal of Engineering Science and Technology, Special Issue on 4th International Technical Conference (ITC) 2014*, 10, 89–101.
- Ishida S., 2020: Perspectives on Supply Chain Management in a Pandemic and the Post-COVID-19 Era, *IEEE Engineering Management Review*, 48(3), 146–152. <https://doi.org/10.1109/EMR.2020.3016350>.
- Ivanov D., Dolgui A., Sokolov B., Ivanova M., 2017: Literature review on disruption recovery in the supply chain, *International Journal of Production Research*, 55(20), 6158–6174. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1330572>.
- Ivanov D., 2020: Viable supply chain model: integrating agility, resilience and sustainability perspectives – lessons from and thinking beyond the COVID-19 pandemic, *Annals of Operations Research*. <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03640-6>
- Kumar P., Kumar Singh R., 2021: Strategic framework for developing resilience in Agri-Food Supply Chains during COVID 19 pandemic, *International Journal of Logistics Research and Applications*, 1–24. <https://doi.org/10.1080/13675567.2021.1908524>
- Li F., Hou J.Q., Xu D.M., 2010: Managing disruption risks in supply chain, *Proceedings – 2010 IEEE International Conference on Emergency Management and Management Sciences, ICEMMS 2010*, 14(1), 434–438. <https://doi.org/10.1109/ICEMMS.2010.5563408>
- Lin C.T., Chiu H., Chu P.Y., 2006: Agility index in the supply chain, *International Journal of Production Economics*, 100(2), 285–299. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.11.013>
- Lopes de Sousa Jabbour A.B., Chiappetta Jabbour C.J., Hingley M., Vilalta-Perdomo E.L., Ramsden G., Twigg D., 2020: Sustainability of supply chains in the wake of the coronavirus (COVID-19/SARS-CoV-2) pandemic: lessons and trends, *Modern Supply Chain Research and Applications*, 2(3), 117–122. <https://doi.org/10.1108/mscra-05-2020-0011>
- Christopher M., 2009: The Agile Supply Chain. *Competing in Volatile Markets*, *Industrial Marketing Management*, 29, pp. 37–44.
- Maital S., 2020: The Global Economic Impact of COVID-19: A Summary of Research, [źródło elektroniczne] <https://www.neaman.org.il/EN/The-Global-Economic-Impact-of-COVID-19-A-Summary-of-Research> [dostęp: 29.05.2020].
- Manuj I., Mentzer J.T., 2008: Global supply chain, risk and management, *Journal of business logistic*, 133, 133–134.

- Manuj I., Mentzer, John T., 2008: Global supply chain risk management strategies, *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 38(3), 192–223. <https://doi.org/10.1108/09600030810866986>
- Marvin H.J.P., Kleter G.A., Frewer L.J., Cope S., Wentholt M.T.A., Rowe G., 2009): A working procedure for identifying emerging food safety issues at an early stage: Implications for European and international risk management practices, *Food Control*, 20(4), 345–356. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2008.07.024>
- Mentzer J.T., DeWitt W., Keebler J.S., Min S., Nix N.W., Smith C.D., Zacharia Z.G. 2001: Defining Supply Chain Related Papers By, *Journal of Business Logistics*, 22(2), 1–25.
- Mentzer J.T., Myers M.B., Stank T.P., 2007: *Global Supply Chain Management*. Sage Publications, Inc., California.
- Mentzer J.T., Stank T.P., Esper T.L., 2008: Supply chain management and its relationship to logistics, marketing, production, and operation management, *Journal of Business Logistics*, 29(1), 31–46.
- Messina D., Barros A.C., Soares A.L., Matopoulos A., 2020: An information management approach for supply chain disruption recovery, *International Journal of Logistics Management*, 1–49.
- Nagel R., Dove R., 1991: *21st Century Manufacturing*. Enterprise Strategy, Iacocca Institute, Lehigh University Bethlehem, PA, Bethlehem.
- Park Y., Hong P., Jungbae Roh J., 2013: Supply chain lessons from the catastrophic natural disaster in Japan, *Business Horizons*, 56, 75–85.
- Pavlov A., Ivanov D., Werner F., Dolgui A., Sokolov B., 2019: Integrated detection of disruption scenarios, the ripple effect dispersal and recovery paths in supply chains, *Design and Management of Humanitarian Supply Chains*, 319(1), 609–631.
- Rizou, M. Galanakis I.M., Aldawoud T.M.S., Galanakis C.M., 2020: Safety of foods, food supply chain and environment within the COVID-19 pandemic, *Trends in Food Science and Technology*, 102(4), 293–299. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.06.008>
- Safaeian M., Guangdong T., Fathollahi-Fard A.M., Li Z., 2019: A multi-objective supplier selection and order allocation through incremental discount in a fuzzy environment, *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 37(1), 1435–1455. <https://doi.org/10.3233/JIFS-182843>
- Sawik T., 2013a: Selection of resilient supply portfolio under disruption risks', *The International Journal of Management Science*, 41(2).
- Sawik T., 2013b: Selection of resilient supply portfolio under disruption risks', *Omega*, 41, 259–269.
- Seuring S., Müller M., 2008: Core issues in sustainable supply chain management – A Delphi study, *Business Strategy and the Environment*, 17(8), 455–466. <https://doi.org/10.1002/bse.607>.
- Staniforth J., 2020: 'COVID-19 update: worker health, absenteeism present largest risks to U.S. food supply chain, [źródło elektroniczne] <https://www.foodqualityandsafety.com/article/covid-19-update-worker-health-and-absenteeism-present-largest-risk-to-u-s-food-supply-chain/> [dostęp: 20.05.2020].
- Stephens E.C., Martin G., van Wijk M., Timsina J., Snowe V., 2020: Editorial: Impacts of COVID-19 on agricultural and food systems worldwide and on progress to the sustainable development goals, *Agricultural Systems*, 183(5), 102873. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102873>
- Tang C.S., 2006: Perspectives in supply chain risk management, *International Journal of Production Economics*, 103(2), 451–488. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2005.12.006>

- Vassenhove V.L., 2006: Humanitarian aid logistics:supply chain management in high gear, *Journal of the Operational Research Society*, 57(5), 17–18.
- What is it All About 1986: Oak Brook, Illinois.
- WHO, 2020: Shortage of Personal Protective Equipment Endangering Health Workers Worldwide, [źródło elektroniczne] <https://www.who.int/news-room/detail/03-03-2020-shortage-of-personal-protective-equipment-endangering-health-workers-worldwide> [dostęp: 29.05.2020].
- YingHui L., 2020: COVID-19: The Nail in the Coffin of China’s Belt and Road Initiative?, [źródło elektroniczne] <https://thediplomat.com/2020/09/covid-19-the-nail-in-the-coffin-of-chinas-belt-and-road-initiative> [dostęp: 29.05.2020].
- Zsidisin G.A., Wagner S.M., 2010: Do Perceptions Become Reality? the Moderating Role of Supply Chain Resiliency on Disruption Occurrence, *Journal of Business Logistics*, 31(2), 1–20. <https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2010.tb00140.x>

Michał Pietrzak^{1✉}, Joanna Domagała²

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

A strategy map as a framework of a shared mental model for interactive control systems

Mapa strategii jako schemat współdzielonego modelu mentalnego dla systemu kontroli interaktywnej

Abstract. Nowadays, companies operate in an extremely turbulent environment with conditions of substantial gaps in knowledge about future events (the Knightian uncertainty). Therefore, there is a need for more flexible management control systems. Referring to Simons' levers of control (LOC) framework, now there is a need to use more extensively belief systems and interactive control systems that would enable the organizational learning process. The aim of this paper is to discuss the role of a strategy map as a framework of a shared mental model for interactive control systems in the context of increasing uncertainty. This article is a review-based study and suggests some preliminary proposals for further research. The review covers the literature on management control systems, levers of control (in the including of interactive controls), balanced scorecards, strategy maps, mental models, and organizational learning. The review is mainly qualitative; however, it is supported to some extent by quantitative bibliometric analysis. This co-word analysis applies VOSviewer v.1.6.17 software. The situation of increasing Knightian uncertainty calls for the more extensive use of interactive control systems. A strategy map fits this new demand - it enables understanding strategic assumptions, structuring the problems, discussing, and gaining knowledge. Therefore, it facilitates innovations, organizational learning, and refining strategies in an ongoing process. A strategy map can be seen as a cognitive mapping tool. It is a set of hypotheses that can be empirically tested through strategy implementation, thereby enabling strategic learning (including so-called double-loop feedback learning). Such a double-loop learning mechanism allows for the iterative crafting of an organizational strategy that could be more resilient in a turbulent environment. To be the basis of an interactive control system, it is crucial for the “buy-in” of the strategy map by employees. Thus, there is

^{1✉} Michał Pietrzak – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Instytut Ekonomii i Finansów, Warszawa, Polska, e-mail: michal_pietrzak@sggw.edu.pl; nr ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0418-3436>

² Joanna Domagała – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Instytut Ekonomii i Finansów, Warszawa, Polska, e-mail: joanna_domagala@sggw.edu.pl; nr ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9801-4344>

a great role in the convergence of mental models of an organization's members as a result of "strategic conversation". The product of such an organizational learning process is a common, shared mental model. This model must be developed, disseminated in the organization and accepted by employees, and then refined through active learning.

Key words: interactive control system, balanced scorecard, strategy map, mental model, organizational learning

JEL codes: M10, D80

Synopsis. Obecnie przedsiębiorstwa działają w niezwykle burzliwym otoczeniu w warunkach znacznych luk w wiedzy o przyszłych zdarzeniach (tj. knightowskiej niepewności). W związku z tym istnieje potrzeba stosowania bardziej elastycznych systemów kontroli zarządczej. W nawiązaniu do schematu czterech dźwigni kontroli Simonsa (*levers of control* – LOC) istnieje obecnie potrzeba szerszego wykorzystania systemów przekonań i interaktywnych systemów kontroli, które umożliwiłyby proces organizacyjnego uczenia się. Celem niniejszego artykułu jest omówienie roli mapy strategii jako ramy wspólnego modelu mentalnego dla interaktywnego systemu kontroli w kontekście rosnącej niepewności. Niniejszy artykuł ma charakter przeglądowy i zawiera pewne wstępne propozycje dalszych badań. Przegląd obejmuje literaturę dotyczącą systemów kontroli zarządczej, dźwigni kontroli (w tym kontroli interaktywnej), zrównoważonej karty wyników, map strategii, modeli mentalnych i organizacyjnego uczenia się. Przegląd ma głównie charakter jakościowy, jednak jest w pewnym zakresie wsparty również ilościową analizą bibliometryczną, w tym analizą współwystępowania słów (co-word analysis) do której zastosowano oprogramowanie VOSviewer v.1.6.17. Sytuacja rosnącej knightowskiej niepewności wymaga obecnie szerszego zastosowania systemów kontroli interaktywnej. Mapy strategii wpisują się w to zapotrzebowanie – umożliwiają one bowiem zrozumienie założeń strategicznych, strukturyzację problemów, dyskusję, pozyskiwanie wiedzy. Mapa strategii może być postrzegana jako narzędzie mapowania poznawczego. Stanowi ona zbiór hipotez, które mogą być empirycznie testowane poprzez wdrażanie strategii, umożliwiając tym samym strategiczne uczenie się (w tym tzw. uczenie się na zasadzie podwójnej pętli sprzężenia zwrotnego). Taki mechanizm podwójnej pętli uczenia się pozwala na iteracyjne tworzenie strategii organizacji, która może być bardziej odporna w turbulentnym otoczeniu. Podstawą interaktywnego systemu kontroli jest poczucie własności mapy strategii wśród pracowników. W związku z tym dużą rolę odgrywa zbieżność modeli mentalnych członków organizacji w wyniku „dialogu strategicznego”. Produktem takiego procesu organizacyjnego uczenia się jest wspólny, podzielany model mentalny. Model ten musi zostać wypracowany, upowszechniony w organizacji i zaakceptowany przez pracowników, a następnie udoskonolony poprzez uczenie się przez działanie.

Słowa kluczowe: system kontroli interaktywnej, zrównoważona karta wyników, mapa strategii, model mentalny, organizacyjne uczenie się.

Introduction

Recently we have been witnessing events called mega-crises, Black Swans, or unknown unknowns¹ [Ansell and Boin 2019]. At the beginning of the third year of the COVID-19 pandemic, the world is experiencing another crisis due to full-scale Russian aggression in Ukraine, which additionally raises concerns about food security. Overall, it is becoming clear that the Knightian uncertainty² [Knight 2009] will be with us for longer. Thus, the current approaches to management control systems (MCSs)³ should be rethought from the perspective of the need for viability and resiliency due to the challenge of “unknown unknowns”.

MCSs could play two roles: to support the achievement of organizational goals as well as to be enablers for solving problems and for searching for opportunities [Simons 1995, Ahrens and Chapman 2004, Mundy 2010]. According to Zimmerman [2011], these two roles could be differentiated as ex-ante uses (decision management) and ex-post uses (decision control)⁴. The ex-ante role calls for giving employees sufficient autonomy to improve decision-making and reduce uncertainty [Sprinkle 2003]. Thus, this role is particularly important to face the present challenge of mega-crises.

These two roles of MCSs could also be referred to as the levers of control (LOC) by Simons [1994, 1995]. Simons' framework comprises four categories of control systems: belief systems, boundary systems, diagnostic control systems, and interactive control systems. According to Simons [1995], managers decide which of these systems will catch the most attention at a given time, depending on the particular conditions of time and place. For example, both belief systems and interactive systems play an ex-ante role (decision-facilitating). They facilitate employee engagement and enable innovation [Bisbe and Otley 2004, Tuomela 2005].

¹ Unknown unknowns are the most serious category of risks. Such kind of risk means a situation that was unexpected and therefore was not even considered. The term was popularized by United States Secretary of Defense Rumsfeld [Department of Defense 2002].

² Uncertainty in the Knightian meaning is the substantial lack of knowledge about the possible events in the future, as contrasted to the quantifiable risk, which allows, e.g., to calculate of expected value, etc., and what makes it insurable. A similar meaning (without referring to Knight) is present in the concept of the world risk society of Beck [1992, 2008, 2009, 2020]. According to Beck, as modernization progresses, it is being increasingly overshadowed by its side effects of itself, namely by risks generated by techno-economic development. Such global dangers, according to Beck, consist of ecological, biomedical (vide COVID-19), financial, military (vide war in Ukraine), terrorist, and informational risks [Beck 2009]. All of them exhibit some common features: delocalization (causes and consequences of them are global), incalculability (their consequences are uncertain in principle), and non-compensability (e.g., nuclear plant catastrophe or terrorist attacks are not insurable) [Beck 2008, 2009, 2020].

³ Examples of MCSs are budgeting, economic value added (EVA), activity-based costing (ABC), and balanced scorecard (BSC) [Wenisch 2004].

⁴ Decision management serves to communicate specialized knowledge about one part of the organization to another part. Decision control serves as the measurement of performance [Zimmerman 2011].

In 2022 there was the 30th anniversary of the introduction of the balanced scorecard (BSC) by Kaplan and Norton [1992] in their seminal paper. The BSC, since its introduction, has met with high interest. According to a global study by Bain & Co., the BSC is listed in the sixth position among the most widely used management tools around the world and the third position in Europe. The usage rate of balanced scorecards in big companies is 39% in North America and 44% in Europe [Rigby and Bilodeau 2015]. Thus, the BSC is one of the most popular management methods worldwide. Is this method still adequate for the present challenge of the predominant uncertainty?

Initially, the balanced scorecard was introduced as a performance measurement system [Kaplan 2010]. In their early publication, the creators of the BSC described it as “a coherent set of performance measures” [Kaplan and Norton 1993, p. 134]. Thus, referring to the LOC framework, the BSC was introduced as a diagnostic control system [Pietrzak 2013]. From this perspective, the BSC could be perceived as supporting the mechanistic view of the organization [Henri 2006, Cooper and Ezzamel 2016]. The mechanistic view dominates traditional managerial, financial, and economic thinking about organizations [Pietrzak 2017]. In this view, firms and other types of organizations are viewed as machines. They operate clockwork-wise within the directions set out by executives’ command as well as rules and procedures, and employees are seen as parts of the mechanism. Based on this image of organizations, we expect them to operate with precision, regularity, reliability, speed, and efficiency [Morgan 2006]. However, “when unexpected problems arise, the organizational response often is ignorance since there are no ready-made responses” [Wenisch 2004, p. 24].

The emergence of Black Swans challenges this mechanistic view. Over-emphasizing a diagnostic control contradicts the need to create new knowledge and innovations [Chiesa et al. 2009, Lill and Wald 2021]. In times of omnipresent uncertainty, something more reasonable than a mechanistic approach to strategic management could be a rather organic approach [Morgan 2006], according to which organizations are open systems that must fit the environment while balancing internal subsystems. When the environment is going through substantial changes, the organization needs to be able to question whether what and how it is doing is still appropriate. In other words, it should be able to learn what could be expressed as the brain metaphor [Morgan 2006]. Learning and adaptation to the environment could be much easier and faster if the strategic plan is not overloaded with too many details and numbers, which have to change accordingly to the adaptation.

As the application of the BSC developed widely, it evolved [Kaplan and Norton 2004]. During its 30-year evolution, the balanced scorecard developed into an integrated set of tools and approaches, which creates a “management system that links strategy formulation and planning with operational execution” [Kaplan and Norton 2008, pp. 7–8]. Thus, a balanced scorecard, formerly used diagnostically, started to be used by some applicants more as an interactive control system. Compared to diagnostic systems, interactive control systems are characterized by more intensive and bottom-up communication between the top management and employees in contrast to diagnostic systems [Simons 1995]. This communication provides the foundation needed to utilize creativity [Lill and Wald 2021]. The application of interactive control systems enhances the ability to take advantage of emerging opportunities and deal with strategic uncertainty [Simons 2000].

According to Cooper and Ezzamel [2016], although the creators of the BSC refer to the need for double-loop learning based on feedback, they did not develop this issue seriously. Thus, Cooper and Ezzamel [2016] call for greater democratic dialogue within an organization between those who contribute to its success. In our opinion, this call is particularly important nowadays in times of increasing uncertainty when managers are forced to tackle situations when full information is not available and when there are complications and ambiguities [Spender 2014]. Therefore, a more evolutionary, processual, and interactive management control system is needed. It should enable a permanent organizational learning process.

However, the challenge is to make learning not only an individual but also an organization-wide process. Organizations are, in fact, communities or mini-societies. Therefore, analogously to societies, organizations build up their own specific cultures. Adaptation to a turbulent environment requires changes, and for the effective transformation of an organization, one should change the organizational culture [Morgan 2006]. Culture is something that cannot be imposed by command but is something that is built up by social interactions. Important aspects of these interactions are common mental models shared by organization members. Such patterns create cognitive matrices consisting of a set of assumptions called “the theory of the business” [Drucker 1994] or “the business idea” [van der Heijden 1998]. In the balanced scorecard methodology, “the theory of the business” is embedded in the strategy map. A strategy map outlines the pathways of the organization’s journey to the desired future by defining what it wants to do to successfully implement a strategy [Niven 2008]. Strategy maps visualize the organizational future in the simple form of a one-page picture. Thus, a strategy map as the basis of a shared mental model could be helpful for organizational (and, therefore, common) learning.

The aim of this paper is to discuss the role of a strategy map as a framework of a shared mental model for an interactive control system in the context of the contemporary increase of Knightian-type uncertainty. The authors will attempt to answer the following research questions:

1. How uncertainty challenges the management control systems (in particular, how should dynamic tension between Simon’s levers of control be shaped against the high degree of uncertainty)?
2. What role in this dynamic tension could be played by the balanced scorecard and by the strategy map in particular?
3. What does it mean that a strategy map could be a base of a mental model, and what is the role of a mental model in strategic learning?
4. Why the strategic learning should be organizational learning in times of Knightian uncertainty, and why the convergence of individual mental models into commonly shared mental models is important?

The paper is organized as follows. The introduction states the problem undertaken and the aim of the paper, and the research questions. Section 1 presents the information about data and methods. Section 3 covers the initial literature review in which we try to define the research gap, which justifies our future effort. Based on insights gained from this initial literature review, using a strategy map as a basis for interactive control systems as well as a framework of a mental model for strategic conversation is discussed in Sec-

tion 4. Section 5 proposes the strategy map as the basis of organizational learning. Section 6 highlights the role of the sharing of mental models of strategy in common learning in organizations. The paper ends with final remarks.

Materials and methods

The article results from the author's study of the literature on the subject. Firstly, the initial literature review is done qualitatively. However, a quantitative bibliometric method supports this part of the review. We follow He [1999, p. 137], who claims that "scientists attach particular importance to text (...). Therefore, (...) following the texts is another way to map the dynamics of science". After that, the study continued with the qualitative review and discussion of the literature relevant to the research gap identified in the initial review. Both the quantitative and qualitative study of literature regard issues such as management control systems, levers of control (including interactive controls), balanced scorecards, strategy maps, mental models, and organizational learning. Therefore, it is based mainly on the literature from the borderline of management accounting and strategic management. This article is a review-based study and suggests some preliminary proposals for further research.

Regarding the bibliometric part of the review, we apply the co-word analysis, which is based on counting the frequency of co-occurrence and co-absence patterns of pairs of words appearing in the analyzed text. Co-word analysis enables us to show the socio-cognitive structures and their evolution based on data from a set of documents. Such items are clustered into groups and displayed on network maps [He 1999, Ronda-Pupo and Guerras-Martin 2012]. By comparing the network maps for different periods, the dynamic of ideas could be cached – "co-word analysis seeks to extract the themes of science and detect the linkages among these themes directly from the subject content of texts. (...) this enables us to (...) detect the dynamics of science" [He 1999, pp. 137–138]. The co-occurrence of words may not only signal the existence of sub-areas of research, but on the other hand, it also makes it possible to identify the research gaps, which could help guide the further development of a given research area. The analysis can be performed at the level of different text elements: titles, abstracts, keywords, and the corpus of the text, and it could also be based on various combinations of these elements.

For co-word analysis in this paper, the authors applied the VOSviewer v.1.6.17 (Visualizing Scientific Landscapes) open-source software developed at the Center for Science and Technology Studies (CWTS) by Leiden University in the Netherlands. The cluster analysis method incorporated in this tool was developed by Zhu et al. [2009]. Data for the study were collected from the Web of Science database. Next to Scopus, Web of Science is recognized as the world's most comprehensive bibliographic database in terms of subject coverage. A key issue in performing database queries is defining keywords that identify all publications that are relevant to research purposes. The individual databases for the query "all fields" were created for the following keywords: balanced scorecard, strategy map, management control systems, and levers of control. The time range of publication was from 1990 until 2022. The databases included all types of publications, e.g., scientific articles, proceeding papers, book chapters, and books. Maps were developed using VOSviewer by importing the entire text file with saved records from the WoS database.

Defining the research gap

As we already mentioned in the introduction, given the uncertainty created by Black Swans and the need for resiliency, management practices should be modified accordingly. In such a number, the approaches to management control systems (MCSs) should be rethought from the perspective of the need for resiliency due to the challenge of mega crises. According to Otley: “management control systems provide information that is intended to be useful to managers in performing their jobs and to assist organizations in developing and maintaining viable patterns of behavior” [1999, p. 364]. MCSs focus on two roles: ex-post–decision control, performance management, and ex-ante–decision management, and sharing knowledge [Simons 1995, Ahrens and Chapman 2004, Mundy 2010, Zimmerman 2011]. From the perspective of the purposes of this paper, this ex-ante role is crucial because it is helpful to face the present challenge of uncertainty [Sprinkle 2003]. Since Simons’ both seminal paper [1994] and book [1995], the important body of knowledge connected with the so-called LOC (levers of control) framework has been developed⁵.

Simons defined an MCS as “the formal, information-based routines and procedures used by managers to maintain or alter patterns in organizational activities” [Simons 1987]. He proposed to call MCSs levers of control, which comprise four control systems: beliefs, boundary, diagnostic and interactive. Belief systems are “used by top managers to define, communicate, and reinforce the basic values, purpose, and direction for the organization. Belief systems are created and communicated through formal documents such as credos, mission statements, and statements of purpose” [Simons 1994, p. 170]. They are used to provide and reinforce the basic values, purpose, and direction of the organization [Simons 1995], without “prescribing the precise nature of the activities” towards achieving this purpose [Mundy 2010, p. 501]. Thus, they encourage the explorative approach and enable the creation of new knowledge [Chiesa et al. 2009, Ylinen and Gullkvist 2014]. Belief systems are particularly important to organizations operating in uncertain conditions and undergoing change [Bruining et al. 2004, Speklé 2001].

Boundary systems are “used by top managers to establish explicit limits and rules” [Simons 1994, p. 170] and to “define and communicate specific risks to be avoided” [Simons 2000, p. 764]. Typically, boundary systems are defined in negative terms [Simons 1994], and thus could fail to give enough freedom for opportunity-seeking behavior, and some potentially feasible modes of conduct may remain unexplored [Curtis and Sweeney 2017, Rodan 2005]. Thus, the effectiveness of boundary systems depends on the ability to do the ex-ante catalog of acceptable and unacceptable behavior [Mundy 2010]. Therefore, behavioral rules and limits are questionable in conditions of a great deal of uncertainty [Bedford 2015].

⁵ The LOC framework has gained a prominent position. According to Kruis et al., “the impact of the Levers of Control (LOC) framework on the accounting literature is undeniably large” [2016, p. 27]. In WoS, there are 5,180 citations connected with the phrase “levers of control” (taking into account journals with more than 20 citations). They occur mainly in accounting journals. Only two journals: “Accounting, Organizations and Society and Management Accounting Research” count for 35% of these citations.

Diagnostic control systems are, according to Simons, “used to monitor organizational outcomes and correct deviations from preset standards of performance” [1994, p. 170] and as “feedback systems [they are] used to track variances from preset goals and manage by exception” [Simons 1994, p. 171]. Diagnostic systems compare actual results against planned targets [Simons 1995, Abernethy and Brownell 1999] and foster efficiency gains under circumstances of high task security [Bedford 2015]. Diagnostic control systems could be based on both financial data indicating when economic expectations of investors are met as well as non-financial metrics securing control of critical success factors, which enable the achievement of financial targets [Perera and Harrison 1997, Abernethy and Lillis 2001, Tuomela 2005]. On the other hand, there is the risk of overemphasizing the role of measurable aspects of firm performance [Muller 2018] and overly orientating on targets [Chiesa et al. 2009]. Moreover, diagnostic systems are strongly embedded in a mechanistic approach to the organizations, which manifests in tight control and highly structured top-down⁶ communication [Henri 2006, Cooper and Ezzamel 2016]. Therefore, overly relying on such systems could preclude creative behavior, open discussions, and gaining new knowledge [Wenisch 2004, Chiesa et al. 2009, Lill and Wald 2021].

In contrast to the diagnostic control systems, the interactive ones are strongly based on bottom-up communication [Simons 1994, 1995]. They are “used by top managers to regularly and personally involve themselves in the decision activities of subordinates” [Simon 1994, p. 171], while “the purpose of making a control system interactive is to focus attention and force dialogue and learning throughout the organization” [Simon 1994, p. 171]. Interactive control systems are crucial safeguards against “strategic uncertainties” [Simons 1994, p. 171], which require autonomy [Silaen and Williams 2009], intensive use of different sets of knowledge, including tacit knowledge [Gupta and Wilemon 1990, Abernethy and Lillis 1995, Speklé 2001, Turner and Makhija 2006], critical reflection [Matsuo and Matsuo 2017] and innovation [Abernethy and Brownell 1997, Bisbe and Otley 2004]. “The purpose of interactive processes is to debate or challenge the underlying assumptions and action plans that drive an organization’s activities” [Mundy 2010, p. 501]. In doing so, executives can stimulate the emergence of new strategies [Simons, 1995, Bisbe and Otley 2004]. Interactive control systems require an awareness of significant strategic uncertainties that may affect the achievement of goals [Marginson 2002, Bisbe and Otley 2004, Mundy 2010]. The use of interactive control systems enhances the dynamic capability to take advantage of new opportunities and overcome strategic uncertainty [Simons 2000].

As one can find from the discussion above, Simons’ four levers of control complement each other, and managers could benefit from using each one of them [Widener 2007]. All of them, taken jointly, create a “dynamic tension between opportunistic innovation and predictable goal achievement that is essential for positive growth” [Simons 1995, p. 153].

This is the task of managers to decide which of these systems will catch the most attention at any given time [Simons 1995]. Our thesis is that recently, due to COVID-19 and the war in Ukraine, the awareness of the Knightian [Knight 2009] uncertainty sub-

⁶ According to Muller, sometimes, the demand for performance metrics from the top of the organization flows from the ignorance of top managers about the organizations they manage [Muller 2018].

stantially increased and that now the dynamic tension will shift towards beliefs systems and interactive control systems, which facilitate and enhance employee engagement, market orientation, entrepreneurship, innovativeness and organizational learning [Bisbe and Otley 2004, Tuomela 2005, Henri 2006].

In 2022 there was the 30th anniversary of the introduction of the balanced scorecard, which since its introduction has met with high interest – in 2015, it occupied the sixth position among the most widely used management tools worldwide, according to [Rigby and Bilodeau 2015]. According to Tuomela [2005], the discussion of MCSs and strategy, as well as their relationship, has intensified after the introduction of a balanced scorecard. Initially, the BSC falls naturally into the category of diagnostic control systems. Although the creators of the BSC declared its evolution towards an integrated management system that links strategy with operational execution [Kaplan and Norton 2004, 2008] and therefore, it could be used as an interactive control system, the vast majority of literature treats the BSC more as a performance measurement system, namely a diagnostic control system [Tuomela 2005, Kumar et al. 2021].

These observations are confirmed by bibliometric co-words analysis. Figure 1 illustrates the co-occurrence network map based on 4840 scientific papers, monographs, and book chapters (from the Web of Science database), which include the “balanced scorecard” phrase in the title, abstract, keywords, or the corpus of the text. The links in the network depict a strength, represented by a positive numerical value. This value represents the appearance of the pairs of words or phrases in analyzed papers. The higher this value, the stronger the link – namely, frequency of appearance (the number of publications in which two terms occur together).

The most frequently appearing in-text co-words or phrases are: management (strength = 3194), performance (2430), framework (2091), strategy (1918), and performance measurement (1774). Thus, even though the strategic potential of the BSC is recognized, issues important for the interactive control system role are less frequently undertaken (innovation = 1004; knowledge = 512; knowledge management = 367). Issues such as learning or organizational learning, even if mentioned⁷ are, in fact, marginal in this body of literature. At first glance, it is surprising, taking into account that Kaplan and Norton declared the importance of strategic learning. Some critics claim, however, that the BSC is overly reliant on top-down management [Norreklit 2000, Cooper and Ezzamel 2016]. This approach may not fit the learning requirements in the organization’s real social context and in a dynamically changing environment. Cooper and Ezzamel [2016] claim there is a need for more dialogue and democratic deliberation within an organization.

Considering that interactive control systems are used to provoke discussion about uncertainties and to learn new responses to the turbulent environment, this lack of emphasizing learning issues is striking. What is more, up to now, nearly two decades after the publication of the third book by Kaplan and Norton [2004] entitled “Strategy Maps”, such a phrase⁸ does not appear in the co-words network of the “balanced scorecard” (Fig. 1). Nevertheless, despite the still huge popularity of the BSC, one could find that according to the newest study of Bain&Co., this popularity appears to be on a decline [Rigby and

⁷ A network map illustrates a limited number of the most relevant words.

⁸ “Strategy map” or “strategy maps”.

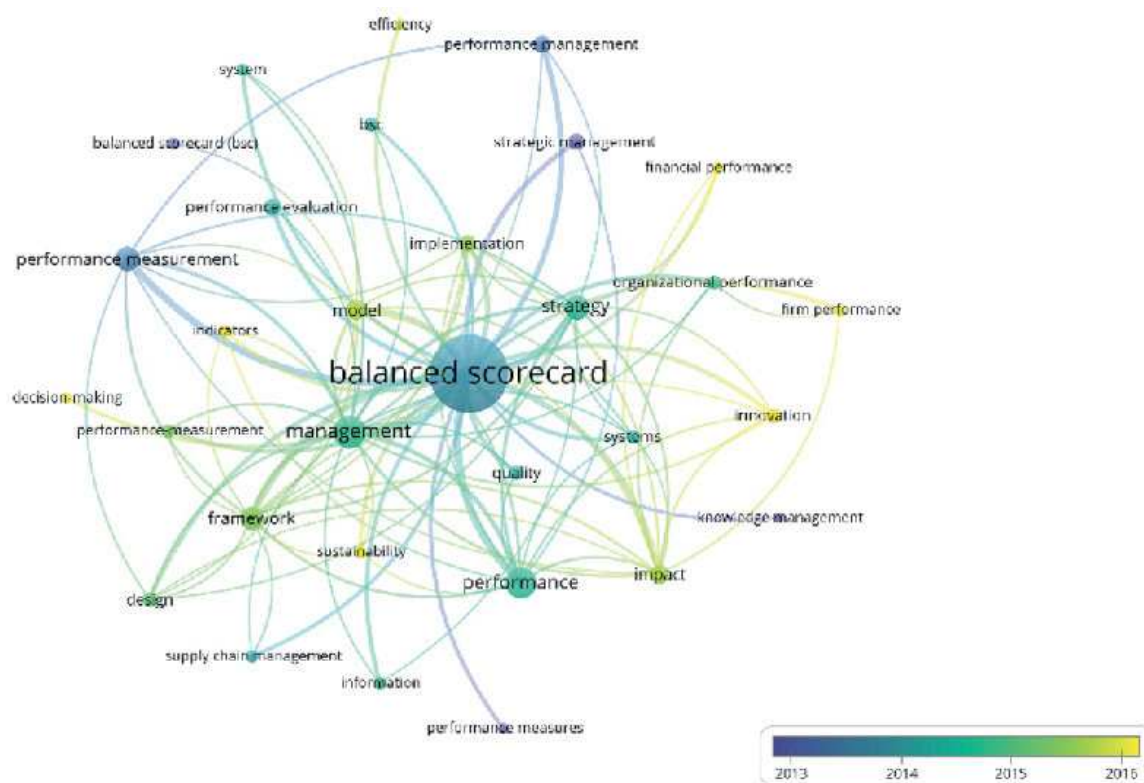


Figure 1. Network map of items co-occurring with the “balanced scorecard” phrase ($N = 4,840$ scientific texts from Web of Science database)

Rysunek 1. Mapa współwystępowania słów z frazą “zrównoważona karta wyników” ($N = 4840$ tekstów naukowych z bazy Web of Science)

Source: based on WoS with the application of VOSviewer.

Bilodeau 2018]. One of the possible explanations is that the potential of the BSC as an interactive control system was not fully developed, which is particularly important in times of mega crises.

A strategy map, developed under the BSC methodology umbrella [Kaplan and Norton 2004], is a tool that has the potential to support the interactive role of the control system, namely the role that emphasizes learning and discussion rather than checking if results are on the planned track. According to Lueg [2015] and Lueg and Norreklit [2012], a strategy map facilitates discussion by challenging the strategic assumptions of other managers and employees in the joint process of constructing the casualties (cause-and-effect relationships) between strategic objectives. “Strategy maps foster a better understanding of the BSC among employees, create a greater commitment, reduce resistance, cultivate a feeling of fair evaluation, and are far superior to a stand-alone BSC in communicating” [Lueg 2015, p. 34].

Tuomoela [2005], as well as Naro and Travaille [2019], emphasize the decisive role of the strategic map in the ensuing organizational learning⁹. This role of strategy maps is

⁹ In the two cases of industrial enterprises, which the authors studied, both companies gained the knowledge generated during the designing process of the strategy map, despite the fact that they abandoned the BSC a few years after its implementation [Naro and Travaille 2019].

crucial because a strategically oriented MCS needs to be altered if the strategy is changed [Eccles 1991, Grady 1991, Tumoela 2005]. Thus, it is highly probable that they should be altered quite often [Otley 1999], which could be problematic [Anthony and Govindarajan 1998, Tumoela 2005] without the strategy map, a “tool for ongoing discussion over long periods, and in which manager participants had the opportunity to analyze, question and importantly to refine the strategy” [Armstrong 2019, p. 741]. The study of Islam [2018] shows that strategy maps manifest high adaptability and change over time. Armstrong claims that “the strategy map represents a major contribution to the theory and practice of performance management” [2019, p. 721].

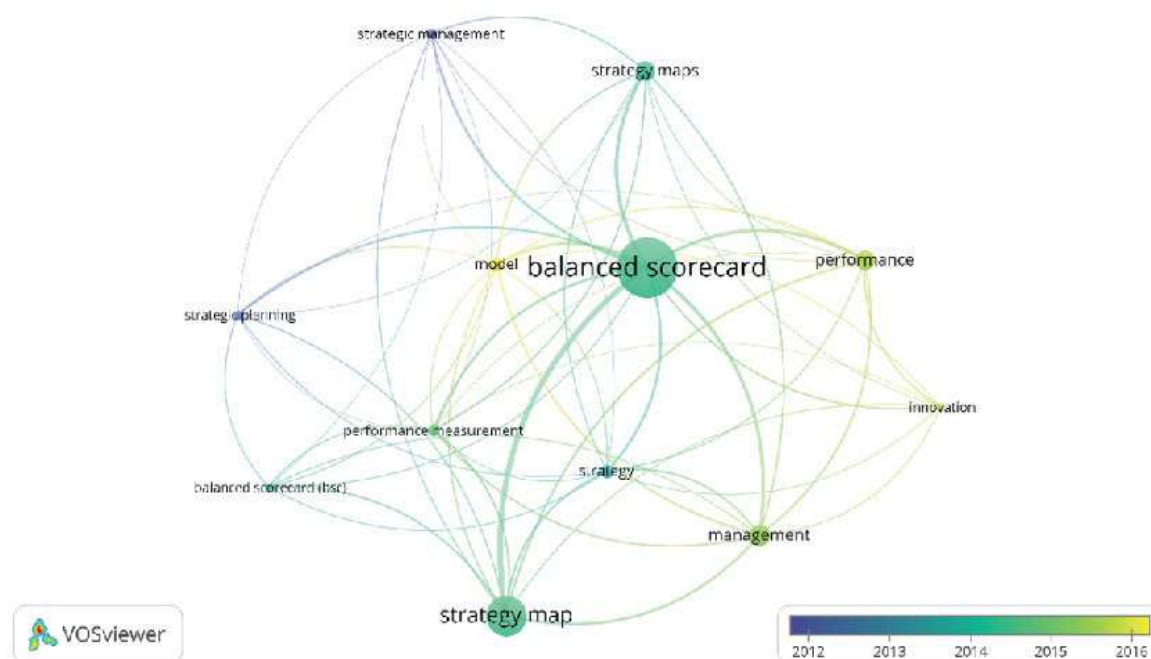


Figure 2. Network map of items co-occurring with the “strategy map” phrase ($N = 464$ scientific texts from Web of Science database)

Rysunek 2. Mapa współwystępowania słów z frazą “mapa strategii” ($N = 464$ tekstów naukowych z bazy Web of Science)

Source: based on WoS with the application of VOSviewer.

Despite these advantages, “only a few academic studies have analyzed strategy maps” [Lueg, 2015, p. 34], and empirical research on the evolution of strategy maps is under-explored [Islam 2019]. It appears that the strategy map has not realized its potential [Armstrong 2019]. These observations are confirmed by bibliometric analysis. There are 464 scientific texts from the Web of Science database, which include the “strategy map” phrase in the title, abstract, keywords, or in the corpus of the text as compared to the number of 4,840 in the case of “balanced scorecard” (slightly less than 10%). In Figure 2 (which depicts the co-occurrence of words based on texts from WoS for the “strategy map”) the oval¹⁰, which represents the main phrase, is even smaller than the “balanced

¹⁰ The size of the ovals illustrates the frequency of pairs of words/phrases

scorecard”. In fact, the last phrase dominated the main phrase, “strategy map” in both – the size of ovals (frequency of pairs of words/phrases) as well as in the strength of links (the appearance of these pairs in texts).

The most frequently appearing co-words or phrases are: balanced scorecard (strength = 442), management (158), model (131), performance (117), strategy (80), and performance measurement (73). It is striking, taking into account the advantages mentioned above, that there is a lack in the co-word network for such items as: learning, organizational learning, discussion, mental model, and shared mental model.

Table 1 consists of some bibliometric synthesis of the discussion above with special regard to the four items: management control systems (MCSs), levers of control (LOC), balanced scorecard (BSC), and strategy map (SM). One could notice that references to the topics mentioned above are placed on the borderline of accounting (management accounting in particular) and management (strategic management in particular). In general, the citation distribution regarding all these topics is 60 versus 40 percent, respectively. Regarding MCSs and LOC accounting, journals dominate even more (72 versus 28%). Conversely, the citations regarding BSCs and SMs¹¹ in the management journals slightly outnumber those in the accounting ones (54 versus 46%).

Table 1. Distribution of citations regarding management control systems (MCSs), levers of control (LOC), balanced scorecard (BSC), and strategy map (SM) across mostly referred journals

Tabela 1. Cytowania dotyczące systemów kontroli zarządczej (MCS), dźwigni kontroli (LOC), zrównoważonej karty wyników (BSC) i mapy strategii (SM) w najczęściej cytowanych czasopismach

Journal	Topic				Total
	MCS	LOC	BSC	SM	
<i>Accounting, Organizations and Society</i>	10 631	1 118	4 390	168	16 307
<i>Management Accounting Research</i>	4 045	622	2 126	125	6 918
Strategic Management Journal	1 975	244	1 824	164	4 207
<i>The Accounting Review</i>	1 778	–	2 181	154	4 113
International Journal of Operations & Production Management	563	–	3 160	146	3 869
Academy of Management Review	1 697	146	1 429	–	3 272
Academy of Management Journal	1 766	148	1 192	–	3 106
<i>Journal of Management Accounting Research</i>	1 202	102	1 654	–	2 958
Journal of Cleaner Production	740	–	1 690	133	2 563
Journal of Business Ethics	1 214	113	1 012	–	2 339
<i>Accounting, Auditing & Accountability Journal</i>	1 304	116	606	–	2 026
Long Range Planning	446	–	1 235	158	1 839
Total	27 361	2 609	22 499	1 048	53 517

Notes: only journals with at least 100 citations in at least 3 out of four topics (MCS, LOC, BSC, SM) were taken into account. Italic denotes accounting journals.

Source: own based on WoS data set and VOSviewer.

¹¹ Regarding SM alone, this advantage of management journals is even slightly higher (57 versus 43%)

From a quantitative point of view, at first glance, the topic of the strategy map is relatively weakly developed (1,048 citations vs. 22,499 regarding BSCs¹²). More importantly, the qualitative analysis shows the substantial underdevelopment of the literature in this area. Let us explain. The LOC literature emphasizes the role of dynamic tensions between the different types of control systems according to the actual needs. Nowadays, companies have to face the mega-crises such as COVID-19 or the full-scale Russian aggression in Ukraine. Thus, this situation calls on the much more extensive use of interactive control systems than before.

Strategy maps fit perfectly with this new demand. It enables understanding strategic assumptions, structuring the problems, dialog and discussion, and gaining knowledge (including tacit knowledge) from many parts of the organization. In such a way, it facilitates innovations, organizational learning and refining strategy in an ongoing process. However, even in the relatively limited number of publications on the strategy map, these issues do not dominate. Only the issue of innovations has emerged recently (the yellow color in the network map denotes the relative novelty) in the body of literature regarding the strategy map – cf. Figure 2. One could note that the same trend of appearance of the innovation issue is also present in the body of literature regarding LOC – Figure 1.

Despite these small positive shifts, generally, the issue of organizational learning and the shared mental model is almost absent in the literature about MOS, LOC, and BSC. There are 9,679 papers and other scientific texts from WoS regarding the “mental model” phrase. In the case of “organizational learning,” the number is also huge (8,087). However, the literature which has taken these issues jointly into account is relatively scant – 107 texts. There are only a few very limited positions treating these issues of organizational learning and mental models, which are crucial for crafting iterative control systems jointly with topics such as: balanced scorecards and strategy maps. Therefore, in our opinion, there is a research gap, which justifies our efforts to undertake in this paper the problem of strategy map as a framework of a shared mental model for the interactive control system.

A strategy map as a framework for a mental model of strategy

Kaplan and Norton focus mainly on the technical aspects of strategy maps [Islam 2018] while neglecting the sensemaking processes initiated by drafting, discussing, and refining strategy maps [Armstrong 2019]. Regarding Sułkowski and Lenart-Gansiniec [2021], there is no guarantee of obtaining fully reliable or cognitive-neutral data, and therefore strategic analysis methods are based on heuristic processes. Thus, strategic planning could not be fully formalized algorithmically. Moreover, such planning is, in turn, challenged by the volatility of conditions of the environment. Strategic decisions are therefore related to the process of perceiving reality. Our human minds do not reflect reality but perform a kind of cognitive reconstruction of it. Therefore, strategies and plans depend on meanings and symbols [Cohen and March 1974]. Strategic choices are made based on many factors and conditions, situational and cognitive, and on the value systems

¹² It equals less than 5% of citations regarding BSC.

of the individual and society. From this point of view, strategic management and reporting could be seen as dealing with meanings, namely sensemaking and sensegiving¹³ [Gioia and Chittipeddi 1991, Rouleau 2005, Kim 2018].

In trying to implement strategy, the leaders must somewhat “infect” employees (sensegiving). This is why “cognitive leadership” [Witt 1998] is needed. In other words, leaders should provide mental models or cognitive maps, which could be proliferated and discussed among the employees through the processes of communication and education, therefore starting a “strategic conversation” within the organization. This conversation should produce an agreed “theory of the business” [Drucker 1994] consisting of the profit model, the value proposition for customers, the system of internal processes, which deliver this value, and a bundle of resources supporting such a system. Such a business model could be framed on the four perspectives of the balanced scorecard in the form of a strategy map [Lueg 2015]. According to Drucker, these crucial aspects are “assumptions that shape any organization’s behavior, dictate its decisions about what to do and what not to do, and define what the organization considers meaningful results” [Drucker 1994, pp. 95–96]. A strategy map is an expression of such assumptions in the form of a cognitive map diagram.

Such a process of sensemaking and sensegiving “is something different from organizing a formal communication process and issuing instructions. [...] and is, therefore, open to rival cognitive frames” [Witt 1998, p. 167]. Thus, success in such a process relies on quality, soundness, and the appeal of the ideas encapsulated in the strategy map [Niven 2008, Pietrzak 2014]. Any novel idea or conception requires acceptance by those who can affect bringing it to life. Otherwise, its potential value will never be realized. This rule is expressed in the following equation: quality times acceptance equals effectiveness. To gain acceptance for the strategy, it must be communicated. Before people can execute the strategy, they must accept it [Niven 2005]. The role of “buy-in” created through engaged participation is stressed by Armstrong [2019] and Groene et al. [2012]. The source of commitment, in this case, is not a normative power but rather a cognitive power [Witt 1999].

This is where the strategy map comes into the scene. A strategy map is a management tool developed by Kaplan and Norton [2004] under the balanced scorecard umbrella. Based on the balanced scorecard four-perspectives scheme, it can be perceived as a one-page visualization of the firm’s pathway from the present to the desired future. A strategy map outlines the organizational tasks to be done to successfully implement its strategy by defining what it wants to achieve in each of the four perspectives of the BSC [Niven 2008] – Figure 3.

The important trait of the strategy map is its plainness: a one-page visualization depicts the strategic story [Smith 2007, Niven 2008]. A strategy map is a communication tool and a cognitive pattern for organization members that helps build commonly shared mental models of the organization’s destination.

¹³ “Sensemaking has to do with the way managers understand, interpret, and create sense for themselves based on the information surrounding the strategic change. Sensegiving is concerned with their attempts to influence the outcome, to communicate their thoughts about the change to others, and to gain their support. Although these processes appear to be conceptually different, the boundaries of each are permeated by the other” [Rouleau 2005, p. 1415].

The strategy map consists of two elements (Fig. 3):

- Strategic goals are defined for each perspective in the form of ovals with short statements of the direction of intended change; and
- Interconnections between strategic goals (cause-and-effect relations) in the form of arrows that link the ovals.

The general logic of any strategy map is as follows: if we have the right staff, organizational capital, and IT (learning and growth perspective) – we will do well the right things (process perspective) – then the customers will be delighted (customer perspective) – and we will get more profits (financial perspective) – Figure 3.

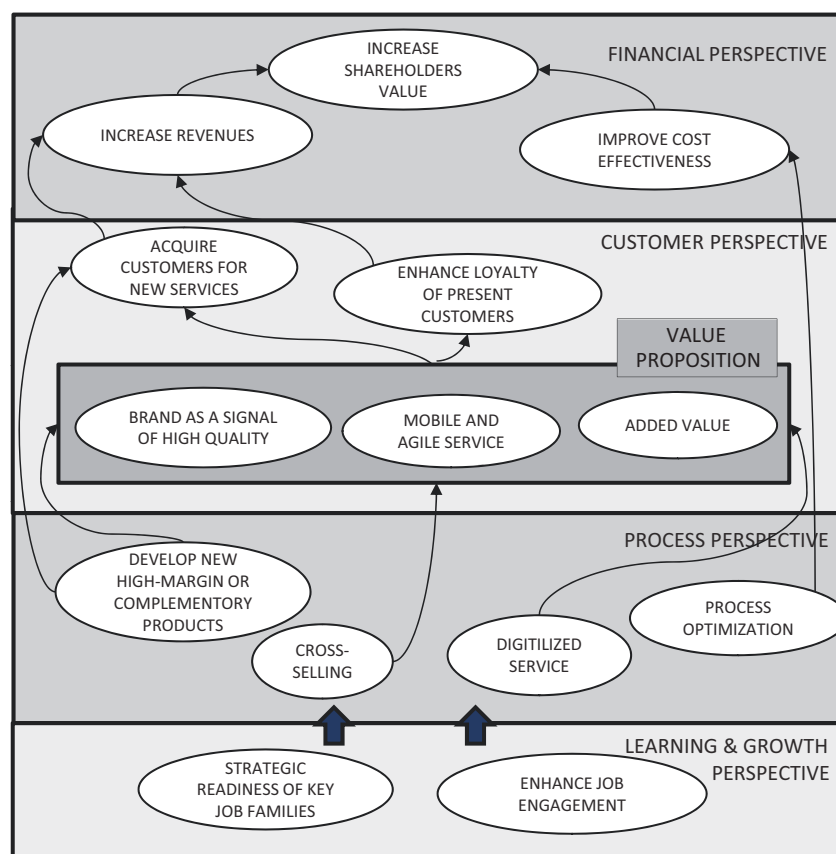


Figure 3. The building blocks of a strategy map: strategic goals and interconnections between them (example from the sector of professional services)

Rysunek 3. Elementy składowe mapy strategii: cele strategiczne i wzajemne powiązania między nimi (przykład z sektora usług profesjonalnych)

Source: own elaboration.

The visualization of strategy in the one-page picture (strategy map) tells a short story that explains how to translate strategy into action [Pietrzak 2014] and therefore builds a shared mental pattern of the strategic intent. For purposes of strategic management and reporting in times of uncertainty, the challenge is to combine rationality with subjective judgment and data interpretation. This is where the idea of the mental model comes onto the scene. The mental model is a simplified but intelligent and useful representation of a complex and uncertain reality.

Due to traits of the human brain and its limited capacity for processing and memorizing information, people's actions are plagued by bounded rationality, a notion that represents real-world decision-making: intentionally rational, but only limitedly so [Simon, 1986a, 2000, Witt 1998, 1999, Witt and Zellner 2005]. Due to limitations in working (or short-term) memory, the human brain requires serial and selective information processing, which relies on cognitive cues gradually built on experience. Such cues are fundamental for intuitive judgment [Witt 1998, Simon 2000]. They are organized into larger systems – cognitive frames – formed by life-long learning and stored in long-term memory. There are further used on-demand as frames for selective usage of incoming information. From the bounded rationality of individuals taken in conjunction with the uncertainty in the environment, mental constructs arise to simplify cognition [North 2011]. Bounded rationality prevents people from tracing all imaginable details and possibilities. To cope with this limitation, we use “cognitive frames” [Witt 1998] or “mental models” [Johnson-Laird 1983].

According to Simon [1986b, pp. S210–S211], “If (...) we accept the proposition that both the knowledge and the computational power of the decision-maker are severely limited, then we must distinguish between the real world and the actor's perception of it”. Mental models used by economic actors are “subjectively derived” and used in a process, that North calls “deciphering the environment”, which relies on “processing the information through pre-existing mental constructs” [North 2011, p. 20]. Ackerman and Eden [2010, p. 138] argue: “in an organizational setting the manager is taken to be involved actively in the psychological construction of the world rather than the perception of an objective world”.

Craik [1943] first introduces the notion of the ‘internal model’, which represents a similar relation structure to that of the system it imitates. Johnson-Laird [1983] argues that we apprehend the world by building mental models of the relations among objects and events that concern us. “A mental model is a conceptual representation of the structure of an external system used by people to describe, explain and predict a system's behavior. (...) managers build their mental models as they interact with the business system that they manage” [Capello and Dias 2009, p. 1].

Knight [2009, pp. 102–103] argues that “life has been described as an internal adaptation to external coexistences and sequences. (...) the fundamental difference in the case of (...) conscious life is that it can react to a situation before that situation materializes; it can ‘see things coming’. (...) the farther ahead the organism can ‘see’, the more adequately it can adapt itself”. In the case of strategic management, the adaptation of an organization requires insight into the future. “We do (...) react to (...) the ‘image’ of a future state of affairs” [Knight 2009, p. 103].

Kelly [1955] claims that people anticipate future events through hypothesizing based on experience. These hypotheses are tested out, and subsequently, new elements are added to mental constructs. Such constructs could be visualized by cognitive mapping comprising nodes (statements) and links (causal arrows) [Ackerman and Eden 2010]. The strategy map developed by Kaplan and Norton [2004] under a balanced scorecard methodology could be seen as a form of such cognitive mapping [Dunham 2002, Ritchie-Dunham and Puente 2008, Capelo and Dias 2009, Gonzales et al. 2012].

A strategy map as the basis of organizational learning

In addition to its simple visualization of strategic intent, another feature of a strategy map is that it facilitates the process of organizational learning. Due to this feature, the strategy map is in line with Senge's [2006] concept of five disciplines as conditional for organizational learning. Every relationship between goals on the strategy map (arrows between ovals – Figure 3) is a kind of strategic hypothesis.¹⁴ From this point of view, the mental model expressed in the form of a strategy map can be defined as a local micro-theory.

A theory is defined as a set of statements about a relevant problem. A strategy map can be perceived as an ensemble of adjudicating sentences (each “what-if” relationship is such a statement), and at this stage, they have the status of hypotheses. Thus, based on available objective information and subjective judgments, the strategy map depicts achievable results regarding the particular strategic situation. Therefore, the strategy execution becomes a form of testing the strategic hypotheses. They must undergo modifications as a result of confronting reality and an inflow of new information. In this way, conclusions can be drawn from the implementation of the strategy. Effective actions should be reinforced, while in the case of deviations, corrective steps should be taken, or the hypotheses (what-if relationships in the form of arrows – Figure 3) should be updated.

The roots of the modern scientific method date back to the 17th century, when Bacon proposed the cycle of inductive reasoning as a hypothesis – experiment – evaluation. For management, it can be slightly modified as planning – implementation and checking – adjustments. Those processes create a so-called PDCA cycle¹⁵ [Pietrzak and Paliszkiwicz 2015] and are shown in Figure 4. During the strategy execution, some opportunities may disappear while others arise, and some action plans may become impossible or unwarranted to implement while others become viable. Consequently, an initial strategy may have to be modified [Foss and Klein 2012].

Therefore, the strategy development process has to be iterative. This process is based on assumptions, which, due to the uncertainty, are only partially correct. Strategy execution (“Do” phase) enables the ultimate test (“Check” phase) of those assumptions, and we need to conclude (“Act/adjust” phase) from this test for the next iteration of strategic planning (“Plan” phase) – Figure 4.

Thus, the idea of a strategy understood as a brilliant plan, a one-time best answer to problems, should be replaced with a different concept. Rather, the strategy should be seen as a framework whose final shape will emerge in the cyclical process of strategic learning. Such an approach resonates with a remark attributed to Eisenhower: “Plans are nothing; planning is everything” [Cowley and Domb 1997, p. 10]. In other words, strategies are built on-premises, many of which are based on judgments. However, the empiri-

¹⁴ There are many examples of empirical testing of such kinds of hypotheses [Yeung and Berman 1997].

¹⁵ Alternatively, the strategic learning process could be seen through the lens of David Kolb's “learning loop”: formation of theory – testing – concrete experiences – observation and reflection – formation of improved theory [van der Heiden 1998].

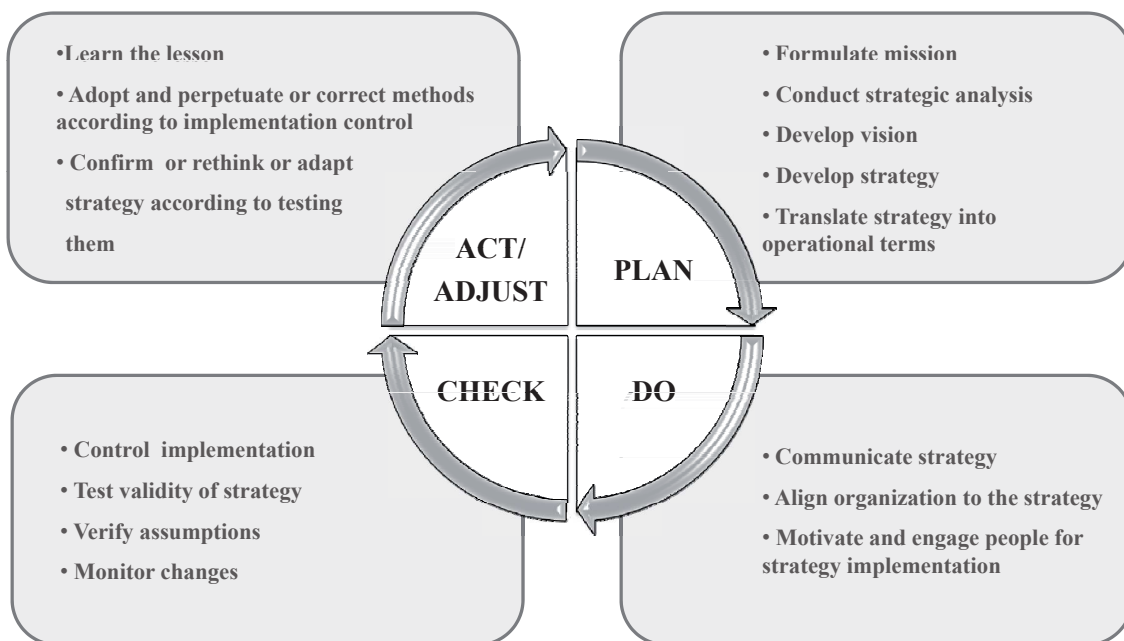


Figure 4. Strategic learning process framed on the PDCA cycle
 Rysunek 4. Proces strategicznego uczenia się oparty na cyklu PDCA
 Source: [Pietrzak and Paliszkievicz 2015, p. 153].

cal tests could undermine their validity. As the circumstances and available knowledge change, the strategies should be adapted accordingly [Kirzner 2013, Simon 2000]. In such a way, strategy (the “Plan” phase) is getting an endogenous category driven by the “Act/Adjust” phase.

According to Sterman [2000], effective learning involves continuous experimentation. Feedback from experiments (namely impacting a system by a set of actions) informs the development of mental models for the next iteration, and so on – Figure 5. A strategy map based on a balanced scorecard is a valuable form of cognitive mapping by which the individual’s mental models not only could be made explicit but also congruently aligned and encapsulated into the diagram as commonly shared mental models. The strategy map is expressed in the form of a set of hypotheses, which could be tested through the implementation of the strategy and therefore enhance strategic learning (including so-called double-loop learning).

According to Argyris and Schön [1978], in single-loop learning, the theory (here: the strategy map) – which has been steering the actions - remains stable. Any departure from the planned results is interpreted as a failure of actions done. Single-loop learning does not require validating the theory, which remains an exogenous category [Kaplan and Norton 1996, Steinmann and Schreyögg 2000]. Regarding the idea of double-loop learning, the strategy map as a kind of theory (set of hypotheses) should be tested empirically [Argyris and Schön 1978, Kaplan and Norton 1996, Steinmann and Schreyögg 2000]. Thus, the strategy should not be treated anymore as being etched on stone tablets. One arrow from feedback information goes to the action phase (single-loop learning), while the other one goes to the mental model (as expressed as the strategy map [Capelo and Dias 2009] – Figure 5.

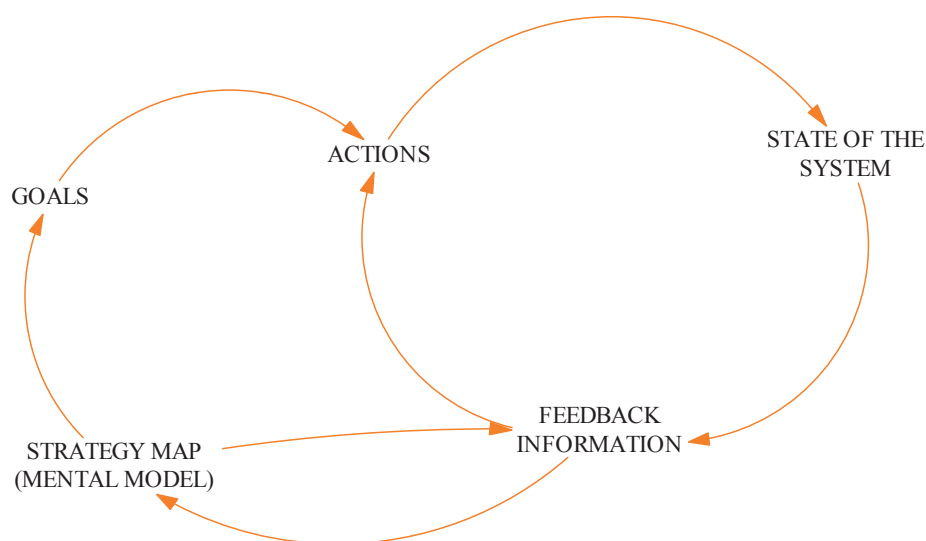


Figure 5. An interactive control system as a double-loop learning process with a strategy map as a mental model

Rysunek 5. Interaktywny system kontroli jako mechanizm uczenia się w podwójnej pętli z mapą strategii jako współdzielonym modelem mentalnym

Source: modified [Sterman 2000, p.19].

Thus, information feedback about the state of the system (“real world”) not only has the potential to alter the actions but also feeds back to alter the mental model of strategy. Such a learning mechanism in which we replace an idea of a brilliant one-shot strategy with the view of strategy as a set of hypotheses (premises that have to be empirically tested) allows to iteratively build up an organization that could be more resilient and viable against the turbulent environment of present times (e.g., COVID-19, the war in Ukraine and its consequences). The balanced scorecard treated just as a set of metrics alone – a cockpit-like model “would not allow double-loop learning from strategy, and bringing the assumed cause-and-effect relationships up-front is an issue of paramount importance from the strategic learning perspective” [Tuomela 2005, p. 311].

What is worth emphasizing is that not only information feedback influences the mental model, but the link is also present in the reverse direction – Figure 5. Existing mental models influence the process of “deciphering” the real world [North 2011, p. 20]. “Deciphering” business systems means that we perceive them through filters. For example, “no one knows the current sales of their company, the current rate of production, or the true value of the order backlog at any given time. Instead, we receive estimates of these data based on sampled, averaged, and delayed measurements. (...) a measurement is an act of selection” [Sterman 2000, p. 23]. Cognitive maps frame how the world is perceived. Thus, decision-makers are more cautious about hearing the messages they are structured to hear [Hoverstadt 2010]. “Seeing is believing, and believing is seeing. They feed back on one another” [Sterman 2000, p. 24]. Hopefully, “the information systems governing the feedback we receive can change as we learn” [Sterman 2000, p. 23] – Figure 5.

The role of the sharing of mental models of strategy

The prerequisite of organizational learning is the commonly shared mental model (common cognitive frame), which addresses organizational identity and destination by answering the questions: Who are we? What is happening? How will the current situation be changed or improved? Such commonly shared organizational theory-in-use could be encapsulated in the form of strategy maps. Except in a sole proprietorship, a strategy is always a multi-person activity based on collaboration. Thus, we must somehow cope with the problem of proliferating strategic narration (in the case of a strategy map – the set of hypotheses/testable premises) within organizations. “Strategic work is the process of bringing an entrepreneurial idea into a particular socio-economic context” [Spender, 2014, p. 9]. From this point of view, leadership can be seen as the “provision and enforcement of cognitive frames” [Witt 1998, p. 166]. Let’s imagine a leader with their conception of states of the world (opportunities and threats) and ways of dealing with them based on strategic judgment. This conception could be expressed as a strategy map. Such a conception has the features of cognitive frames. It can steer the behavior of the organization only if the employees decide within their areas of discretion to follow this conception in a coordinated way.

To achieve this, the conception (cognitive frame/mental model) must be proliferated within the organization and adopted by the employees [Witt 1998]. Implementing the strategy should begin with communicating and educating those people who are engaged in its execution [Kaplan and Norton 1996]. Hence, the original judgment and interpretation of the leader (or leaders) must become the object of what van der Heijden [1998] described as a “strategic conversation” – compare Figure 6.

In the case of collectivities such as organizations, one should differentiate the individuals’ mental models and the common/shared mental model. According to Ackermann and Eden [2010, p. 144], “cognitive maps are those maps that attempt to represent cognition and therefore are focused on a single individual. Causal maps are those that are produced (...) from the amalgamation of cognitive maps”. However, Gonzales et al. (2012) use the term cognitive map for both cases, and we will do the same.

“The complexity of problematic situations in real life stems from the fact that not only are they never static - they also contain multiple interacting perceptions of ‘reality’. This comes about because different people have different taken-as-given (and often unexamined) assumptions about the world” [Checkland and Poulter 2010, p. 192]. In other words, people have different individual mental models of systems in which they operate. The challenge is the attempt to encapsulate such individuals’ models in the frame of a common cognitive map, which could be a base of “questions to ask of the real-world situation. This provides a coherent structure to a discussion or debate about both the situation and how it might be changed” [Checkland and Poulter 2010, p. 192]. This could be a starting point of “a process of seeking accommodation between different worldviews. (...) It does this by helping to understand complex situations, encouraging multiple perspectives to be taken into account, and bringing rigor to processes of analysis, debate and taking ‘action to improve’” [Checkland and Poulter 2010, p. 193]. This process constitutes a group learning cycle. Therefore, strategic management viewed from the perspective depicted in Figure 6 could not only produce the possibly best and more broadly approved business model but also yields a learning cycle, which would be a source of resiliency of that model in the future.

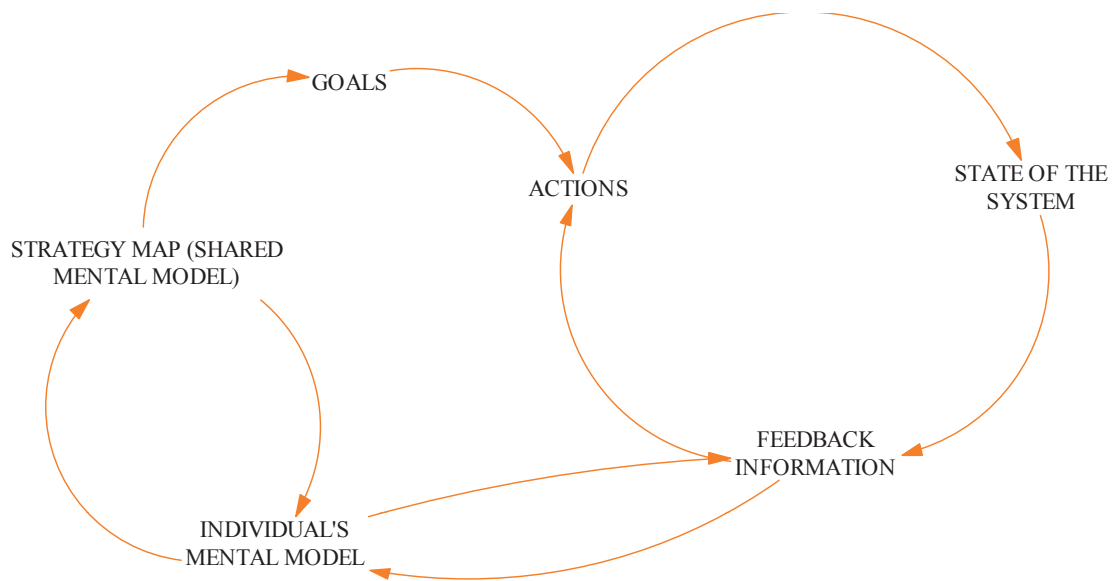


Figure 6. An interactive control system as a double-loop learning process with a strategy map as a commonly shared mental model

Rysunek 6. Interaktywny system kontroli jako mechanizm uczenia się w podwójnej pętli z mapą strategii jako współdzielonym modelem mentalnym

Source: an extended version of Figure 5.

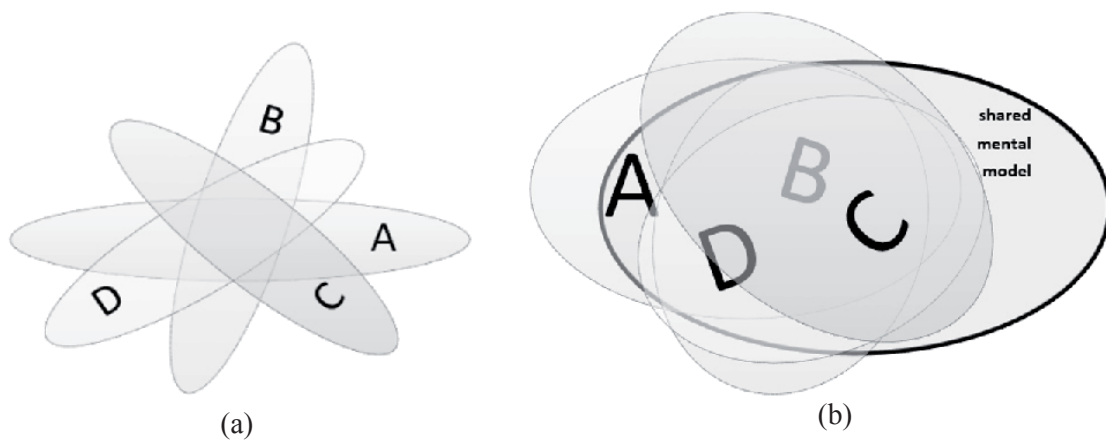


Figure 7. Individual mental models (a) with a substantial degree of divergence; (b) becoming convergent due to “strategic conversation”

Rysunek 7. Indywidualne modele mentalne (a) o znacznym stopniu rozbieżności; (b) zbieżne w wyniku „strategicznej rozmowy”

Source: modified Laukkanen [1994, p. 325].

Let us consider the simplistic situation of four team members (A, B, C, and D), all having their own mental models of the real-world situation and strategy to cope with it (symbolized by ovals) – Figure 7. Figure 7a depicts a typical initial situation when members’ mental models are quite divergent from each other, with only a small fraction of the commonly shared area. The “strategic conversation” described above aims to build up commonly shared mental model by increasing the convergency of individual men-

tal models through discussions and debates in the ongoing group learning cycle (compare Figures 6 and 7b), which produces common patterns in strategic thinking within an organization, namely “dominant logic” [Prahalad and Bettis 1986].

So far, our discussion has focused on the problem from the single company perspective. However, it could be easily extended to any open systems that need to fit the changes in the environment while balancing internal subsystems, e.g., integrated supply chains. Currently, supply chains are recovering from the disruption caused by the COVID-19 pandemic and are further impacted by the war in Ukraine and its economic consequences. Therefore, there is the same need for more flexible management control systems in supply chains as is observed on the level of the single firm. Thus, we are convinced that a strategy map as a framework of a shared mental model would enable the process of “strategic conversation” and learning in supply chains. Interactive control systems based on strategy maps could be helpful in building the resilience of these cooperative structures in the context of increasing uncertainty.

Concluding remarks

The balanced scorecard, during its 30-year development, gained huge popularity and a high usage rate in big companies. However, the dynamic changes taking place in the enterprises’ environment and shocks such as COVID-19 or the war in Ukraine create an urgent need for a more flexible management control system. Mega-crises like those above make it hard to justify building strategy in the form of detailed planning of dozens of metrics and targets spread within four perspectives of a balanced scorecard, which typically are then cascaded top-down to the business and support units or even into smaller departments. That implies significant costs in terms of additional workload to prepare such a widely-build diagnostic control system as well as to maintain it and in terms of the resistance against change after all this hard work is already done. This part of the BSC methodology seems to be becoming obsolete. Nevertheless, there is an interesting tool, namely a strategy map, developed under a balanced scorecard umbrella, which still seems to be very promising as a basis for interactive control systems. A strategy map develops and deploys a general vision of the strategic future; however, it is not too overloaded¹⁶ by detailed metrics and targets as the cockpit-like BSC developed as a diagnostic control system, and therefore it is more elastic, which is crucial in times of turbulent changes and predominant uncertainty.

The strategy map shows company-specific assumptions of creating “hard” financial results from “soft” human resources – showing cause-and-effect relationships between investments in human resources development with process improvement, customer satisfaction, customer loyalty, market share, revenues, costs, and profitability. A strategy map can be therefore viewed as a mental model of the “theory of the business”. In this way, it supports the process of fast strategic learning in organizations, enhancing the ability of teams to support consensus-building.

¹⁶ Tuomela [2005] argued that problems with overly extended additional workload are alleviated when using a measurement system interactively to learn about the strategy rather than to evaluate the performance of subordinates diagnostically” [Tuomela 2005, p. 311].

The strategy map consists of a set of hypotheses that can be tested by doing, namely through the implementation of the strategy. Such testing enables strategic learning, which allows for the iterative crafting of an organization's strategy that could be more resilient and feasible in a turbulent environment. An important role in strategic management is played by the convergence of the individual mental models of the organization members as a result of ongoing dialog called "strategic conversation". The result of such a process is a commonly shared mental model, which has to be developed, disseminated within the organization, discussed and accepted by employees, and then improved in the learning by doing.

As regards the limitation of the present study, we cover several topics; therefore, some of them may not be treated deeply enough as they should. However, our ambition was to synthesize some threads of literature and to take together some, in fact, interrelated problems, which, however, are only sometimes undertaken jointly in the literature. It is clear to us that any synthesis has to be less detailed (or more superficial) than any analysis focused on any sub-topic of this synthesis. This is a trade-off we did afford. Regarding the research gap we defined in an initial literature review, we hope this trade-off between an in-depth study and a broad synthesis is justified.

Regarding the directions of future research, the authors suggest three complementary ways. The first one is conceptual. If some parts of the BSC methodology are becoming obsolete (overemphasizing the detailed diagnostic control function based on many measures and targets), one could ask about alternatives. Strategy maps are a handy tool but are still quite general. Is it possible to operationalize it without falling into the trap of executives' "cockpits" overloaded by too many metrics? In our opinion, there are already some alternative approaches available, which could probably be linked to the strategy map in a cross-fertilizing way: hoshin-kanri¹⁷, OKRs (Objectives and Key Results), and the Agile/SCRUM approach to strategic projects management. Thus, the first desired direction of future research will be conceptual work focused on developing some eclectic system of management control, which will be more suitable to the present need for elasticity and fast learning, namely more interactive oriented.

The second one is empirical – the desired direction of future research would be to conduct more empirically oriented studies. Elaborated case studies would be welcomed, and, if possible, also quantitative field research. A detailed empirical investigation of changes in the scope of using the balanced scorecard and the role of the strategy map according to the recent mega-crises (e.g., COVID-19, the war in Ukraine) could give valuable insights. Particularly, it would be interesting to know how companies strive to build more resiliency into their management control systems.

The third one suggests the extension of the perspective. The need for strategy and flexible management control systems is the same in supply chain management as it is at the single company level. Supply chains need recovery after disruption from the dis-

¹⁷ See, e.g., the so-called "catch ball" approach strongly recommended in the literature of hoshin kanri (the Japanese method of strategic management). The word "catch ball" assumes "tossing ideas" back and forth to finally find those that are mutually agreeable [Cowley and Domb 1997]. This term signifies the give-and-take process between and among organizational layers and refers to collaborative goal-setting based on dialog, which is crucial for people's commitment [Cowley and Domb 1997, Babich 2002]. The issue of the possible application of this process in relation to BSC in higher education is shortly discussed by Pietrzak [2021].

ruptions caused by COVID-19 and war. On the other hand, some of them are looking for redesign options due to the expected possibility of the “new Cold War” and global decoupling. It would be interesting to see further discussion on the issue of shared mental models in the process of “strategic conversation” and learning among partners in supply chains.

References

- Abernethy M.A., Brownell P., 1997: Management control systems in research and development organization: the role of accounting, behavior and personnel controls, *Accounting, Organizations and Society*, 22(3/4), 233–248.
- Abernethy M.A., Brownell P., 1999: The role of budgets in organisations facing strategic change: An exploratory study. *Accounting, Organizations and Society*, 24(3), 189–204.
- Abernethy M.A., Lillis A.M., 1995: The impact of manufacturing flexibility on management control system design. *Accounting, Organizations and Society*, 20(4), 241–258.
- Abernethy M.A., Lillis A.M., 2001: Interdependencies in organisation design: A test in hospitals, *Journal of Management Accounting Research*, 107–129.
- Ackerman F., Eden C., 2010: Strategic Options and Analysis, [in:] M. Reynolds, S. Holwell (eds.), *Systems Approaches to Manage Change: A Practical Guide*, Springer, London, 135–190.
- Ahrens T., Chapman C.S., 2004: Accounting for flexibility and efficiency: A field study of management control systems in a restaurant chain, *Contemporary Accounting Research*, 21(2), 271–301.
- Ansell C., Boin A., 2019: Taming Deep Uncertainty. The Potential of Pragmatist Principles for Understanding and Improving Strategic Crisis Management, *Administration & Society*, 51(7), 1079–1112, 7, <https://doi.org/10.1177/0095399717747655>
- Anthony, R. N., & Govindarajan, V. (1997). *Management control systems*. Richard D. Irwin, Homewood, IL, US.
- Argyris C., Schön D.A., 1978: *Organizational Learning: A Theory of Action Perspective*, Addison-Wesley, Reading, MA.
- Armstrong R., 2019: Revisiting strategy mapping for performance management: A realist synthesis, *International Journal of Productivity And Performance Management*, 68(4), 721–752.
- Babich P., 2002: *Hoshin Handbook. Focus and link activities throughout the organization*. Total Quality Engineering, Poway.
- Beck U., 1992: *Risk Society. Towards a New Modernity*, Sage Publications, London.
- Beck U., 2008: World at Risk: The New Task of Critical Theory, *Development & Society*, 37(1), 1–21.
- Beck U., 2009: World Risk Society and Manufactured Uncertainties, *Iris*, 1(2), 291–299.
- Beck U., 2020: *World at Risk*, Polity Press, Cambridge.
- Bedford D.S., 2015: Management control systems across different modes of innovation: implications for firm performance, *Management Accounting Research*, 28, 12–30.
- Bisbe J., Otley D., 2004: The effects of the interactive use of management control systems on product innovation, *Accounting, Organizations and Society*, 29(8), 709–737.
- Bruining H., Bonnet M., Wright M., 2004: Management control systems and strategy change in buyouts, *Management Accounting Research*, 15, 155–177.

- Capelo C., Dias J.F., 2009: A system dynamics-based simulation experiment for testing mental model and performance effects of using the balanced scorecard, *System Dynamics Review*, 25(1), 1–34.
- Checkland P., Poulter J., 2010: Soft Systems Methodology [in:] M. Reynolds, S. Holwell (eds), *Systems Approaches to Manage Change: A Practical Guide*, Springer, London, 191–242.
- Chiesa V., Frattini F., Lambert L., Noci G., 2009: Exploring management control in radical innovation projects, *European Journal of Innovation Management*, 12(4), 416–443.
- Cohen M., March J.G., 1974: *Leadership and Ambiguity*, McGraw-Hill, New York.
- Cooper D.J., Ezzamel M., 2016: A critical analysis of the balanced scorecard: towards a more dialogic approach, [in:] J. Haslam, P. Sikka (eds), *Pioneers of Critical Accounting: A Celebration of the Life of Tony Lowe*, Palgrave Macmillan, London, 201–230.
- Cowley M., Domb E., 1997: *Beyond Strategic Vision. Effective Corporate Action with Hoshin Planning*, Butterworth-Heinemann, Boston.
- Craik K., 1943: *The Nature of Explanation*; Cambridge University Press, Cambridge.
- Curtis E., Sweeney B., 2017: Managing different types of innovation: mutually reinforcing management control systems and the generation of dynamic tension, *Accounting and Business Research*, 47(3), 313–343.
- Department of Defense News Briefing – Secretary Rumsfeld and Gen. Myers, February 12, 2002, [electronic source] <https://archive.ph/20180320091111/http://archive.defense.gov/Transcripts/Transcript.aspx?TranscriptID=2636> [access: 08.04.2022].
- Drucker P. 1994: The Theory of the Business, *Harvard Business Review*, 72(5), 95–104.
- Eccles R. 1991: The performance measurement manifesto, *Harvard Business Review*, 63(1), 31–137.
- Foss N.J., Klein P.G., 2012: *Organizing Entrepreneurial Judgement. A New Approach to the Firm*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Gioia D. A., Chittipeddi K., 1991: Sensemaking and sensegiving in strategic change initiation, *Strategic Management Journal*, 12(6), 433–448.
- Gonzalez J.M.H., Calderon M.A., Goznalez J.L.G., 2012: The alignment of managers’s mental models with the balanced scorecard strategy map, *Total Quality Management & Business Excellence*, 23(5–6), 613–628. <https://www.doi.org/10.1080/14783363.2012.669546>
- Grady M.W., 1991: Performance measurement: implementing strategy. *Management Accounting* 72(12), 49–53.
- Groen, B.A.C., Wouters, M.J.F., Wilderom, C.P.M., 2012: Why do employees take more initiatives to improve their performance after co-developing performance measures? A field study, *Management Accounting Research*, 23(2), 120–141.
- Gupta A., Wilemon D.L., 1990: Accelerating development of technology-based new products, *California Management Review*, 32(2), 24–44.
- He Q., 1999: Knowledge discovery through co-word analysis, *Library Trends*, 48(1), 133–159.
- Henri J.-F., 2006: Management control systems and strategy: a resource-based perspective, *Accounting, Organizations and Society*, 31(6), 529–558.
- Hoverstadt P., 2010: The Viable System Model, [in:] M. Reynolds, S. Holwell (eds), *Systems Approaches to Manage Change: A Practical Guide*, Springer, London, 87–133.
- Islam S., 2018: A practitioner’s guide to the design of strategy map frameworks, *Pacific Accounting Review*, 30(3), 334–351.
- Islam S., 2019: A Field Study of Strategy Map Evolution, *Journal of Management Accounting Research*, 31(3), 83–98. <https://doi.org/10.2308/jmar-52372>

- Johnson-Laird P.N., 1983: *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*, Harvard University Press, Harvard.
- Kaplan R.S., 2010: *Conceptual foundations of the Balanced Scorecard*, Harvard Business School Working Paper, 10(074), 1–37.
- Kaplan R.S., Norton, D.P., 1992: *The Balanced Scorecard – Measures that Drive Performance*, Harvard Business Review, 70(1), 71–79.
- Kaplan R.S., Norton, D.P., 2004: *Strategy Maps. Converting Intangible Assets into Tangible Outcomes*, Harvard Business School Press, Boston.
- Kaplan R.S., Norton D.P., 2008: *The Execution Premium. Linking Strategy to Operations for Competitive Advantage*, Harvard Business School Press, Boston.
- Kelly G.A., 1955: *The Psychology of Personal Constructs*, Norton, New York.
- Kim Y., 2018: *Enhancing employee communication behaviors for sensemaking and sensegiving in crisis situations: Strategic management approach for effective internal crisis communication*, Journal of Communication Management, 22(4), 451–475.
- Kirzner I.M., 2013: *Competition and Entrepreneurship*, [in:] Boettke P.J., Sautet F. (eds), *The Collected Works of Israel M. Kirzner*. Liberty Fund, Indianapolis, United States.
- Knight F.H., 2009: *Risk, Uncertainty and Profit*, Signalman Publishing, Orlando.
- Kumar, J., Prince N., Baker H.K., 2022: *Balanced Scorecard: A Systematic Literature Review and Future Research Issues*, FIIB Business Review, 11(2), 147–161. <https://www.doi.org/10.1177/23197145211049625>
- Laukkanen M., 1994: *Comparative Cause Mapping of Organizational Cognitions*, Organization Science, 5(3), 322–343.
- Lill P.A., Wald A., 2021: *The agility-control-nexus: A levers of control approach on the consequences of agility in innovation projects*, Technovation, 107, 102276.
- Lueg R. (2015). *Strategy maps: the essential link between the balanced scorecard and action*, Journal of Business Strategy, 36(2), 34–40.
- Lueg R., Norreklit H., 2012: *Performance measurement systems – beyond generic strategic actions*, [in:] F. Mitchell, H. Norreklit, M. Jakobsen M. (eds), *The Routledge Companion to Cost Management*, Routledge, New York, 342–359.
- Marginson D.E.W., 2002: *Management control systems and their effects on strategy formation at middle-management levels: Evidence from a UK organisation*, Strategic Management Journal, 23, 1019–1031.
- Martínez Ramos M., Gutiérrez Hidalgo F., 2003: *From diagnostic to interactive style of management control*, Management Research News, 26(5), 21–31. <https://doi.org/10.1108/01409170310783448>
- Matsuo M., Matsuo T., 2017: *The effect of diagnostic and interactive uses of management control systems and managerial coaching on reflection in teams*, Journal of Accounting & Organizational Change, 13(3), 410–424. <https://doi.org/10.1108/JAOC-06-2016-0034>
- McGarvey B., Hannon B., 2004: *Dynamic Modeling for Business Management: An Introduction*, Springer, New York.
- Morgan G. (2006). *Images of Organizations*, Sage Publications, Thousand Oaks, CA.
- Muller J.Z., 2018: *The Tyranny of Metrics*, Princeton University Press, Princeton.
- Mundy J., 2010: *Creating dynamic tensions through a balanced use of management control systems*, Accounting, Organizations and Society, 35, 499–523.
- Naro G., Travaille D., 2019: *From the collective design of a Balanced Scorecard to its abandonment: organizational learning in question*, Comptabilité Contrôle Audit, 25(1), 2–39.

- Nita B., 2016: Krytyka Zrównoważonej Karty Wyników, *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 442, 325–333.
- Niven P.R., 2005: *Balanced Scorecard Diagnostics. Maintaining Maximum Performance*, John Wiley & Sons, Hoboken.
- Niven P.R., 2008: *Balanced Scorecard Step-by-Step for Government and Nonprofit Agencies*, John Wiley&Sons, Hoboken.
- North D.C., 2011: *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*, 31st printing, Cambridge University Press, New York.
- Norrekliit H., 2000: The balance on the balanced scorecard a critical analysis of some of its assumptions, *Management Accounting Research*, 11(1), 65–88.
- Otley D.T., 1999: Performance management: a framework for management control systems research, *Management Accounting Research*, 10, 363–382.
- Perera S., Harrison G., 1997: Customer focused manufacturing strategy and the use of operations-based non-financial performance measures: A research note, *Accounting, Organizations and Society*, 22, 557–572.
- Pietrzak M., 2013: Potrzeba kontroli zarządczej w publicznych szkołach wyższych, *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 291, 404–414.
- Pietrzak M., 2014: Using the strategy map as a strategic communication tool in higher education: A case study of Warsaw University of Life Sciences, *Online Journal of Applied Knowledge Management*, 2(2), 26–42.
- Pietrzak M., 2017: Balanced scorecard and Morgan's organizational metaphors, *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 407, 106–116.
- Pietrzak M., 2021: The Application of a Balanced Scorecard in Higher Education Institutions. A Case Study of WULS, [in:] Z. Sinuany-Stern (ed.), *Handbook of Operations Research and Management Science in Higher Education*, Springer Cham, 419–451.
- Pietrzak M., Paliszkiwicz J., 2015: Framework of Strategic Learning: The PDCA Cycle, *Management*, 10(2), 149–161.
- Prahalad C.K., Bettis R.A. 1986: The Dominant Logic: a New Linkage Between Diveristy and Performance, *Strategic Management Journal*, 7, 485–501.
- Rigby D., Bilodeau B., 2015: *Management Tools & Trends 2015*, Bain and Company, Boston.
- Rigby D., Bilodeau B., 2018: *Management Tools & Trends 2018*, Bain and Company, Boston.
- Ritchie-Dunham J.L., 2002: *Balanced scorecards, mental models and organizational performance: a simulation experiment*, University of Texas, Austin [PhD thesis].
- Ritchie-Dunham J.L., Puente L.M., 2008: Strategic Clarity: Actions for Identifying and Correcting Gaps in Mental Models, *Long Range Planning*, 41, 509–529.
- Rodan S., 2005: Exploration and exploitation revisited: extending March's model of mutual learning, *Scandinavian Journal of Management*, 21(4), 407–428.
- Ronda-Pupo G.A., Guerras-Martin L.A., 2012: Dynamics of the Evolution of the Strategy Concept 1962–2008: A Co-Word Analysis, *Strategic Management Journal*, 33, 162–188.
- Rouleau L., 2005: Micro-Practices of Strategic Sensemaking and Sensegiving: How Middle Managers Interpret and Sell Change Every Day, *Journal of Management Studies*, 42(7), 1413–1441.
- Senge P.M., 2006: *The Fifth Discipline. The Art. And Practice of the Learning Organization*, 2nd ed., Random House Business Books, London.
- Silaen P., Williams R., 2009: Management control systems: a model for R&D units, *Journal of Accounting*, 22(3), 262–274.

- Simon H.A., 1986a: The Functions of the Executive Revisited, 21 February 1986, Mimeo, <http://digitalcollections.library.cmu.edu/awweb/awarchive?type=file&item=38869> (accessed on 13.07.2021).
- Simon, H.A., 1986b Rationality in Psychology and Economics, *The Journal of Business*, 59(4), S209-S224.
- Simon, H.A., 2000 *Administrative Behavior. A Study of Decision-Making Processes in Administrative Organizations*, The 4th, The Free Press, New York.
- Simons R., 1987: Accounting control systems and business strategy: An empirical analysis, *Accounting, Organizations and Society*, 12 (4), 357-374.
- Simons R., 1994: How new top managers use control systems as levers of strategic renewal, *Strategic Management Journal*, 15(3), 169–189.
- Simons R., 1995: *Levers of Control: How managers Use Innovative Control Systems to Drive Strategic Renewal*, Harvard Business School Press, Boston.
- Simons R.A., 2000: *Performance measurement and control systems for implementing strategy*, Prentice Hall, New Jersey.
- Smith, R.F., 2007: *Business Process Management and the Balanced Scorecard. Using Processes as Strategic Drivers*, John Wiley&Sons: Hoboken.
- Speklé R.F., 2001: Explaining management control structure variety: A transaction cost economics perspective, *Accounting, Organizations and Society*, 26, 419–441.
- Spendre J.C., 2014: *Business Strategy. Managing Uncertainty, Opportunity, and Enterprise*, Oxford University Press, Oxford.
- Steinmann H., Schreyöög G., 2000: *Management: Grundlagen der Unetrnehmensführung; Konzepte, Funktionen, Fallstudien*, Gabler, Wiesbaden.
- Sterman J.D., 2000: *Business Dynamics. Systems Thinking an Modeling for a Complex World*, Irwin McGraw-Hill, Boston.
- Sułkowski Ł., Lenart-Gansiniec R., 2021: *Epistemologia, metodologia i metody badań w naukach o zarządzaniu i jakości*, Wydawnictwo Społecznej Akademii Nauk, Polska.
- Tuomela T.S., 2005: The interplay of different levers of control: A case study of introducing a new performance measurement system, *Management Accounting Research*, 16, 293–320.
- Turner K.L., Makhija M.V., 2006: The role of organizational controls in managing knowledge, *Academy of Management Review*, 31(1), 197–217.
- Van der Heijden K., 1998: *Scenarios. The Art of Strategic Conversation*, John Wiley & Sons, Chichester.
- Wenisch S., 2004: *The Diffusion of a Balanced Scorecard in a divisionalized firm – Adoption and Implementation in a practical context*, Department of Business Administration, Umeå School of Business and Economics, Umeå University [PhD thesis].
- Widener S.K., 2007: An empirical analysis of the levers of control framework, *Accounting, Organizations and Society*, 32(7–8), 757–788. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aos.2007.01.001>
- Witt U., 1998: Imagination and Leadership: the Neglected Dimensions of an Evolutionary Theory of the Firm, *Journal of Economic Behavior and Organization*, 35, 161–177.
- Witt U., 1999: Do Entrepreneurs Need Firms? A Contribution to a Missing Chapter in Austrian Economics, *Review of Austrian Economics*, 11, 99–109.
- Witt U., Zellner C., 2005: *Knowledge-based Entrepreneurship: The Organizational Side of Technology Commercialization*, Papers on Economics and Evolution, No. 0504, Max Planck Institute for Research into Economic Systems, Jena, 1–19.

- Yeung A. K., Berman B., 1997: Adding value through human resources: Reorienting human resource measurement to drive business performance, *Human Resource Management*, 36(3), 321–335.
- Ylinen M., Gullkvist B., 2014: The effects of organic and mechanistic control in exploratory and exploitative innovations, *Management Accounting Research*, 25 (1), 93–112.
- Zhu S., Takigawa I., Zeng J., Mamitsuka H., 2009: Field Independent Probabilistic Model for Clustering Multi-field Documents, *Information Processing and Management*, 45(5), 555–570.
- Zimmerman, J. L., 2011: *Accounting for decision making and control*, Irwin, New York.

Sławomir Stec ✉

Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

Wpływ pandemii koronawirusa na mobilność Polaków

Impact of the coronavirus pandemic on the mobility of Poles

Synopsis. Trwająca od 2020 roku pandemia COVID-19 spowodowała bardzo duże zmiany w wielu dziedzinach życia na całym świecie. Zaistniałe zmiany dotknęły bezpośrednio całe społeczeństwo. W miarę wzrostu liczby zakażeń i rozprzestrzeniania się patogenu po całym świecie, zaczęła spadać mobilność społeczeństwa. W związku z powyższym podjęto badania, których celem było przeprowadzenie oceny wpływu pandemii COVID-19 na mobilność mieszkańców Polski, a w szczególności przeprowadzanie diagnozy w zakresie siły wpływu liczby zakażeń na mobilność pieszą i pojazdami mieszkańców Polski. Do badań wykorzystano metodę współczynnika korelacji liniowej Persony. W wyniku analiz, stwierdzono, że w całym badanym okresie, od 1 marca 2020 roku do 31 grudnia 2021 roku wzrost liczby zakażeń umiarkowanie wpływał na spadek mobilności mieszkańców. Najbardziej silną zależność odnotowano w pierwszych dwóch tygodniach pandemii. W tym, okresie współczynnik korelacji wynosił $-0,845$ dla mobilności pieszej i $-0,895$ dla mobilności pojazdami. Wraz z upływem czasu, kiedy ludzie zaczęli się oswajać z pandemią, a także rozpoczęto szczepienia przeciwko COVID-19, zależność między liczbą zakażeń, a mobilnością społeczeństwa zmniejszyła się z silnej do umiarkowanej.

Słowa kluczowe: pandemia, koronawirus, mobilność, mobilność piesza, mobilność pojazdami, pandemia COVID-19, wpływ pandemii na mobilność

Abstract: The COVID-19 pandemic, which has been ongoing since 2020, has caused very big changes in many areas of life around the world. The changes also directly affected society. As the number of infections increased and the pathogen spread around the world, the mobility of society began to decline. In connection with this fact, a study was carried out on the strength of the impact of the number of infections on the mobility of pedestrians and the mobility of vehicles for residents in Poland. The person correlation coefficient method was used for the research. As a result of the analyses, it was found that in the entire period under review, from 1 March 2020 to 31.12.2021, the increase in the number of infections moderately

✉ Sławomir Stec – Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza; Wydział Zarządzania; e-mail: s.stec@prz.edu.pl; <https://orcid.org/0000-0002-5645-7507>

affected the decrease in the mobility of residents. The strongest relationship was recorded in the first two weeks of the pandemic. During this period, the correlation coefficient was -0.845 for walking mobility and -0.895 for vehicle mobility. With the passage of time, as people began to get used to the pandemic and vaccination against Covid-19 began, the relationship between the number of infections and the mobility of the population decreased from strong to moderate.

Key words: pandemic, coronavirus, mobility, walking mobility, mobility of vehicles, the COVID-19 pandemic, the impact of the pandemic on mobility

Kody JEL: R41, J69, Q54, R49

Wstęp

W grudniu 2019 roku media na całym świecie zaczęły donosić o pojawieniu się w chińskim mieście Wuhan, niespotykanej do tej pory, ciężkiej formy zapalenia płuc. Początkowo lekarze i naukowcy nie znali przyczyn tej choroby. Szybko jednak znaleziono czynnik chorobotwórczy, którym był wirus SARS-CoV-2, wywołujący chorobę COVID-19. Pomimo wprowadzonych przez władze chińskie działań ograniczających rozprzestrzenianie się wirusa, w tym przede wszystkim ograniczaniu przemieszczania się ludzi, nowe zakażenia zaczęły pojawiać się w kolejnych państwach na całym świecie. W Polsce pierwszy przypadek zakażenia odnotowano 4 marca 2020 roku, a pierwszy przypadek śmiertelny w wyniku tej choroby zaraportowano 12 marca 2020 roku. Dzień wcześniej, Światowa Organizacja Zdrowia ogłosiła, że zapanowała pandemia o wymiarze globalnym [Duszyński i in. 2020]. To spowodowało ogromne zaniepokojenie, pojawiła się niepewność, a przede wszystkim zmieniły się postawy wielu społeczeństw. Rządy poszczególnych krajów zaczęły wprowadzać różne ograniczenia w celu zapewnienia zdrowia i bezpieczeństwa publicznego. Wprowadzone restrykcje z czasem ulegały zmianom i były uzależnione od aktualnej sytuacji pandemicznej związanej z liczbą nowych zakażeń, liczbą zgonów oraz liczbą zajętych łóżek szpitalnych. Wraz z pojawieniem się szczepionki przeciw SARS-CoV-2, a tym samym realizowanym programem szczepień, kolejne decyzje władz centralnych polegały na stopniowym uchylaniu wszelkich ograniczeń. W Polsce już po kilku dniach od stwierdzenia pierwszego przypadku choroby zamknięto szkoły i wiele instytucji. Odwołano imprezy masowe, a także zamknięto duże obiekty handlowe. Bardzo wiele przedsiębiorstw przeszło na pracę zdalną. Wprowadzono ograniczenia w przemieszczaniu się ludności, a przedsiębiorstwa transportowe ograniczyły swoją działalność. Te wszystkie ograniczenia znacznie wpłynęły na styl życia mieszkańców, a przede wszystkim przyczyniły się do zmian w zakresie mobilności społeczeństwa [Bryniarska i Kuza 2021]. Pomimo że do chwili obecnej nadal obowiązuje stan pandemii, to jednak jest to dobry moment do przeprowadzenia dokładniejszych badań, nad wpływem pandemii COVID-19 na różne sfery życia społeczeństwa. W niniejszym opracowaniu, celem analiz było przeprowadzenie oceny wpływu pandemii COVID-19 na mobilność mieszkańców Polski, a w szczególności przeprowadzanie diagnozy w zakresie siły wpływu liczby zakażeń na mobilność pieszą i pojazdami mieszkańców Polski. Należy jednak zaznaczyć, że od początku pojawienia się pandemii, prowadzone są różne badania związane z wpływem pandemii na różne dziedziny życia. Również przeprowad-

zono badania i analizy w zakresie mobilności społeczeństwa w czasie pandemii. Zgodnie z wcześniej prowadzonymi częściowymi badaniami przyjęto dwie hipotezy:

- H_1 – w okresie od 1 marca 2020 roku do 31 grudnia 2021 roku liczba zakażeń wirusem SARS-CoV-2 miała wpływ na mobilność społeczeństwa.
- H_2 – z każdą kolejną falą zakażeń, wpływ nowych zachorowań na mobilność społeczeństwa się zmniejszał.

Pandemia COVID-19, a życie i mobilność Polaków

Pierwsze informacje o nowej chorobie pojawiły się w grudniu 2019 roku, kiedy w Chinach wykryto skupisko chorych z ciężkim zapaleniem płuc w mieście Wuhan w prowincji Hubei. Światowa Organizacja Zdrowia została poinformowana 31 grudnia 2019 roku, gdy wykryto 44 zachorowania. Z kolei 9 stycznia 2020 roku przekazano publicznie informację, że choroba jest powodowana przez nowego koronawirusa podobnego do SARS-CoV-2. Jak już wspomniano, poszczególne państwa zaczęły wdrażanie różnych ograniczeń. W dniu 23 stycznia 2020 roku wdrożono w Wuhan i prowincji Hubei tzw. lockdown, czyli częściowe zamrożenie gospodarki, przy czym wprowadzono zakaz wychodzenia z domów oraz kordon sanitarny. W innych krajach natomiast zaczęto wprowadzać ograniczenia dla osób powracających z Chin. Jednak kiedy pod koniec stycznia w Europie zaczęły pojawiać się przypadki zachorowań rozpoczęto wprowadzanie lockdownu i w innych krajach. Niestety nie przyniosło to zamierzonego efektu. Epidemia zaczęła wymykać się spod kontroli. Najpierw tak się stało we Włoszech, a następnie w Hiszpanii i Francji. Europa zachodnia stała się epicentrum pandemii w marcu 2020 roku. Kiedy okazało się, że szybkie rozprzestrzenianie wirusa spowodowane było poprzez różne wydarzenia, w których uczestniczyły duże skupiska ludności, to rządy pozostałych krajów wprowadzały ograniczenia w przemieszczaniu się natychmiast po pojawieniu się pierwszych przypadków [Dong 2020].

Tak było również w Polsce. W trzy dni po stwierdzeniu pierwszego przypadku zachorowania Główny Inspektorat Sanitarny odradził podróże do krajów azjatyckich oraz Włoch. Kolejnego dnia rekomendowano odwołanie imprez masowych powyżej 1000 osób w pomieszczeniach zamkniętych. Dnia 9 marca 2020 roku wprowadzono na granicach Polski kontrolę sanitarną, a 12 marca 2020 roku Ministerstwo Zdrowia wprowadziło w Polsce stan zagrożenia epidemicznego. Dzień później zamknięto czasowo granice kraju, a także zawieszono połączenia lotnicze. W dniu 16 marca 2020 roku dokonano całkowitego zamknięcia granic Rzeczypospolitej. Ponadto zamknięto wszystkie szkoły i uczelnie. W dniu 25 marca podjęto decyzje o ograniczeniach w przemieszczaniu się. Ostatniego dnia marca wprowadzono w miejscach publicznych zasadę utrzymywania co najmniej 2-metrowego dystansu pomiędzy ludźmi. Wdrożono również ograniczenia w dystansie w sklepach. Dodatkowo ograniczono dostęp do parków, bulwarów, deptaków i innych miejsc rekreacji. Wprowadzono nakaz używania rękawiczek w sklepach, a także zamknięto w weekendy sklepy budowlane. Od 3 kwietnia zakazano wstępu do lasów i parków narodowych. Wdrożony zakaz przemieszczania, podróżowania i przebywania w miejscach publicznych stopniowo przedłużano. Podobnie wprowadzone limity w liczbie podróżujących transportem publicznym korygowano wraz ze zmieniającą się sytuacją w liczbie zakażeń (tab. 1).

Tabela 1. Obowiązujące limity pasażerów w transporcie publicznym w Polsce w okresie od 1 marca 2020 r. do 31 grudnia 2021 roku

Table 1. Applicable passenger limits in public transport in Poland in the period from March 1, 2020 to December 31, 2021

Okres obowiązywania	Limit miejsc	
	Miejsc siedzących [%]	Miejsc w całym pojeździe [%]
25.03.2020 – 17.05.2020	50	
18.05.2020 – 30.05.2020	50	30
17.10.2020 – 14.05.2021		
01.06.2020 – 16.10.2020	50	50
15.05.2021 – 05.06.2021		
od 06.06.2021*	75	100

*limit pasażerów w transporcie publicznym obowiązywał do czasu objętego badaniami, Źródło: [Smolarski i Suszewicz 2021].

W dniu 16 kwietnia 2020 roku wprowadzono nakaz zasłaniania nosa i ust w miejscach publicznych. Stopniowe łagodzenie obostrzeń rozpoczęto 20 kwietnia 2020 roku. Wdrażano go w kilku etapach. Pierwszy etap polegał na otwarciu dostępu do parków i lasów. Zwiększono limity w placówkach handlowych. Od 4 maja 2020 roku otwarto centra handlowe, wznowiono działalność hoteli. Nadal obowiązywał wówczas zakaz ruchu lotniczego. Pod koniec maja 2020 roku zezwolono na organizację wesel w ograniczeniach liczby gości. Od 1 czerwca wznowiono ruch lotniczy, a także zwiększono limity pasażerów w transporcie publicznym – do połowy zajętości miejsc. Od 13 czerwca 2020 roku otworzono granicę Polski. Początkowo do krajów UE, a trzy dni później do pozostałych krajów. W kolejnym etapie odmrażania gospodarki otworzono obiekty sportowe i kulturalne. Niestety, ale w drugiej połowie wakacji nastąpiło zdecydowanie zwiększenie zachorowań na COVID-19. To spowodowało, że rząd Polski zaczął wdrażać ponownie liczne ograniczenia. W zależności od liczby zakażeń w danym powiecie, obejmowano go odpowiednią strefą oznaczoną kolorami. Strefa czerwona obowiązywała w regionie o najwyższym wskaźniku zachorowalności. Strefa umiarkowana była oznaczona żółtym kolorem. Najmniejsza zaś liczba zachorowań powodowała, że powiat znajdował się w strefie zielonej [Duszyński i in. 2020]. W dniu 17 października 2020 roku cała Polska została objęta czerwoną strefą. Wówczas ponownie zaostrzono limity osób w sklepach. Zakazano organizacji imprez okolicznościowych. Wprowadzono ponownie w szkołach i na uczelniach kształcenie zdalne. Ograniczono czas działalności lokali gastronomicznych. Zawieszono działalność basenów i siłowni. Tydzień później zamknięto całkowicie gastronomię i lokale rozrywkowe. Zmniejszono ponownie limity w transporcie publicznym. W dniu 1 listopada, na okres dwóch dni, zamknięto całkowicie cmentarze. Od 4 listopada wprowadzono w godzinach 8.00–16.00 od poniedziałku do piątku zakaz przemieszczania się osób do 16. roku życia bez opieki osoby dorosłej. W sylwestra 2020 roku wprowadzono całkowity zakaz przemieszczania się, który obowiązywał do godziny 19.00 do 6.00 dnia następnego. Z początkiem 2021 roku sytuacja epidemiczna w Pols-

ce zaczęła się poprawiać. Dodatkowo rozpoczęcie programu szczepień, przyspieszyło decyzję władz o stopniowym luzowaniu obostrzeń. Niestety kolejna już III fala pandemii zmusiła do wprowadzenia ponownych obostrzeń, które zaczęły obowiązywać od 20 marca 2021 roku. Dotyczyły głównie hoteli, galerii handlowych, placówek kulturalnych i rozrywkowych. Większość z nich obowiązywała do czerwca, kiedy to zaczęto stopniowo znosić obostrzenia [Koronawirus....].

Pandemia oraz wdrażane liczne ograniczenia przyczyniły się w znacznym stopniu do zmiany zachowania mieszkańców w różnych sferach życia. Zdecydowanie spadła aktywność społeczeństwa w zakresie codziennego przemieszczania się. Szczególnie dotyczyło to obszarów, gdzie wcześniej odnotowano bardzo duży ruch samochodów oraz ruch pieszych [Tarkowski i in. 2020]. Jak zauważa Wielechowski wraz ze współautorami [2020], w Polsce zidentyfikowano znaczący spadek podróży. Przyczyniło się do tego kilka czynników, takich jak: ograniczenie liczby wykonywanych połączeń, wprowadzenie limitów pasażerów mogących jednocześnie podróżować w pojeździe, brak zajmowania miejsc stojących, obowiązek zakrywania ust i nosa [Taczanowski 2020]. Częstym powodem w ograniczeniu podróżowania było przechodzenie szkół, uczelni i poszczególnych podmiotów na kształcenie oraz pracę zdalną. Ponadto, wiele osób bało się groźby odbycia kwarantanny. Wybierano wówczas transport indywidualny w postaci jazdy samochodem lub osobistymi środkami komunikacji (rower, hulajnoga).

Wspomniane powyżej zmiany w zachowaniu społeczeństwa, potwierdzają badania przeprowadzone przez Ociepka [2021]. Przykładowo mobilność na terenach rekreacyjnych, takich jak parki, zwiększyła się o niespełna 26%. Z kolei w miejscach i punktach komunikacyjnych, zanotowano zmniejszenie mobilności społeczeństwa o 22%. Najwyższy w skali jednego dnia spadek mobilności zaobserwowano w sklepach spożywczych oraz aptekach (-95%). Z kolei w miejscach handlu i rekreacji stwierdzono spadek o 92%. Najniższy spadek, o 9%, odnotowano w miejscach zamieszkania.

Istotne jest to, że zmiany w mobilności, najbardziej zauważalne były w pierwszych miesiącach. Borkowski, Jażdżewska-Gutta oraz Szmelter-Jarosz [2020] w swoich badaniach stwierdzili, że w okresie pierwszych dwóch tygodni pandemii w Polsce spadła liczba podróży o ponad 65% w stosunku do okresu sprzed pandemii. W zakresie podróży do i z pracy liczba przejazdów tygodniowo zmniejszyła się z 10 do 3. Z kolei, w przypadku podróży związanych z rekreacją spadek ten był z 5 do 1 podróży tygodniowo. Analizując wybór środków transportu, to podróżni zrezygnowali z transportu publicznego, gdzie zauważono spadek o 80%. Oczywiście redukcja przemieszczania się dotyczyła również pojazdów, gdzie ruch zmniejszył się o 60%, a także pieszo, gdzie ludzie zmniejszyli przemieszczanie się o 50%.

W innych krajach odnotowano jeszcze większe spadki. Jak podaje Międzynarodowe Stowarzyszenie Transportu Publicznego, spadek liczby pasażerów sięgał nawet 90% (niektóre miasta Chin, Iranu, Stanów Zjednoczonych), [UITP 2020]. Z kolei w San Francisco i Waszyngtonie oraz Nowym Jorku spadek ten był na poziomie 85% [Hughes 2020].

Jeżeli chodzi o poszczególne rodzaje transportu, to największy spadek o 76% zauważono w transporcie lotniczym. Przyczyną był fakt całkowitego odwołania lotów międzynarodowych w niektórych miesiącach. Z kolei w transporcie kolejowym przewieziono o 38% pasażerów mniej, niż w analogicznym okresie poprzedzającym pandemię

W transporcie drogowym odnotowano spadek liczby pasażerów na poziomie –48%. Ogólnie w pierwszym roku pandemii, środkami transportu publicznego przewieziono o 42,9% pasażerów mniej niż w 2019 roku [Bryniarska i Kuza 2021].

Wszelkie przeprowadzone dotąd badania wskazują, że w wyniku pandemii, a przede wszystkim na skutek wdrażanych ograniczeń, mobilność społeczeństwa zdecydowanie się zmniejszyła. Dotyczy to zarówno mobilności pieszej, jak i pojazdami, w tym komunikacją publiczną.

Materiały i metody

W celu realizacji celu głównego, jak również weryfikacji hipotez, zbadano liniową zależność pomiędzy liczbą zakażeń wirusem SARS-Cov-2 a wskaźnikiem mobilności pieszej oraz mobilności pojazdami Polaków przy użyciu współczynnika korelacji Persony. Dzięki temu określono siłę i kierunek liniowej zależności pomiędzy powyższymi zmiennymi. Zgodnie z interpretacją, gdy współczynnik korelacji (r) mieści się w przedziale 0–0,3, korelacja jest słaba. W przypadku wyniku 0,3–0,5 mamy do czynienia z umiarkowaną korelacją. Współczynnik w zakresie 0,5–0,7 wskazuje na silną korelację, a współczynnik r 0,7 do 1 pokazuje, że korelacja jest bardzo silna [Buda i Jarynowski 2010]. Z kolei znak liczby pozwala na ocenę kierunku relacji – gdy wartość liczbowa jest dodatnia, oznacza to, że wraz ze wzrostem wartości jednej zmiennej rosną wartości także drugiej, wartość ujemna natomiast świadczy o tym, że wzrost wartości jednej zmiennej wiąże się ze spadkiem wartości drugiej [Golonka b.d.].

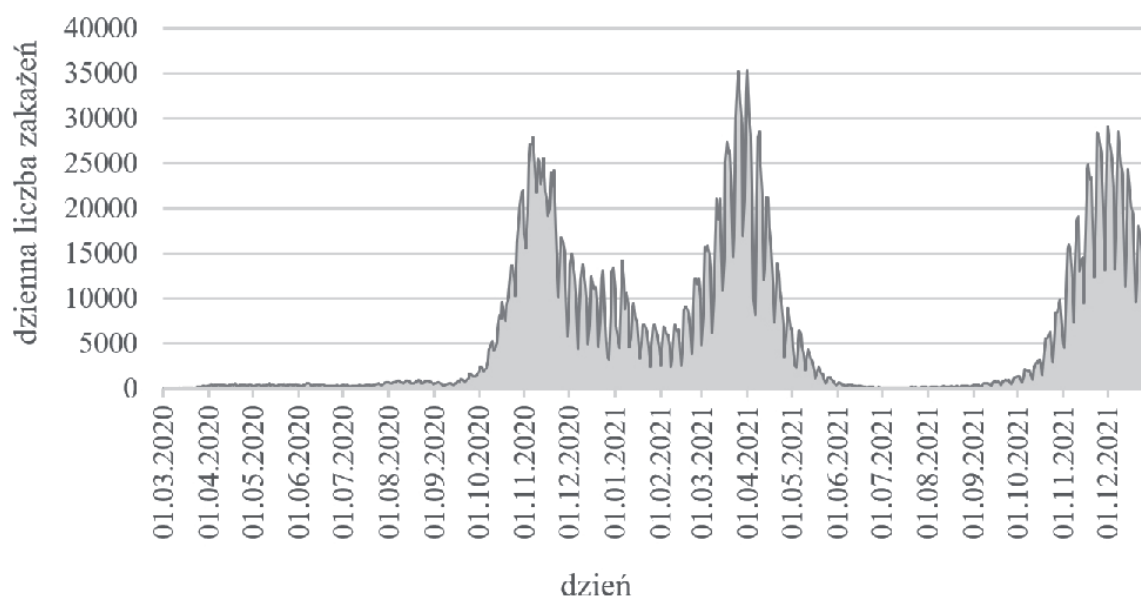
Do badania wykorzystano dane za okres od 1 marca 2020 roku do 31 grudnia 2021 roku. Dokonano obliczeń wpływu zmiennych na siebie nawzajem w całym danym okresie, przeprowadzono również badanie korelacji dwóch zmiennych w okresach czterech fal pandemii. Na podstawie liczby spadków i wzrostów zakażeń sezonowych przyjęto, że pierwsza fala pandemii w Polsce trwała od 1 marca do 10 sierpnia 2020 roku. Druga fala przypadała na okres od 11 sierpnia 2020 roku do 25 stycznia 2021 roku. Kolejny wzrost zakażeń rozpoczął się 26 stycznia 2021 roku i trwał do 31 lipca 2021 roku. To była trzecia fala. Na koniec zbadano korelację w czwartej fali przypadającej na okres od 1 sierpnia 2021 roku do końca okresu badania. Dodatkowo przeprowadzono badanie w okresie pierwszych dwóch tygodni pandemii, czyli od 1 do 15 marca 2020 roku, co pozwoliło ukazać początkową reakcję społeczeństwa na początek pandemii oraz wprowadzone ograniczenia.

Przed rozpoczęciem badań empirycznych na podstawie zebranego materiału, pochodzącego ze statystyk urzędowych Ministerstwa Zdrowia (wskaźniki zachorowań) oraz danych tworzonych przez serwis koronawirusnas.pl na podstawie lokalizacji i przemieszczania się po terenie Polski, które były pobierane od właścicieli urządzeń Apple. Dane zostały zebrane, przetwarzane i udostępnione Apple Inc. Jako wartość wyjściową (w obliczeniach i na wykresie oznaczono jako 0 (rys. 2) została przyjęta średnia wartość z danych historycznych. Dodatkowo wykorzystano też dane dotyczące mobilności, pochodzące z serwisu Google. Przegląd dotychczasowych badań w tym temacie, jako przegląd literatury, wykonano na podstawie dostępnych materiałów źródłowych. Omówiono w skrócie przebieg pandemii COVID-19, w tym przedstawiono kalendarium najważniejszych decyzji rządu. Dokonano również przeglądu badań na

temat mobilności społeczeństwa w związku z trwającą pandemią. W analizie uzyskanych wyników badań wykorzystano metody interpretacji danych, w szczególności metodę opisową i graficzną (wykresy).

Wyniki badań i dyskusja

W analizowanym okresie, od 1 marca 2020 roku do 31 grudnia 2021 roku, pandemia trwała nieprzerwanie z sezonowymi wzrostami i spadkami zakażeń na całym świecie. To spowodowało, że zarówno Światowa Organizacja Zdrowia, jak i poszczególne kraje informowały o kolejnych falach pandemii. I tak w Polsce przyjęto, że do końca 2021 roku nastąpiły cztery fale pandemii. Pierwsza fala, która trwała do 10 sierpnia 2020 roku, miała najłagodniejszy przebieg. W szczytowym momencie odnotowano ponad 840 infekcji dziennie (rys. 1). W drugim okresie liczba przypadków była znacznie wyższa, gdyż 7 listopada 2020 roku przybyło aż 27 875 pacjentów z SARS-CoV-2. Z kolei największy dzienny przyrost nowych zakażeń stwierdzono w trzeciej fali. 1 kwietnia 2021 roku odnotowano zakażenie u 35 251 osób. W dalszym okresie, od czerwca 2021 roku, liczba nowych zakażeń ustabilizowała się i wyniosła niecałe 200 osób dziennie. Jednak okres jesienny 2021 roku przyniósł ponowny wzrost liczby zakażonych osób, gdzie 1 grudnia 2021 roku przekroczył już 29 000 nowych przypadków.

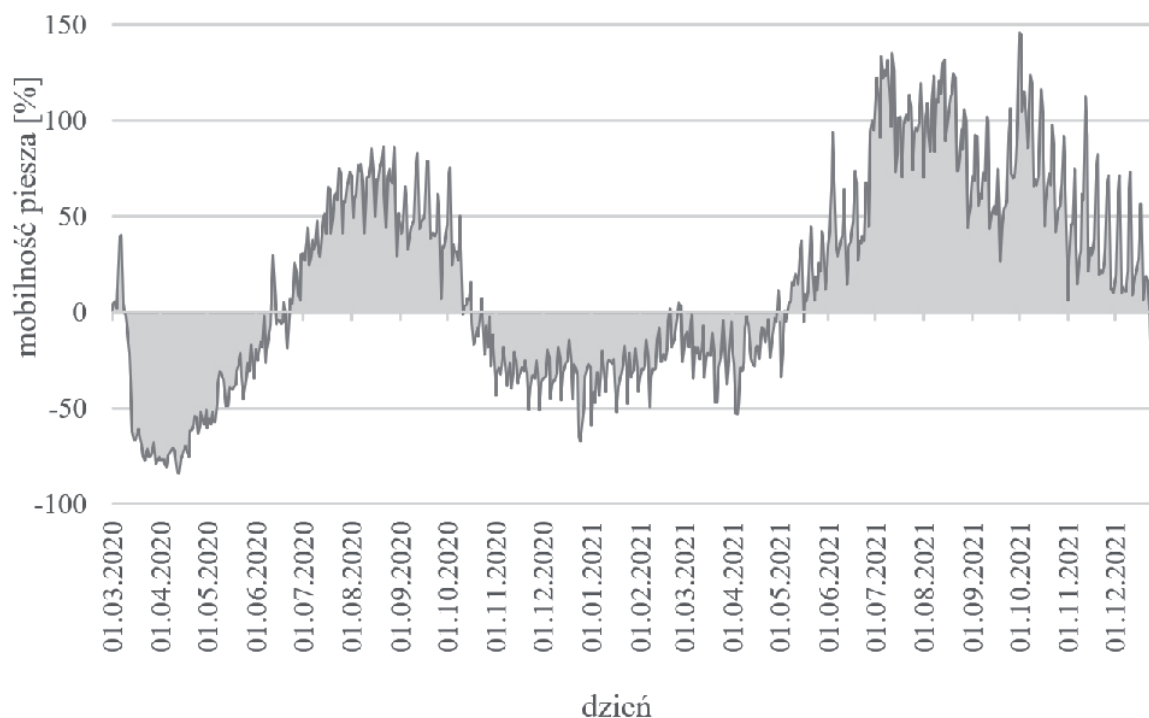


Rysunek 1. Dzienna liczba zakażeń SARS-CoV-2 w Polsce

Figure 1. Daily number of SARS-CoV-2 infections in Poland

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Koronawirus...].

Zachowania ludności w zakresie przemieszczania się miały różny charakter, ulegały znacznym wahaniom i były głównie uzależnione z jednej strony od wprowadzanych przez rząd różnych ograniczeń (lockdownu), a z drugiej strony od liczby zakażeń oraz zgonów, czy też zajętości łóżek szpitalnych. Jak można zauważyć na rysunku 2, pierwsze dni i tygodnie rozprzestrzeniania się wirusa w Polsce spowodowały gwałtowny



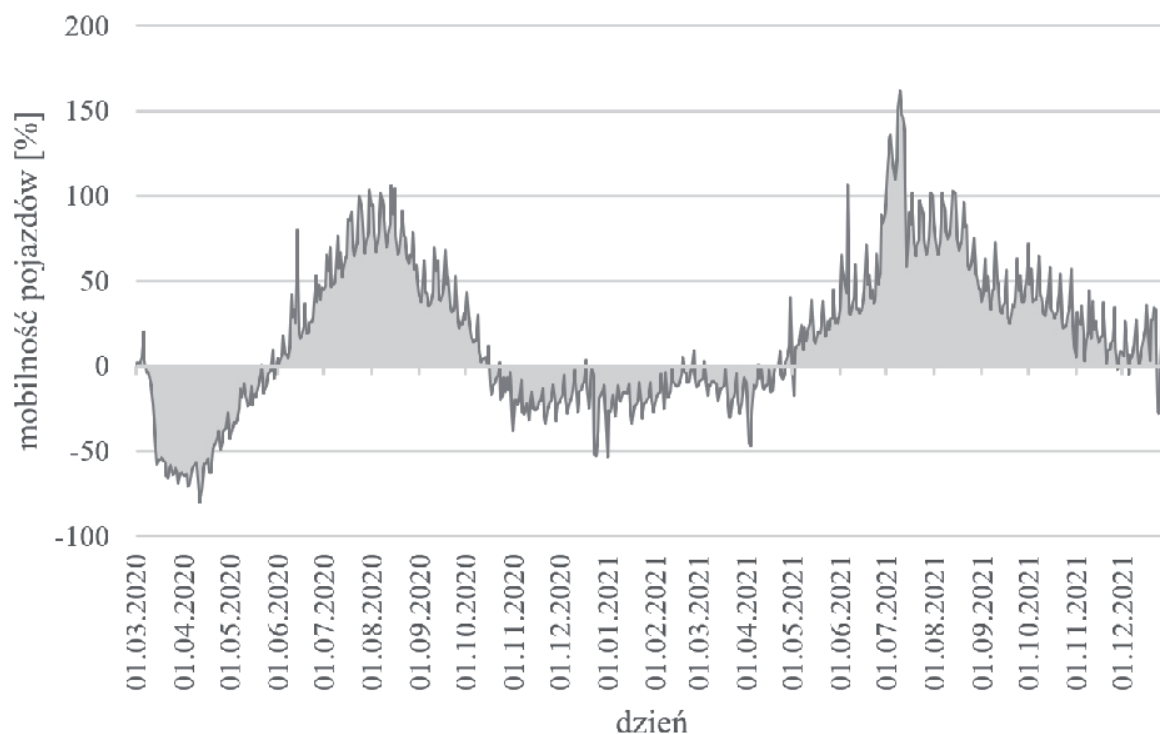
Rysunek 2. Mobilność piesza Polaków w okresie od 1 marca 2020 roku do 31 grudnia 2021 roku
 Figure 2. Walking mobility of Poles in the period from March 1, 2020 to December 31, 2021

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Koronawirus...].

spadek mobilności pieszej społeczeństwa. W niektóre dni tygodnia, ruch pieszych zmalał nawet o 80% w stosunku do średniej uzyskanej na podstawie wieloletnich statystyk mieszkańców korzystających z lokalizatorów umieszczonych w urządzeniach Apple. W marcu 2020 roku mobilność piesza zmalała średnio o 39,2%. Jednak należy podkreślić, że w pierwszej dekadzie tego miesiąca ruch pieszych odbywał się normalnie. Dopiero od 11 marca 2020 roku społeczeństwo zaczęło ograniczać swoje przemieszczanie, co spowodowało, że od 11 do 31 marca 2020 roku ruch zmalał o 63,9%. Z kolei w całym kwietniu 2020 roku odnotowano zmniejszoną mobilność o 69,2%. Przyczyną takiego stanu była przede wszystkim niepewność, strach społeczeństwa przed nieznanym patogenem, a także tragiczne doniesienia z Chin i Japonii. Dodatkowy wpływ na zmniejszoną mobilność miały wprowadzone przez rząd, dość restrykcyjne ograniczenia w przemieszczaniu, w tym zamknięcie parków i lasów. Na podstawie danych Google, w marcu 2020 roku zanotowano zmniejszenie odwiedzin parków, publicznych placów i innych miejsc rekreacyjnych o 58%. Z kolei wizyty w sklepach spożywczych, bazarach i aptekach zmniejszyły się o 59%. Największe spadki zanotowano w restauracjach, centrach handlowych, parkach rozrywki i innych instytucjach kultury. W tym przypadku liczba odwiedzin spadła o 78%. Jedynym punktem, gdzie odnotowano wzrost liczby odwiedzin lub inaczej określając obszarem przebywania społeczeństwa były miejsca rezydencji. W tym przypadku odnotowano w pierwszym miesiącu pandemii, wzrost o 13% [COVID-19...]. Należy jednak zaznaczyć, że na wahania poziomu mobilności społeczeństwa w poszczególnych dniach, miały też wpływ takie czynniki jak: wolny dzień

od pracy, dzień świąteczny, czy niekorzystna pogoda. Istotną determinantą wpływającą na zmienność mobilności były pory roku. W okresie wiosenno-letnim w 2020 roku oraz 2021 roku widoczny jest zdecydowany trend wzrostowy przemieszczania się pieszych. Jednak w 2020 roku maksymalny wzrost mobilności był na poziomie 103,3% (31 lipca), przy czym ruch pieszych powyżej 100% odnotowano tylko w dwóch dniach wakacji. Podczas kolejnego lata 2021 mobilność powyżej 100% odnotowana była przez kilkanaście dni. Często było to powyżej 130%, a 10 lipca 2021 roku aż 162%. Niestety szybki wzrost liczny zachorowań w drugiej połowie sierpnia przyczynił się do zmniejszenia ruchu.

W przypadku mobilności pojazdami wśród polskiego społeczeństwa, zauważono podobne tendencje spadkowe i wzrostowe, jak w przypadku ruchu pieszego (rys. 3). W tym przypadku spadki ruchu społeczeństwa były nieco mniejsze. W pierwszym miesiącu pandemii spadł ruch mieszkańców poruszających się pojazdami o 36,2%, przy czym w dwóch ostatnich dekadach marca spadek ten był na poziomie -54,3%. W następnym miesiącu pandemii wskaźnik mobilności pojazdami zmniejszył się o 55,5%. W porównaniu z mobilnością pieszą, wahania mobilności pojazdami są nieco łagodniejsze. Warto jednak zwrócić uwagę, że w miarę upływu czasu, podczas kolejnych fal pandemii, mobilność społeczeństwa zdecydowanie mniej już reagowała na kolejne zakażenia. Podczas czwartej fali pandemii, pomimo że zanotowano spadek poruszania się ludzi, to jednak ich mobilność była na dodatnim poziomie. Podobnie można zaobserwować, że wprowadzony zakaz wychodzenia z domów w dniu 31 grudnia 2020 roku od godziny 18 nie spowodował gwałtownego obniżenia mobilności

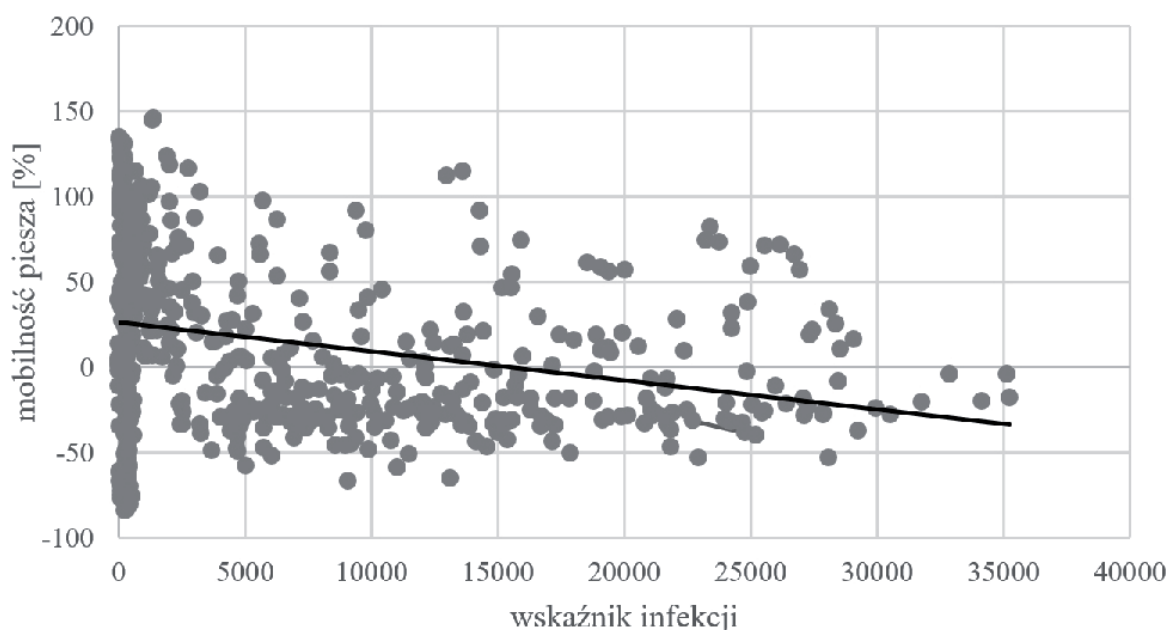


Rysunek 3. Mobilność pojazdami Polaków w okresie od 1 marca 2020 roku do 31 grudnia 2021 roku
Figure 3. Mobility by vehicles of Poles in the period from March 1, 2020 to December 31, 2021

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Koronawirus...].

mieszkańców, jak się spodziewano. W przypadku przemieszczania się pojazdami, ruch osób zmalał o 29% w ostatnim dniu roku i o 53,5% w pierwszym dniu 2021 roku. Istotne jest, że wyniki badań dotyczących mobilności pojazdami odnoszą się do ogółu całego transportu i nie są podzielone na rodzaje transportu. Oczywiście zdecydowanie mniejsze spadki mobilności odnotowano w przypadku poruszania się prywatnymi pojazdami, gdzie w pierwszych tygodniach pandemii, ruch ten spadł o około 40%, a w transporcie publicznym, aż o 71% [COVID-19...].

Powyższe analizy wykazały, że liczba zachorowań na COVID-19, a także poszczególne fale pandemii oraz wdrażane obostrzenia, a później ich zdejmowanie wpłynęło znacząco na mobilność Polaków. W celu sprawdzenia, czy te tendencje spadkowe i wzrostowe są bezpośrednio spowodowane pandemią oraz liczbą zakażeń, przeprowadzono badanie wpływu dwóch zmiennych przy użyciu współczynnika korelacji wspomnianego w metodologii. Badanie przeprowadzone w okresie od marca 2020 roku do grudnia 2021 roku wykazało, że współczynnik korelacji dla mobilności pieszej wynosił $r = -0,231$ (rys. 4, tab. 2). Wynik ten informuje, że korelacja jest słaba (dostateczna). Wartość współczynnika korelacji w tym przypadku oznajmia, że wzrost liczby zakażeń na COVID-19 dostatecznie wpływa na zmniejszenie się mobilności pieszej Polaków.



Rysunek 4. Zależność mobilności pieszej od wskaźnika zakażeń SARS-CoV-2 w okresie od 1 marca 2020 roku do 31 grudnia 2021 roku

Figure 4. Dependence of walking mobility on the SARS-CoV-2 infection rate in the period from March 1, 2020 to December 31, 2021

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Koronawirus...].

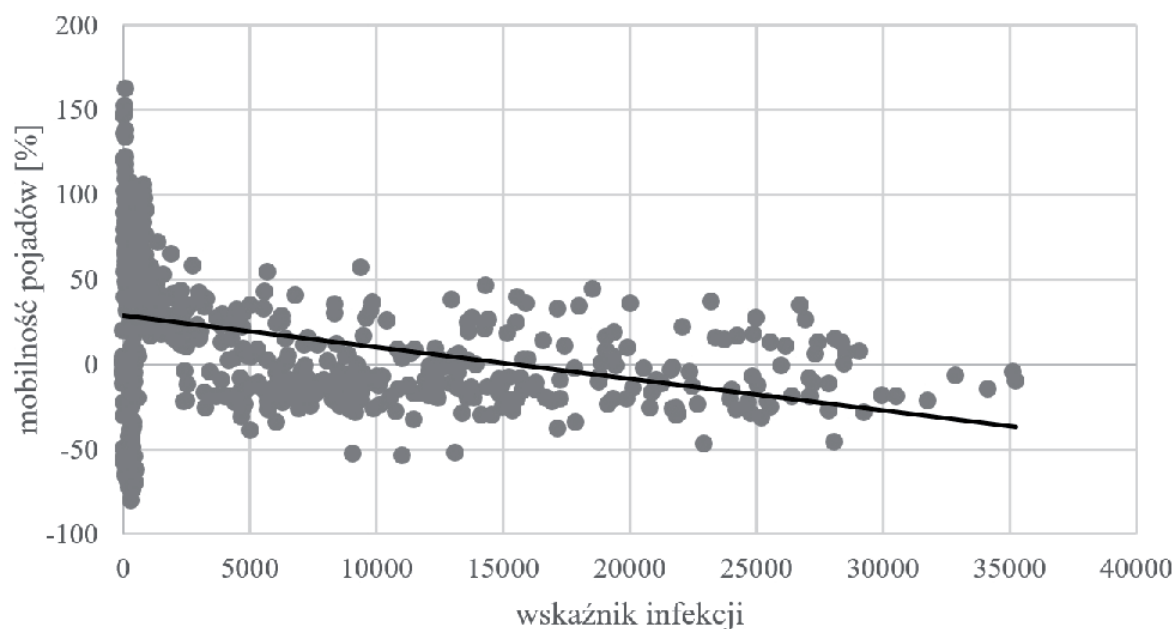
W przypadku mobilności pojazdami wpływ liczby zakażeń na poruszanie się mieszkańców był trochę większy. W badanym okresie współczynnik korelacji był na poziomie $-0,351$, czyli korelacja była umiarkowana (rys. 5, tab. 2). Zatem zarówno w przypadku zależności mobilności pieszej, jak i pojazdami od wskaźnika zakażeń

Tabela 2. Zależność mobilności Polaków od wskaźnika zakażeń SARS-CoV-2 w poszczególnych falach pandemii

Table 2. Dependence of the mobility of Poles on the SARS-CoV-2 infection rate in individual waves of the pandemic

Fala pandemii	Okres badania	Mobilność piesza [r]	Mobilność pojazdów [r]
I–IV	01.03.2020 – 31.12.2021	-0,2612	-0,3508
I	01.03.2020 – 10.08.2020	0,3352	0,4175
I	01.03.2020 – 15.03.2020	-0,8456	-0,8949
II	11.08.2020 – 25.01.2021	-0,6727	-0,6832
III	26.01.2021 – 31.07.2021	-0,5970	-0,6060
IV	01.08.2021 – 31.12.2021	-0,5369	-0,6474

Source: badanie własne.



Rysunek 5. Zależność mobilności pojazdami od wskaźnika zakażeń SARS-CoV-2 w okresie od 1 marca 2020 roku do 31 grudnia 2021 roku

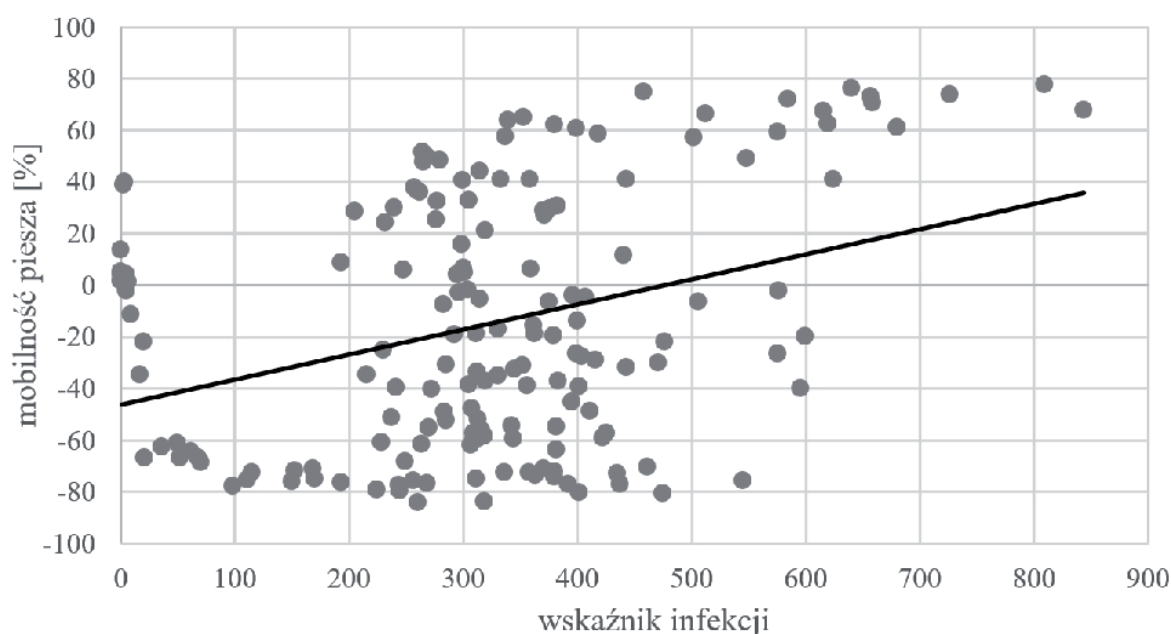
Figure 5. Dependence of vehicle mobility on the SARS-CoV-2 infection rate in the period from March 1, 2020 to December 31, 2021

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Koronawirus...].

SARS-CoV-2 można potwierdzić hipotezę pierwszą, która mówi, że w okresie od 1 marca 2020 roku do 31 grudnia 2021 roku liczba zakażeń wirusem SARS-CoV-2 miała wpływ na mobilność społeczeństwa.

W analizie przebiegu pandemii widać dość dużą zmienność zakażeń, co wykazuje sezonowy (falowy) charakter. Dlatego powszechnie akceptowane jest definiowanie kolejnych fal pandemii. W związku z tym zbadano, w jaki sposób poszczególne fale wpłynęły na mobilność pieszą i pojazdami społeczeństwa polskiego. W pierwszej fali, trwającej od marca 2020 roku do około 10 sierpnia 2020 roku, współczynnik korelacji

dla dwóch przyjętych zmiennych (liczba zakażeń, mobilność piesza) wyniósł 0,335 (tab. 2). Jest to zależność słaba (dostateczna), ale w przeciwieństwie do całego badanego okresu, współczynnik korelacji jest dodatni (rys. 6.). Interpretuje się to tak, że w miarę wzrostu liczby zakażeń na SARS-CoV-2 mobilność piesza wzrasta, czyli Polacy częściej się przemieszczają. Jest to zatem odwrotna zależność dla całego badanego okresu. Dlatego można byłoby zadać pytanie, z czego to wynika? Otóż, pierwsza fala pandemii charakteryzowała się stosunkowo niewielką liczbą zakażeń, a także wdrożeniem w życie bardzo dużych ograniczeń w mobilności. Jednak po miesiącu zaczęto te ograniczenia zmniejszać, co spowodowało, że ludzie zaczęli się częściej przemieszczać. Dodatkowo, pomimo wycofywania ograniczeń, liczba zakażeń wolno, ale systematycznie wzrastała, w szczególności w drugiej połowie wakacji. Społeczeństwo nadal jednak było mobile, stąd też korelacja jest dodatnia.



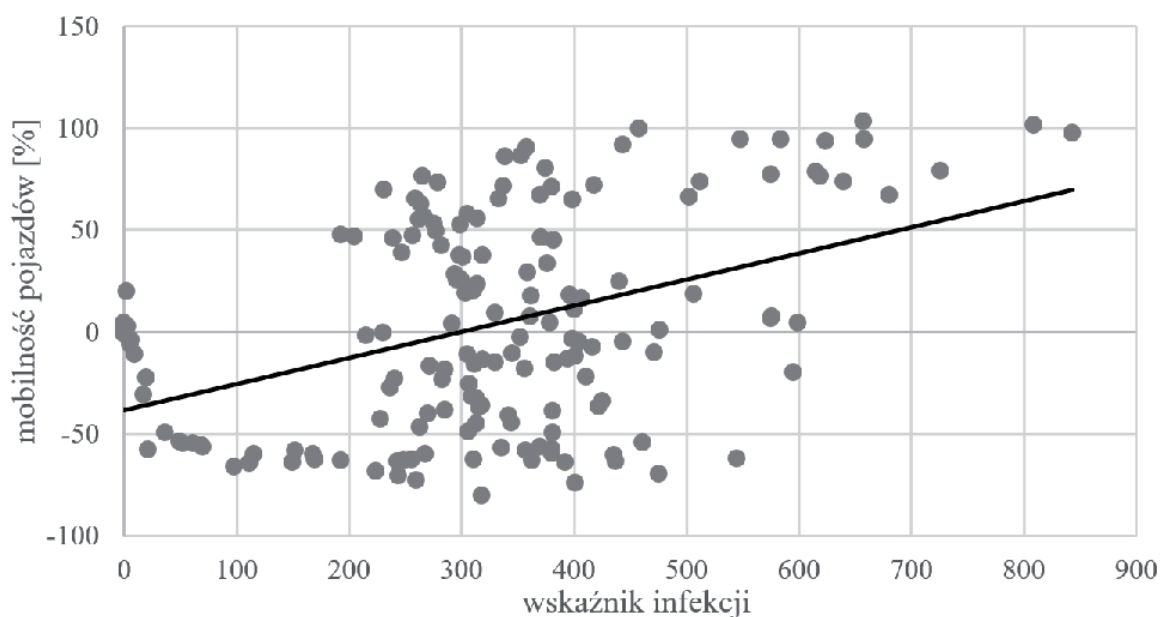
Rysunek 6. Zależność mobilności pieszej od wskaźnika zakażeń SARS-CoV-2 w okresie od 1 marca 2020 roku do 31 grudnia 2021 roku

Figure 6. Dependence of walking mobility on the SARS-CoV-2 infection rate in the period from March 1, 2020 to December 31, 2021

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Koronawirus...].

Podobna sytuacja występuje w przypadku mobilności pojazdami. Podczas pierwszej fali pandemii w Polsce współczynnik korelacji wyniósł 0,418, czyli korelacja jest umiarkowana (tab. 2). Zatem wraz ze wzrostem liczby zakażeń, wzrosła też mobilność pojazdami. Fakt ten należy podobnie tłumaczyć, jak w przypadku mobilności pieszej.

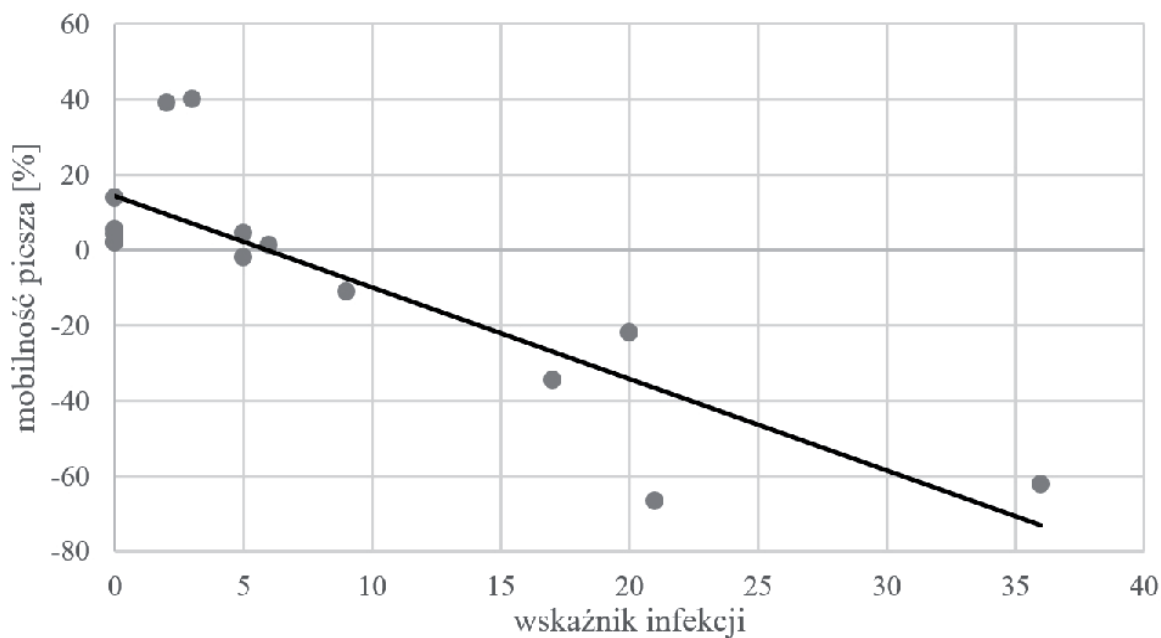
Zdecydowanie inaczej wygląda sytuacja w pierwszych dwóch tygodniach pandemii. W przypadku badania zależności dla mobilności pieszej współczynnik korelacji liniowej dla okresu od 1 marca do 15 marca 2020 roku wyniósł $-0,846$ (rys. 8, tab. 2). Zatem korelacja jest silna, co należy rozumieć, że wraz ze wzrostem liczby zakażeń, mobilność piesza Polaków bardzo szybko się zmniejsza. Można to tłumaczyć faktem, że pierwsze



Rysunek 7. Zależność mobilności pojazdami od wskaźnika zakażeń SARS-CoV-2 w okresie od 1 marca 2020 roku do 31 grudnia 2021 roku

Figure 7. Dependence of vehicle mobility on the SARS-CoV-2 infection rate in the period from March 1, 2020 to December 31, 2021

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Koronawirus...].



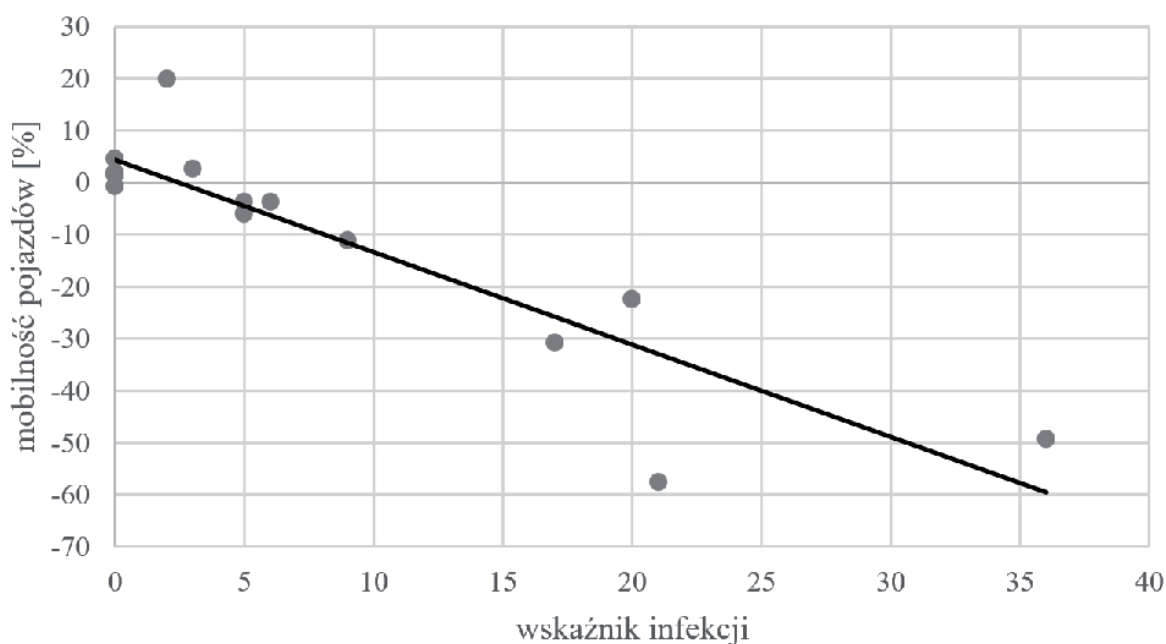
Rysunek 8. Zależność mobilności pieszej od wskaźnika zakażeń SARS-CoV-2 w okresie od 1 marca 2020 roku do 31 grudnia 2021 roku

Figure 8. Dependence of walking mobility on the SARS-CoV-2 infection rate in the period from March 1, 2020 to December 31, 2021

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Koronawirus...].

dni pandemii, zatrzymały mieszkańców w domach, a niepewność, czy też strach przed zakażeniem, spowodował, że mieszkańcy przestali opuszczać swoje domy.

Podobna sytuacja wystąpiła w przypadku mobilności pojazdami, gdzie dla okresu pierwszej połowy marca 2020 r. współczynnik korelacji liniowej wyniósł $-0,895$ (rys. 9, tab. 2) i wykazał się jeszcze większą siłą zależności.



Rysunek 9. Zależność mobilności pojazdami od wskaźnika zakażeń SARS-CoV-2 w okresie od 1 marca 2020 roku do 31 grudnia 2021 roku

Figure 9. Dependence of vehicle mobility on the SARS-CoV-2 infection rate in the period from March 1, 2020 to December 31, 2021

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Koronawirus...].

Druga fala pandemii wpłynęła również dość mocno na zmiany w zachowaniu społeczeństwa. W okresie od 11 sierpnia 2020 roku do 25 stycznia 2021 roku wzrost liczby zakażeń dość mocno ograniczał przemieszczanie się Polaków, zarówno w sposób pieszy, jak i pojazdami. Współczynnik korelacji Persony wyniósł odpowiednio $-0,673$ oraz $-0,683$ (tab.2). Zatem zależność była silna. Spowodowane to było dość silną reakcją rządu na wzrost liczby zakażeń, przez co wprowadzano kolejne ograniczenia. Dodatkowo przedsiębiorstwa oraz szkoły i uczelnie przeszły ponownie w tryb zdalny, a wiele obiektów handlowych, gastronomicznych i kulturalnych zostało zamknięte.

Kolejne fale pandemii, również wpływały na mobilność mieszkańców, jednak jak można zauważyć w tabeli 2, wraz z kolejnymi falami, zależność ta malała. I tak współczynnik korelacji liniowej dla trzeciej fali w przypadku mobilności pieszej wyniósł $-0,597$, a w czwartej fali $-0,540$. Z kolei w przypadku mobilności pojazdami, było nieco inaczej. W tym przypadku kolejne fale pandemii zmniejszały mobilność. I tak współczynnik korelacji wyniósł odpowiednio $-0,606$ i $-0,647$.

Zmniejszający się wpływ liczby zakażeń na przemieszczanie się społeczeństwa wynikał z faktu, że ludzie zaczęli przyzwyczajać do pandemii, mieli też większą wiedzę na temat przebiegu choroby. Największy jednak wpływ miał wdrożony program szczepień przeciwko COVID-19.

Podsumowując powyższe analizy, należy stwierdzić, że hipoteza H_2 – z każdą kolejną falą zakażeń wpływ nowych zachorowań na mobilność społeczeństwa się zmniejszał – została udowodniona, przy czym najbardziej widoczne jest to w przypadku mobilności pieszej Polaków.

Podsumowanie i wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań opracowano następujące wnioski:

1. Pandemia COVID-19 znacząco wpłynęła na mobilność społeczeństwa. Dotyczy to zarówno przemieszczania się pieszo, jak i pojazdami.
2. W okresie zrealizowanych badań, czyli od 1 marca 2020 roku do 31.12 2021 roku wzrost liczby zakażeń umiarkowanie wpływał na spadek mobilności mieszkańców. Współczynnik korelacji dla mobilności pieszej wynosił $r = -0,231$.
3. W poszczególnych falach pandemii, wpływ zakażeń na mobilność mieszkańców Polski rozkładał się różnie. Najbardziej silną zależność odnotowano w pierwszych dwóch tygodniach pandemii. W tym okresie współczynnik korelacji wynosił $-0,845$ dla mobilności pieszej i $-0,895$ dla mobilności pojazdami.
4. Wraz z upływem czasu zależność między liczbą zakażeń a mobilnością społeczeństwa zmniejszyła się z silnej do umiarkowanej. Współczynnik korelacji liniowej dla drugiej fali wynosił $-0,673$, dla trzeciej fali w przypadku mobilności pieszej wyniósł $-0,597$, a w czwartej fali $-0,540$.
5. Ewentualnym było pierwsza fala pandemii, gdyż współczynnik korelacji liniowej Pearsona był dodatni. Wynik wskazuje na to, że w miarę wzrostu liczby zakażeń, wzrasta też mobilność. Jednak fakt ten, został wytłumaczony tym, że początkowo przy niewielkiej liczbie zakażeń, gwałtownie obniżyła się mobilność. Częściowo spowodowane było to licznymi ograniczeniami wprowadzonymi przez władze państwowe. Jednak z czasem nastąpiło tzw. odmrażanie gospodarki, a społeczeństwo zwiększało mobilność.
6. Pierwsze dwa tygodnie pandemii charakteryzowały się silną korelacją. W przypadku mobilności pieszej współczynnik korelacji liniowej wyniósł $-0,846$, a dla mobilności pojazdami $-0,895$.
7. W miarę poznawania choroby, a także rozpoczętego szczepienia przeciwko COVID-19 społeczeństwo zaczęło oswajać się z pandemią, co spowodowało, że ludzie coraz mniej zaczęli uzależniać swoje decyzje o mobilności od stanu rozwoju pandemii.

Konkludując, przeprowadzone badania w niniejszym opracowaniu potwierdzają przeprowadzone wcześniejsze i początkowe analizy przez różnych badaczy i ekspertów, a postawione hipotezy zostały zweryfikowane. Warto również przeprowadzić dalsze badania w obszarze wpływu pandemii na mobilność mieszkańców z perspektywy czasu, w tym oceny badanej społeczności dotyczącej własnych decyzji w zakresie mobilności i działań władz krajowych odnośnie wszelkich ograniczeń.

Bibliografia

- Borkowski B., Jazdzewska-Gutta M., Szmelter-Jarosz A., 2020: Mobilność mieszkańców Polski w czasie epidemii koronawirusa. Wyniki Badań, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Sopot.
- Bryniarska Z., Kuza A., 2021: Analiza wpływu Covid-19 na funkcjonowanie transportu pasażerskiego, *Transport miejski i regionalny*, 10, 7.
- Buda A., Jarynowski A., 2010: Life time of correlations and its applications vol. 1, Independent Publishing, Głogów, 8–10.
- COVID-19 a zmiany w trendach dotyczących przemieszczania się, Google, [źródło elektroniczne] <https://www.google.com/covid19/mobility/> [dostęp: 11.10.2022].
- Dong E., Du H., Gardner L., 2020: An interactive web-based dashboard to track COVID-19 in real time, *Lancet Infectious Diseases*, 20(5), 533–534.
- Duszyński J., Afelt A., Ochab-Marcinek A., Owczuk R., Pyré K., Rosińska M., Rychard A., Smiatcz T., 2020: Zrozumieć COVID-19, Opracowanie zespołu ds. COVID-19 przy Prezesie Polskiej Akademii Nauk, Polska Akademia Nauk.
- Golonka N., b.d.: Współczynnik korelacji r-Persona, Predictive Solutions, [źródło elektroniczne] <https://predictivesolutions.pl/wspolczynnik-korelacji-r-pearsona> [dostęp: 10.10.2022].
- Hughes T., 2020: Poor, essential and on the bus: Coronavirus is putting public transportation riders at risk, *USA Today*, [źródło elektroniczne] <https://eu.usatoday.com/story/news/nation/2020/04/14/public-transportation-users-risk-coronavirusspreads-across-us/2979779001/> [dostęp: 10.10.2022]
- Koronawirus w Polsce (SARS-CoV-2), [źródło elektroniczne] <https://koronawirusunas.pl/> [dostęp: 11.10.2022].
- Ociepka P., 2021: Eksploracyjna analiza mobilności ludności w trakcie pandemii, [w:] M. Ziółko, D. Dziedzic (red.), *Transport i łańcuchy dostaw w czasie pandemii*, Wydawnictwo CeDeWu, Warszawa, 11–23.
- Smolarski M., Suszczewicz M., 2021: Wpływ pandemii COVID-19 na funkcjonowanie regionalnego transportu kolejowego obszarów przygranicznych – na przykładzie województwa dolnośląskiego (PL) i kraju libereckiego (CZ), *Czasopismo Geograficzne*, 92(1), 121–140.
- Taczanowski J., 2020: The influence of COVID-19 on international and long-distance passenger rail transport. The cases of Italy and Poland – the first observations, *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, 23(2), 14–19.
- Tarkowski M., Puzdrakiewicz K., Jaczewska J., Połom M., 2020: COVID-19 lockdown in Poland – changes in regional and local mobility patterns based on Google Maps data, *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, 23(2), 46–55.
- UITP, 2020: Public transport authorities and COVID-19: impact and response to a pandemic [źródło elektroniczne] <https://www.lek.com/sites/default/files/PDFs/COVID19-public-transport-impacts.pdf> [dostęp: 11.10.2022].
- Wielechowski M., Czech K., Grzęda Ł., 2020: Decline in Mobility: Public Transport in Poland in the time of the COVID-19 Pandemic, *Economies*, 8(4), 78.

Dariusz Strzębicki✉

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

Metody dostaw w sklepach internetowych z produktami żywnościowymi

Delivery methods in online food shops

Synopsis. Celem artykułu jest identyfikacja i ocena rozwiązań dostaw do konsumentów produktów żywnościowych zakupionych w sklepach internetowych. Dla realizacji tego celu przeprowadzono analizę treści 12 sklepów internetowych. Stosowane metody dostaw są zróżnicowane i uzależnione od typu modelu e-detailingu, wielkości przedsiębiorstwa oraz od specyficznych cech sprzedawanych produktów. Ceny za dostawy były zróżnicowane między badanymi sklepami internetowymi.

Słowa kluczowe: handel elektroniczny produktami żywnościowymi, e-detałiści, dostawa ostatniej mili

Abstract: The aim of this article is to identify and evaluate delivery solutions to consumers for food products purchased from online shops. To achieve this objective, a content analysis of 12 online shops was conducted. The delivery methods used varied and depended on the type of e-tailing model, the size of the company and the specific characteristics of the products sold. Prices for delivery varied between the online shops studied.

Keywords: food e-commerce, e-tailers, last mile delivery

Kody JEL: L81, L87

Wprowadzenie

Wraz z rozwojem handlu elektronicznego zakupy przez Internet stają się coraz powszechniejsze wśród konsumentów. Jednocześnie wraz z pojawieniem się nowych sklepów internetowych oraz nowych rozwiązań w sprzedaży produktów żywnościowych nasila się konkurencja w handlu elektronicznym tymi produktami. Sklepy internetowe konkurują o przyciągnięcie na swoją stronę internetową jak największej liczby konsumentów, oferują szeroki wybór dobrej jakości produktów oraz tworzą intuicyjne w obsłu-

✉ Dariusz Strzębicki – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie; Instytut Ekonomii i Finansów; e-mail: dariusz_strzebicki@sggw.edu.pl; <https://orcid.org/0000-0003-1656-4268>

dze strony internetowych. Jednakże proces zakupu nie kończy się na wyborze produktów i dokonaniu zapłaty w sklepie internetowym. Również ważną częścią zakupów internetowych jest obsługa zamówienia oraz dostawa zakupionych produktów konsumentom. Wpływa ona na postrzeganie całego procesu zakupowego przez klientów i dla przedsiębiorstw staje się coraz ważniejszym instrumentem konkurowania na rynku. Sklepy internetowe mogą stosować wiele różnych rozwiązań i metod dostaw produktów żywnościowych. Oprócz dostawy do domu, również mogą umożliwiać klientom odbiór produktów w wyznaczonych punktach odbioru produktów. W prezentowanym artykule zostanie przedstawiona problematyka realizacji przez internetowe sklepy dostaw produktów żywnościowych. Zostaną również przedstawione wyniki badań obserwacji autora dotyczących rozwiązań w zakresie dostaw występujących w wybranych sklepach internetowych z produktami żywnościowymi w Polsce. Celem artykułu jest identyfikacja metod dostaw do konsumentów produktów żywnościowych zakupionych w sklepach internetowych. W opracowaniu zostanie również podjęta próba oceny czynników warunkujących zastosowane rozwiązania dostaw.

Materiały i metody

Dla realizacji celów przeprowadzono badanie polegające na określeniu występujących na stronach WWW sklepów z produktami żywnościowymi elementów treści stron związanych z dostawą. W opracowaniu została wykorzystana metoda *content analysis*. Metodę tą definiuje się jako systematyczną, obiektywną i ilościową analizę charakterystyk treści [Neuendorf 2002].

Dobór próby badawczej miał charakter celowy. Jest on uzasadniony tym, że w badaniu dążono do osiągnięcia zróżnicowania badanej próby pod względem typów e-detaliści produktów żywnościowych. Przy czym pojęcie e-detaliści rozumie się jako przedsiębiorstwo realizujące funkcję sprzedaży detalicznej z wykorzystaniem swojego sklepu internetowego. Dlatego też w badanej próbie znaleźli się również producenci produktów żywnościowych oraz hurtownicy prowadzący sklepy internetowe kierujące swą ofertą do konsumentów, a nie wyłącznie przedsiębiorstwa specjalizujące się w handlu detalicznym. W próbie badawczej znalazło się 12 sklepów internetowych z produktami żywnościowymi. Wybór kilkunastu obiektów badania był podyktowany chęcią zaprezentowania różnych modeli e-detaliści oraz zróżnicowania stosowanych rozwiązań dostaw. Do próby badawczej wybrano sklepy internetowe różniące się pod względem specyfiki e-detalu po uprzednim zapoznaniu się z treścią stron sklepów internetowych. Badanie *content analysis* zostało przeprowadzone w październiku 2022 roku.

Przegląd literatury

Wraz z rozwojem i coraz intensywniejszym użyciem sieci internetowej obserwuje się rosnącą rolę internetowych zakupów detalicznych na całym świecie. Zakupy produktów żywnościowych w Internecie niosą ze sobą wiele korzyści takich jak np.: wygoda, dostawa do domu, szeroki asortyment, niskie ceny [Grzybowska-Brzezińska i Rudzewicz 2016]. Zwiększenie liczby zakupów internetowych dokonywanych przez konsumentów

szczególnie znacząco przyspieszył w okresie światowej pandemii COVID, której towarzyszyły obostrzenia w handlu detalicznym oraz obawa konsumentów przed zakażeniem [Tarasiuk i Dłużniewska 2021].

Sklepy internetowe można podzielić na różne kategorie w zależności od realizowanego modelu biznesowego e-detalingu. Do podstawowych rodzajów modeli e-detailingu (e-detalu) można zaliczyć [Turban 2006]: *pure play e-tailers* (typowe sklepy detaliczne, które prowadzą swą działalność w sieci Internet); *click-and-mortar* (detaliści, którzy prowadzą jednocześnie sprzedaż internetową oraz tradycyjną w stacjonarnych sklepach); *producer direct sale* (sprzedaż bezpośrednia wytworzonych przez producenta produktów poprzez własny sklep internetowy).

Click-and-mortar retailers mają możliwość wspierać sprzedaż internetową dzięki bazie logistycznej stacjonarnych sklepów. Taka forma hybrydowej sprzedaży wpisuje się w panujący w handlu trend *omnichannel* i przynosi wiele korzyści synergii sprzedaży stacjonarnej i internetowej szczególnie dużym przedsiębiorstwom handlowym jak sieci supermarketów [Iwińska-Knop i Skurpel 2015].

Dla sprzedawców internetowych bardzo istotne jest osiągnięcie satysfakcji nabywców z dokonanych zakupów [Ali i in. 2019]. Zapewni to utrzymanie klientów, którzy będą powtarzali swoje zakupy w sklepie internetowym. Droga do osiągnięcia satysfakcji nabywców wiedzie poprzez sprostanie ich oczekiwaniom dotyczącym zakupu w sklepie internetowym [Mitra i Fay 2010]. Na doświadczenie klientów dotyczące zakupów na stronie internetowej oprócz wrażeń z poruszania się po stronie sklepu, wejścia w posiadanie produktu o odpowiedniej jakości, wpływ ma również sam proces dostawy [Boyer i Hult 2005]. Klienci przed dokonaniem zakupu online mają pewne wyobrażenia, jak będzie się odbywała dostawa. Oczekują, że dostawa odbędzie się bez problemów, szybko, w określonym przedziale czasowym, i że będą mogli osobiście odebrać przesyłkę w swoim domu [Xing i Grant 2006]. Jednakże z perspektywy sklepów internetowych dostawa ostatniej mili jest bardzo skomplikowaną i kosztowną częścią łańcucha dostaw [Gevaers i in. 2014]. Jako największe problemy związane z zakupami internetowymi klienci wskazują najczęściej długie oczekiwanie na dostawę produktów (31% wskazań respondentów) oraz wysokie koszty dostawy (25% wskazań) [Gemius 2022]. W przypadku dostaw własnymi środkami transportu sklepy internetowe napotykają na problem małej gęstości zaludnienia, co powoduje zbyt wysokie koszty. Dostawy relatywnie niewielkiej liczby przesyłek do rozproszonych geograficznie nabywców sprawiają, że dostawy ostatniej mili realizowane własnym transportem sklepu internetowego mogą być nieopłacalne. Sklepy oferujące sprzedaż produktów żywnościowych napotykają dodatkowe trudności w realizacji zamówień klientów. Klienci kupujący produkty żywnościowe w sieci internetowej dokonują w pojedynczym zamówieniu wyboru wielu różnych produktów żywnościowych. Sprawia to, że koszty obsługi zamówienia są wysokie [Ring i Tigert 2001]. Dodatkowo produkty te mogą się od siebie różnić pod względem takich cech jak temperatura przechowywania i transportu, termin ważności do spożycia co powoduje dodatkowe trudności i koszty transportu [Weber-Snyman i Badenhorst-Weiss 2016].

Firmy kurierskie dzięki specjalizacji w dostawach ostatniej mili i agregacji przesyłek od wielu sprzedawców oraz rozbudowanej własnej floty transportowej osiągają opłacalność tych dostaw przy relatywnie niskich cenach, które płacą za przesyłki sklepy internetowe. Jednakże również oni napotykają wiele trudności w dostawach ostatniej mili.

Wyzwaniem dla kurierów jest także transport wymagających odpowiednich warunków produktów żywnościowych.

W celu zmniejszenia kosztów dostaw kurierzy umożliwiają klientom odbiór przesyłki w specjalnie wyznaczonych punktach odbioru [Boichuk 2022] np. w sklepach, firmach usługowych, stacjach benzynowych. Popularne stały się także paczkomaty. W handlu elektronicznym produktami żywnościowymi nowością są lodówkomaty, czyli urządzenia podobne do paczkomatów, ale zapewniające odpowiednio niską temperaturę dla produktów żywnościowych. Są one jednak nowością i ich liczba nawet w dużych miastach jest niewielka w porównaniu z paczkomatami.

Dla sklepu internetowego wybór firmy kurierskiej świadczącej wysoki poziom usług ma bardzo duże znaczenie. Jakość usługi dostawy przesyłki do klienta wpływa na jego wrażenie z zakupów internetowych i wpływa na wizerunek sklepu internetowego [Kazimierzczak i Szymczyk 2021]. Wysoki poziom jakości usług kurierskich oznacza dla sklepu internetowego pewność, że produkty trafią w odpowiednim czasie oraz w stanie, jakim były przygotowywane do wysyłki, jak również, że sama dostawa zrobi dobre wrażenie na kliencie. Do cech branych pod uwagę przy wyborze kuriera można zaliczyć takie jak: doświadczenie, terminowość, kompleksowość usług, cena, elastyczność, szybkość, informacja, zasięg geograficzny [Zielińska i Siedlecka 2018].

Wyniki badań i dyskusja

Do badań wybrano następujących sprzedawców internetowych produktów żywnościowych (w nawiasie znajdują się symbole nadane tym firmom podczas badania): (A) Groszek – <https://groszekdt.pl>; (B) Kuchnie Świata – <https://sklep.kuchnieswiata.com.pl>; (C) Hurtownia-Spozywca.pl – <https://hurtownia-spozywca.pl>; (D) Selgros – <https://selgros24.pl>; (E) E-Szop24.pl – <https://e-szop24.pl>; (F) Carrefour – <https://www.carrefour.pl>; (G) Eko Sklep – <https://www.sklepekologiczny.com.pl>; (H) BioSklep – <https://biosklep.com.pl>; (I) Polski Koszyk – <https://polskikoszyk.pl>; (J) Paczka od Rolnika – <https://www.paczka-odrolnika.pl>; (K) Paczka Wędlin z Rusiborza – <https://paczkazrusiborza.pl>; (L) Frisco – <https://www.frisco.pl>. Oprócz symbolu w nawiasach oznaczającego konkretny sklep internetowy w prezentacji wyników po myślniku zawarto również symbol typu specyficznego modelu *e-tailingu*. Te dodatkowe symbole kwalifikują sklepy internetowe do szerszych grup ze względu na specyfikę reprezentowanego modelu *e-tailingu*. Symbole te oznaczają: P – typowi e-detałiści (*pure play e-tailers*); C – jednoczesna sprzedaż stacjonarna i internetowa (*click and mortar e-tailers*); W – internetowa sprzedaż detaliczna realizowana przez hurtownię, dystrybutora hurtowego lub importera (czyli firmy działające na szczeblu handlu hurtowego, które poprzez własny sklep internetowy prowadzą sprzedaż detaliczną skierowaną na indywidualnych konsumentów); D – sprzedaż bezpośrednia online producentów rolnych lub przedsiębiorstw przetwórstwa spożywczego.

Jak wynika z przedstawionych w tabeli 1 opisów specyficznych cech przedsiębiorstw prowadzących sklepy internetowe z produktami żywnościowymi, przedsiębiorstwa te można zaliczyć do czterech różnych grup ze względu na specyfikę ich modeli e-detałisty. Dla tych odrębnych grup osobno zostanie przeprowadzona odrębnie analiza metod dostaw produktów dla konsumentów.

Tabela 1. Sklepy internetowe poddane badaniu i ich modele *e-tailingu*

Table 1. Online shops surveyed and their e-tailing models

Symbol	Model <i>e-tailingu</i>
(A)-C	Detalista <i>click-and-mortar</i> , sklep stacjonarny (należący do sieci franczyzowej Groszek) i internetowy, sprzedaż na terenie jednego miasta, w ofercie produkty żywnościowe i gospodarstwa domowego.
(B)-W	Importer produktów żywnościowych z całego świata zaopatrujący sklepy i gastronomię. Posiada sieć stacjonarnych delikatesów w dużych miastach. Prowadzący również sklep internetowy.
(C)-W	Dystrybutor hurtowy zaopatrujący klientów korporacyjnych, restauracje, placówki oświatowe. Poprzez e-sklep prowadzi sprzedaż konsumentom.
(D)-W	Sieć hurtowni <i>cash and carry</i> dla handlu detalicznego i HoReCa. Prowadzi sprzedaż również dla klientów indywidualnych.
(E)-W	Sieć sklepów internetowych działających na zasadzie franczyzy. Prowadzi zarówno sprzedaż hurtową, jak i detaliczną online.
(F)-C	Sieć hipermarketów i supermarketów. <i>Detalista click-and-mortar</i> .
(G)-P	Sklep internetowy specjalizujący się w sprzedaży ekologicznych produktów żywnościowych. <i>Pure play e-tailer</i> .
(H)-P	Sklep internetowy specjalizujący się w sprzedaży ekologicznych produktów żywnościowych. <i>Pure play e-tailer</i> .
(I)-P	Internetowy supermarket spożywczy. <i>Pure play e-tailer</i> . Szeroki asortyment produktów spożywczych.
(J)-D	Internetowy sklep producentów rolnych, którzy sprzedają wyprodukowane przez siebie warzywa, owoce i przetwory. Sprzedaż bezpośrednia producentów rolnych. W ofercie duży udział produktów ekologicznych.
(K)-D	Sklep online producenta mięsa i wędlin. Przedsiębiorstwo zintegrowane pionowo obejmujące uprawę roślin na pasze, chów trzody chlewnej i przetwórstwo mięsne.
(L)-P	Internetowy supermarket spożywczy. <i>Pure play e-tailer</i> . Szeroki asortyment produktów spożywczych.

Źródło: badania własne.

Z informacji zaprezentowanych w tabeli 2 wynika, że typowi e-detalisci przeważnie opierają swoje dostawy głównie na firmach kurierskich, które mogą dostarczać produkty również żywnościowe na obszarach o mniejszej gęstości zaludnienia niż największe aglomeracje. Ceny dostaw kurierskich oferowanych w badanych sklepach różnią się w zależności od sposobu dostawy oraz firmy kurierskiej. Różnice w cenach dostaw występują również między sklepami internetowymi nawet w przypadku tych samych firm kurierskich.

Mniejsze i z bardziej wyspecjalizowanym asortymentem produktów badane internetowe sklepy spożywcze *pure play* realizują dostawy wyłącznie poprzez kurierów. Dzięki firmom kurierskim mają również możliwość docierania do klientów z produktami żywnościowymi wymagającymi specjalnych warunków chłodniczych w transporcie jak np. nabiał, mięso, mrożonki. Jednakże za dostawę tych produktów przez kurierów klienci muszą więcej zapłacić niż dla standardowych paczek.

Pierwsza z zaprezentowanych w tabeli 2 firm realizuje dostawy produktów żywnościowych o wadze do 5 kg również za pośrednictwem Poczty Polskiej. Pomimo że przesyłki firm kurierskich są tańsze nawet za paczki do 30 kg, to może to być dobra opcja dla klientów zamieszkujących tereny nieobsługiwane przez kurierów.

Tabela 2. Metody dostaw sklepów z produktami żywnościowymi typu *pure play e-tailer*
 Table 2. Delivery methods of pure play e-tailer food shops

Symbol	Stosowane metody dostaw
(G)-P	Darmowa dostawa od 300 zł wartości zamówienia; kurier Inpost paczki do 30 kg koszt dostawy 15,99 zł oraz 39,90 zł dla produktów wymagających dodatkowego pakowania i obniżonej temperatury transportu np. jajka, nabiał, mięso, mrożonki (nie podlegają zwrotom); Poczta Polska paczka do 5 kg cena dostawy 27 zł; paczkomaty Inpost paczka do 20 kg cena dostawy 10,99 zł.
(H)-P	Darmowa dostawa od 280 zł wartości zamówienia; kurier DPD cena dostawy 15,99 zł; automat paczkowy lub punkt odbioru DPD Pickup do 22 kg cena 13,90 zł; kurier InPost 14,99 zł, paczkomaty InPost do 20 kg 12,99 zł; ORLEN paczka do 20 kg 9,99 zł; darmowy odbiór osobisty pod wyznaczonym adresem sklepu; dostawy do krajów UE kurierem DPD, GLS, UPS (np. Austria do 3 kg 59,99 zł; do 10 kg 64,99; do 20 kg 79,99 zł). Sklep realizuje zasadę <i>zero waste</i> w pakowaniu produktów.
(I)-P	1. Dostawa własnym transportem Polski Koszyk w Warszawie i okolicach: darmowa od 189 zł wartości zamówienia; dostawa poniżej 189 zł wartości zamówienia kosztuje 19,99 zł. Odbiór większych przesyłek od 100 kg w magazynie firmy. 2. Poprzez kurierów: darmowa dostawa od 250 zł wartości zamówienia; odbiór w punkcie DPD pick-up kosztuje 12,99 zł; Kurier DPD cena dostawy 14,99 zł; kurier Inpost 16,39 zł; odbiór Inpost Paczkomaty 17,29 zł; przesyłka kurierska produktów wymagających specjalnego pakowania i obniżonej temperatury w transporcie. Dodatkowa opłata za pakowanie chłodnicze 14,99; dostawy zagraniczne Kurier UPS (kraje UE) ceny w zależności od odległości i wagi np. Austria paczka 1–5 kg dostawa kosztuje 55 zł, 20–30 kg 112zł; Belgia 1–5 kg 64 zł, 20–30 kg 121 zł.
(L)-P	1. Dostawa własnym transportem Frisco Vanem na terenie dużych aglomeracji Polski (warszawskiej, wrocławskiej, poznańskiej, krakowskiej, trójmiejskiej, śląskiej, bydgoskiej). Minimalna dostawa 100 zł wartości zamówienia. Od 100 do 240 zł wartości zamówienia dostawa kosztuje 20 zł; do 290 zł dostawa 15 zł; powyżej 290 zł zamówienia dostawa darmowa. Dla klientów w programie Frisco Friends i z Kartą Dużej Rodziny niższe opłaty za dostawę. Samochody Frisco Van są wyposażone w chłodnie, co zapewnia optymalne warunki przewożenia każdego rodzaju produktów żywnościowych. 2. Dostawa kurierem DPD na terenie całego kraju kosztuje 15 zł.

Źródło: badania własne.

Z informacji zamieszczonych w tabeli 2 wynika również, że badane e-sklepy dzięki kurierom docierają ze swą ofertą produktów żywnościowych za granicę. Przesyłki te są droższe niż krajowe, a ich cena jest uzależniona od wagi.

W dostawie produktów żywnościowych wszyscy badani e-detaliści typu *pure play* korzystają również z paczkomatów firm kurierskich oraz punktów odbioru przesyłek kurierskich. Rozwiązania te są dla klientów tańsze w porównaniu z dostawami do domu.

Spośród czterech zaprezentowanych w tabeli 2 e-detalistów dwóch realizuje dostawy za pomocą własnych środków transportu. Polski Koszyk dostarcza własnym transportem w aglomeracji warszawskiej, a Frisco w aglomeracji warszawskiej i kilku innych dużych miastach w kraju. Sklepy te są internetowymi supermarketami, które realizują więcej zamówień niż sklepy specjalizujące się w sprzedaży np. produktów ekologicznych. Duża liczba dostaw, które realizują w dużych aglomeracjach sprawia, że wykorzystanie własnych środków transportu jest dla nich opłacalne. Dodatkowo stosowanie własnego transportu oznacza również lepszą kontrolę nad jakością dostaw i obsługi klienta oraz szybsze i tańsze dostawy dla klientów. Własne samochody dostawcze są wyposażone w chłodziarki zapewniające odpowiednie warunki termiczne dla wymaga-

jących tego produktów żywnościowych. W tej metodzie dostawy klienci mają w trakcie zakupu możliwość dokonania wyboru dnia i godziny dostawy. Z kolei dostawy poza aglomeracjami są realizowane za pośrednictwem firm kurierskich.

Tabela 3. Metody dostaw sklepów internetowych należących do przedsiębiorstw hurtowych
Table 3. Delivery methods of online shops owned by wholesale companies

Symbol	Stosowane metody dostaw
(B)-W	<p>1. Dostawa transportem własnym w Warszawie i okolicach kosztuje 39 zł. Tylko tą metodą możliwa jest dostawa produktów chłodniczych, mrożonych i wymagających wyjątkowych warunków dostawy. Darmowa dostawa od 300 zł wartości zamówienia.</p> <p>2. Dostawa przez kuriera jest darmowa od 169 zł wartości zamówienia; Pocztex Kurier kosztuje 10,40 zł; FedEx 12 zł; InPost Kurier 13,80; DPD 13,90; paczkomaty InPost 9,90 (darmowe od 50 zł).</p>
(C)-W	<p>1. Transport własny w Warszawie i okolicach. Termin realizacji zamówienia maks. 2 dni robocze. Minimalna wartość zamówienia 100 zł. Zamówienie od 200 zł jest darmowe. Poniżej 200 zł kosztuje 10 zł. Możliwy wybór terminu dostawy i przedziału czasowego. Tylko tą metodą możliwa jest dostawa produktów chłodniczych, mrożonych i wymagających wyjątkowych warunków dostawy.</p> <p>2. Kurier DHL za każde 30 kg wagi paczki 18,99 zł; punkty odbioru DHL Parcelshop do 20 kg wagi cena 18,99 zł.</p>
(D)-W	<p>Zakupy internetowe dla klientów mających kartę Selgros. Dostawy kurierami: Schrenker, DPD, Inpost Paczkomaty. Cena przesyłek standardowych (do 30 kg) 9,99 zł. Cena przesyłek gabarytowych od 29,90 za szt. Termin realizacji zamówienia 2–3 dni. W ofercie sklepu internetowego brak produktów wymagających warunków chłodniczych.</p>
(E)-W	<p>1. Transport własny na terenie Szczecina i okolic, darmowa dostawa od 300 zł wartości zamówienia, minimalna wartość zamówienia 100 zł, koszt dostawy 20 zł (okolice Szczecina 30 zł). Transport produktów wymagających, możliwy wybór terminu i czasu dostawy. Transport do wybranych miast w Danii i Norwegii</p> <p>2. Kurier na terenie całego kraju cena 15,99 (do 10 kg), 16,99 (do 20 kg), 17,99 (do 30 kg), niedostępne niektóre produkty wymagające specjalnych warunków termicznych. Wybrane kraje europejskie np. Francja, waga do 10 kg 110 zł, do 25 kg 149 zł.</p> <p>Paczkomaty – cały kraj, bez produktów łatwo psujących się, maks. 15 kg, cena 13,99 zł.</p> <p>3. Odbiór osobisty pod wskazanym adresem hurtowni w Szczecinie.</p>

Źródło: badania własne.

Z informacji zaprezentowanych w tabeli 3 wynika, że spożywcze sklepy internetowe należące do przedsiębiorstw handlu hurtowego starają się docierać do nabywców z przesyłkami z wykorzystaniem własnych środków transportu. Zasięg dostaw własnym transportem obejmuje tylko określone aglomeracje, w których hurtownie prowadzą swoją działalność np. w Warszawie lub Szczecinie. W przypadku jednej z hurtowni zlokalizowanej w Szczecinie dostawy własnym transportem prowadzone są również do klientów w niektórych miejscowościach zagranicznych. Lokalizacja siedziby sklepu internetowego w Szczecinie sprawia, że łatwiej jest dostarczać produkty do pobliskich krajów, takich jak niektóre kraje skandynawskie, czy Niemcy. Wykorzystanie własnych środków transportu dostosowanych do przewozu żywności w niskich temperaturach pozwala na dotarcie do klientów również z produktami szybko psującymi się i wymagającymi niskiej temperatury. W celu zwiększenia zasięgu na cały kraj korzystają oni z pośrednictwa kurierów, ale w tej metodzie dostaw nie są dostępne produkty świeże, łatwo psujące się i wymaga-

jące chłodzenia. Internetowe sklepy przedstawione w tabeli 3 także wprowadzają wartość zamówienia, od której dostawa jest darmowa. Niektóre z nich wprowadzają również minimalną wartość zakupów (najczęściej 100 zł), aby możliwa była dostawa.

Tabela 4. Metody dostaw sklepów internetowych detalistów typu *click-and-mortar*

Table 4. Delivery methods of click-and-mortar retailers

Symbol	Stosowane metody dostaw
(A)-C	<ol style="list-style-type: none"> 1. Transport własny. Produkty zakupione online dostarcza przystosowanym samochodem dostawczym pracownik sklepu w Dąbrowie Tarnowskiej i okolicach. Możliwy transport produktów wymagających specjalnych warunków termicznych. Cena dostawy uzależniona od odległości: na terenie miasta – 4,99 zł, do 5 km – 9,99 zł, do 10 km – 14,99 zł, do 15 km – 19,99 zł. 2. Odbiór zakupionych produktów na miejscu w godzinach otwarcia sklepu.
(F)-C	<ol style="list-style-type: none"> 1. CarFura – transport własny przystosowanymi samochodami z chłodziarkami na terenie dużych aglomeracji. Dostawa w tym samym dniu lub w innym wybranym przez klienta terminie. Wartości zamówienia od 220 zł – dostawa darmowa. Wartość zamówienia 159–220 zł – koszt dostawy 9,90 zł, do 159 zł – dostawa 19,90 zł. 2. Sprint – ekspresowa dostawa do domu klienta z pobliskiego sklepu realizowana w kilka godzin rowerem lub skuterem. Z dostawy wyłączone produkty żywnościowe mrożone. Koszt dostawy – 14,99 zł. Zasięg – 20 miast. 3. Kurier – dostawy produktów nieżywnościowych na terenie całego kraju, koszt dostawy – 11,99 zł. 4. Click&Collect – odbiór własny zakupionych produktów online możliwy w 200 sklepach Carrefour.

Źródło: badania własne.

W tabeli 4 zaprezentowano metody dostaw stosowane przez e-detalistów typu *click-and-mortar*. Zaprezentowane dwa sklepy internetowe bardzo się od siebie różnią. Pierwszy z nich to relatywnie mały sklep spożywczy z miasta powiatowego należący do sieci franczyzowej Groszek. Przykład tego sklepu pokazuje, że we współczesnym handlu elektronicznym produktów żywnościowych swe miejsce znajdują także mniejsze sklepy tradycyjne, które decydują się zwiększyć zasięg swego sklepu poprzez wykorzystanie sprzedaży internetowej. Celem tego sklepu jest zwiększenie swej sprzedaży lokalnej w mieście i okolicach poprzez umożliwienie klientom dokonywania zakupów w Internecie. Zakupione w Internecie produkty klienci mają także możliwość odebrać w sklepie. Sklep prowadzi dostawy do klientów transportem własnym, a cena dostawy jest uzależniona od odległości miejsca zamieszkania klienta od sklepu.

Drugi zaprezentowany w tabeli przypadek e-detalisty typu *click-and-mortar* to znana w Polsce sieć stacjonarnych supermarketów Carrefour. Sklep internetowy tej firmy oferuje asortyment produktów podobny do tego, jaki jest dostępny w sklepach tradycyjnych tej firmy. Dla produktów żywnościowych najważniejszą metodą dostawy w przypadku tego sklepu internetowego jest transport własny samochodami dostawczymi przystosowanymi do przewożenia każdego rodzaju produktów żywnościowych w odpowiedniej dla nich temperaturze, w tym produktów mrożonych. Dostawa taka jest realizowana tylko w dużych miastach i ich okolicach. Cena dostawy jest również uzależniona od wartości dokonanych przez klienta zakupów, z dostawą darmową od 220 zł wartości zamówienia. Podczas dokonywania płatności klienci mają możliwość wyboru dnia i godziny dostawy. Nowością w dostawach produktów żywnościowych realizowanych przez tą firmę jest tak zwana usługa Sprint, która dotyczy szybkiej dostawy realizowanej w ciągu kilku

godzin od chwili złożenia zamówienia. Polega ona na dostawach rowerami lub skuterami z najbliższych sklepów względem klienta. Poprzez tą metodę nie są prowadzone dostawy produktów mrożonych. Produkty zakupione w sklepie internetowym można również odebrać w pobliskim supermarkecie Carrefour.

Tabela 5. Metody dostaw internetowej sprzedaży bezpośredniej producentów

Table 5. Delivery methods of food producers online direct sales

Symbol	Stosowane metody dostaw
(J)-D	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kurier na terenie całego kraju. Minimalna wartość zamówienia to 100 zł. Produkty wysyłane są raz w tygodniu we wtorki, a klient otrzymuje je w środy. Koszt dostawy to 20 zł. 2. Transport własny na terenie Krakowa i Tarnowa. Koszt dostawy 20zł. 3. Odbiór własny w punkcie odbioru w miejscowości Rzuchowa.
(K)-D	<p>Dostawy kurierem DPD, punkty odbioru DPD, Przewóz produktów żywnościowy poprzez usługę DPD Food (transport w kontrolowanym łańcuchu chłodniczym z gwarancją doręczenia przesyłki na drugi dzień po jej nadaniu) dostępnej w takich miastach i ich okolicach jak: Warszawa, Kraków, Poznań, Łódź, Trójmiasto, Wrocław, aglomeracja Śląska. Koszt dostawy 25 zł. Przy wartości zamówienia powyżej 150 zł dostawa jest darmowa.</p>

Źródło: badania własne.

W tabeli 5 zaprezentowano metody dostaw dwóch sklepów internetowych, poprzez które producenci rolni sprzedają wytworzone przez siebie produkty żywnościowe konsumentom. Pierwszy sklep Paczka od Rolnika to wspólne przedsięwzięcie kilkudziesięciu producentów rolnych. Stowarzyszenie Grupa od Rolnika pełni funkcję koordynatora. Zajmuje się rozwojem sklepu internetowego i promocją idei sprzedaży bezpośredniej produktów żywnościowych. W celu dotarcia ze sprzedawanymi produktami do klientów z całego kraju sklep korzysta z usług kurierskich. Na terenie pobliskiego Tarnowa i Krakowa dostawy są realizowane transportem własnym. Sklep działa według zasady przyjmowania zamówień do niedzieli. W poniedziałek są przygotowywane zamówione przez klientów produkty, a we wtorek odbywa się pakowanie i wysyłka.

Z kolei drugi z zaprezentowanych w tabeli 5 sklepów internetowych należy do przedsiębiorstwa produkcji rolnej o wysokim stopniu integracji pionowej. Przedsiębiorstwo to wytwarza mięso i wędliny pochodzące od zwierząt z własnego chowu. Prowadzi również własną produkcję roślinną na potrzeby produkcji własnych pasz. Własny detaliczny sklep internetowy sprawia, że wiele etapów żywnościowego łańcucha dostaw znajduje się w obrębie tego przedsiębiorstwa. Dzięki ścisłej współpracy z firmą kurierską DPD realizuje on skutecznie dostawy wymagających pod względem transportu produktów mięsnych. Firma DPD dostarcza do klientów produkty tego przedsiębiorstwa na dwa sposoby. Pierwszy to standardową przesyłką DPD o zasięgu całego kraju. Dla zapewnienia odpowiedniej temperatury wykorzystuje się butelki z zamrożoną wodą źródlaną, torbę termiczną oraz grubą tekturę o strukturze plastra miodu, dzięki czemu temperatura przesyłki utrzymywana jest do 7°C. Drugi sposób to usługa kurierska polegająca na dostarczeniu żywności od nadawcy do odbiorcy w temperaturze kontrolowanej od 0°C do +4°C. Dostawy w tej usłudze są realizowane szybko, bo w czasie nie dłuższym niż następnego dnia licząc od dnia nadania. W transporcie wykorzystuje się nowoczesne rozwiązania zapewniające monitoring łańcucha chłodniczego. Usługa ta jest dostępna tylko w niektórych dużych miastach.

Podsumowanie i wnioski

Zwiększająca się rola zakupów internetowych sprawia, że ten kanał staje się coraz istotniejszy w strategiach sprzedaży przedsiębiorstw oferujących na rynku produkty żywnościowe. Sprzedaż internetowa ma coraz większy wpływ na funkcjonowanie łańcuchów dostaw produktów żywnościowych. Na skutek rozwoju handlu elektronicznego zauważalne są zmiany w dystrybucji produktów żywnościowych. Zaobserwować można zmiany w funkcjach realizowanych w kanałach dystrybucji przez poszczególne podmioty. Rozwój sprzedaży internetowej produktów żywnościowych indywidualnym konsumentom sprawił, że wzrosło również znaczenie dostaw ostatniej mili do domów nabywców.

Przeprowadzone badania pokazują, że internetową sprzedaż detaliczną produktów żywnościowych w postaci sklepów internetowych prowadzą różnego typu e-detalisci. Zaliczyć można do nich nie tylko przedsiębiorstwa specjalizujące się w handlu detalicznym, ale również producentów rolnych i przetwórców oraz różne podmioty działające na szczeblu handlu hurtowego, którymi są hurtownie, dystrybutorzy zaopatrujący w towary inne instytucje, importerzy działający na rynku produktów żywnościowych. Stosowane metody dostaw są zróżnicowane i uzależnione od typu modelu *e-tailingu*, wielkości przedsiębiorstwa oraz od specyficznych cech produktów sprzedawanych w sklepie internetowym produktów.

Z uwagi na niedużą próbę 12 e-sklepów z produktami żywnościowymi, wyników badań nie można uogólniać na populację sklepów internetowych z produktami żywnościowymi w całym kraju. Jednakże jak pokazała analiza metod dostaw, przedsiębiorstwa reprezentujące poszczególne typy *e-tailingu* wykazują w tym względzie podobieństwa, które wymagają dalszych pogłębionych badań na większej próbie.

Więksi badani e-detalisci typu *pure play* wykonują dostawy do klientów własnym transportem. Dzięki temu utrzymują dużą kontrolę nad procesem dostawy i mogą zapewnić klientom możliwość wyboru dokładnego terminu dostawy wraz z określeniem przedziału godzinowego. Ich samochody dostawcze są przystosowane do transportu produktów żywnościowych wymagających określonej temperatury. Dostawy własnym transportem są jednak tylko możliwe w dużych miastach. W przypadku dostaw do nabywców w całym kraju korzystają z usług wyspecjalizowanych w transporcie pośredników jakimi są kurierzy, również w zakresie transportu produktów wymagających obniżonej temperatury.

Również sklepy internetowe tworzone przez hurtowników dostarczają indywidualnym klientom produkty własnymi środkami transportu. Jednak zasięg tej metody jest także ograniczony do dużych miast, w których te hurtownie działają. Hurtownie te mają możliwość w sprzedaży internetowej wykorzystać swoją bazę magazynową i transportową, dzięki czemu możliwa jest również dostawa produktów w warunkach chłodniczych. Z kolei w przypadku dostaw do klientów w całym kraju za pośrednictwem kuriera w badanych sklepach niedostępne były produkty wymagające warunków chłodniczych.

Badani e-detalisci typu *click-and-mortar* wykonują dostawy do klientów własnym transportem. Duże przedsiębiorstwo wykorzystuje swoją rozbudowaną bazę logistyczną oraz lokalizację wielu swych sklepów do zapewniania dostaw produktów żywnościowych zakupionych w Internecie. Przedsiębiorstwo to dostarcza własnym transportem wyposażonym w chłodziarki produkty w wielu dużych miastach oraz ich okolicach. Dzięki lokalizacji swych sklepów umożliwia również odbiór własny z tych sklepów produktów zakupionych w Internecie. Badanie pokazało również aktyw-

ność mniejszych sklepów stacjonarnych w zakresie sprzedaży internetowej. Obydwie badane przedsiębiorstwa typu *click-and-mortar* nie korzystały w dostawach żywności z firm kurierskich. Pomimo że badaniu zostało poddanych tylko dwóch e-detalistów typu *click-and-mortar* to można przypuszczać, że polskie sklepy prowadzące sprzedaż stacjonarną i jednocześnie internetową produktów świeżych i wymagających odpowiednich warunków termicznych transportu starają się opierać dostawy do klientów na posiadanych przez siebie środkach transportu.

Badane przedsiębiorstwa produkcyjne prowadzące sprzedaż detaliczną dla konsumentów realizują dostawy swych produktów głównie za pośrednictwem kurierów. Używają oni sprzedaży bezpośredniej przez Internet jako głównego kanału zbytu produkowanych przez siebie produktów. Bezpośrednia sprzedaż przez Internet zapewnia im omijanie pośredników w kanale dystrybucji. Dostawy ich produktów są uzależnione od jakości usług kurierskich. Istotną rolę odgrywa tu ścisła współpraca z firmą kurierską, która potrafi dostarczyć szybko psujące się produkty żywnościowe w odpowiedniej temperaturze i czasie.

Strategie dostaw wśród badanych firm były zróżnicowane pod względem metod dostaw. Ceny za dostawy były zróżnicowane między sklepami internetowymi również w przypadku tych samych firm kurierskich. Sklepy internetowe również uzależniały ceny dostaw od wartości zakupów. Badane firmy często korzystały również z rozwiązań odbioru własnego produktów przez klientów, co zapewniało klientom niższe ceny dostawy. Jednakże żadna z badanych firm nie korzystała z lodówkomatów, co pokazuje, że rozwiązanie to jest we wczesnej fazie rozwoju w handlu elektronicznym produktami żywnościowymi.

Bibliografia

- Ali I., Khan A., Ranjan S., 2019: Online Grocery Shopping: Factors Influencing Customer Satisfaction, *Journal Of Composition Theory*, 12(12), 1090–1099.
- Boichuk N., 2022: Logistyka ostatniej mili jako najdroższy odcinek łańcucha dostaw. [w:] S. Konecka i A. Łupicka (red.), *Logistyka gospodarki światowej*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, Poznań, 123–133. <https://doi.org/10.18559/978-83-8211-106-4/9>
- Boyer K., Hult T., 2005: Extending the supply chain: Integrating operations and marketing in the online grocery industry, *Journal of Operations Management*, 23(6), 642–661.
- Gemius, 2022: E-commerce w Polsce 2022. Raport firmy Gemius [źródło elektroniczne] <https://www.iab.org.pl> [dostęp: 10.09.2022].
- Gevaers R., Van De Voorde E., Van Elslander T., 2014: Cost modelling and simulation of last mile characteristics in an innovative B2C supply chain environment with implications on urban areas and cities, *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 125, 398–411.
- Grzybowska-Brzezińska M., Rudzewicz A., 2016: Handel elektroniczny artykułami żywnościowymi z perspektywy klienta, *Problemy Zarządzania*, 1(57), 166–175. <https://doi.org/10.7172/1644-9584.57.10>
- Iwińska-Knop K., Skurpel D., 2015: Handel hybrydowy w umacnianiu pozycji rynkowej supermarketów w Polsce, *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Problemy Zarządzania, Finansów i Marketingu*, 41(2), 459–471. <https://doi.org/10.18276/pzfm.2015.41/2-37>

- Kazmierczak M., Szymczyk J., 2021: Rozwój e-commerce w Polsce i jego wpływ na logistykę (cz. 2). *Gospodarka Materialowa i Logistyka*, 4, 50–61. <https://doi.org/10.33226/1231-2037.2021.4.6>
- Mitra D., Fay S., 2010: Managing service expectations in online markets: a signaling theory of e-tailer pricing and empirical tests, *Journal of Retailing* 86(2), 184–199.
- Neuendorf K.A., 2002: *The Content Analysis Guidebook*, Sage Publications, Thousand Oaks.
- Ring L., Tigert D., 2001: Viewpoint: the decline and fall of internet grocery retailers, *International Journal of Retail & Distribution Management*, 29(6), 264–271. <https://doi.org/10.1108/09590550110393956>
- Tarasiuk W., Dłużniewska J., 2021: Wpływ pandemii COVID-19 na rozwój sektora e-commerce w Polsce, *Akademia Zarządzania*, 5(2), 198–211.
- Turban E., 2006: *Electronic Commerce 2006. A Managerial Perspective*, Pearson Education.
- Weber-Snyman A., Badenhorst-Weiss J., 2016: Challenges in last mile logistics of e-grocery retailers: A developing country perspective, *Conference: The International Purchasing and Supply Education and Research Association (IPSERA)*, [źródło elektroniczne] <https://www.researchgate.net> [dostęp: 12.09.2022].
- Xing Y., Grant D., 2006: Developing a framework for measuring physical distribution service quality of multi-channel and pure player internet retailers, *International Journal of Retail & Distribution Management*, 34(4/5), 278–289. <https://doi.org/10.1108/09590550610660233>
- Zielińska E., Siedlecka S., 2018: Kryteria oceny jakości usług kurierskich w Polsce, *Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe*, 19(6), 987–991. <https://doi.org/10.24136/atst.2018.215>

Martyna Wilczewska✉

Politechnika Białostocka

Rozwój systemów kolejowego transportu pasażerskiego w krajach Grupy Wyszehradzkiej i krajach bałtyckich*

The development of passenger rail transport systems in the Visegrád and Baltic countries

Synopsis. Celem badania była ocena rozwoju krajowych systemów kolejowego transportu pasażerskiego Estonii, Łotwy, Litwy, Polski, Czech, Słowacji i Węgier na tle rezultatów osiągniętych na poziomie całej UE w kontekście realizacji europejskich celów związanych ze zrównoważeniem europejskiego systemu transportowego. Badanie obecnego stanu oraz przyszłych perspektyw rozwoju europejskiego systemu transportu kolejowego stanowi istotne zagadnienie badawcze, szczególnie w kontekście przemian zachodzących w europejskim systemie transportowym. W badaniu zastosowano metodę TOPSIS, przy wykorzystaniu danych statystycznych publikowanych przez Eurostat, Komisję Europejską oraz IRG-Rail. W jej wyniku zbudowano cztery rankingi odzwierciedlające relatywne rezultaty osiągnięte przez systemy transportowe analizowanych krajów w latach 2005, 2010, 2015 i 2020. Wyniki badania wskazują, że w latach 2005 i 2010 jedynie Czechy i Węgry osiągały rezultaty powyżej średniej UE, w 2015 i 2020 roku natomiast udało się to również Słowacji. W analizowanym okresie cztery spośród siedmiu krajów (oprócz Węgier, Łotwy i Litwy) notowały regularny postęp aż do roku 2015, po czym w 2020 roku nastąpiła stagnacja lub spadek względnych rezultatów wszystkich krajów poza Węgrami. Przesunięcie modalne na transport kolejowy ma być jednym z kluczowych środków mających umożliwić realizację europejskich polityk dotyczących zrównoważonego rozwoju i osiągnięcie do 2050 roku neutralności klimatycznej, co czyni badanie tej gałęzi transportu istotnym narzędziem wspierania podejmowania decyzji rozwojowych.

Słowa kluczowe: kolejowy transport pasażerski, Grupa Wyszehradzka, kraje bałtyckie, Europejski Zielony Ład, TOPSIS

✉ Martyna Wilczewska – Politechnika Białostocka; Szkoła Doktorska Politechniki Białostockiej; e-mail: martyna.wilczewska@sd.pb.edu.pl; <https://orcid.org/0000-0001-9553-6737>

*Badania zostały zrealizowane w ramach pracy nr WI/WIZ-INZ/8/2022 w Politechnice Białostockiej i sfinansowane z subwencji badawczej przekazanej przez ministra właściwego do spraw nauki.

Abstract: The purpose of this study is to assess the development of the national passenger rail transport systems of Estonia, Latvia, Lithuania, Poland, Czechia, Slovakia and Hungary against the results achieved at the EU-wide level in the context of the achievement of European goals related to the sustainability of the European transport system. The study of the current status and future prospects of development of the European rail transport system is an important research issue, especially in the context of the changes taking place in the European transport system. The TOPSIS method was applied to the study, using statistical data published by Eurostat, the European Commission and IRG–Rail. As a result, four rankings were constructed, reflecting the relative performance of the transport systems of the analyzed countries in 2005, 2010, 2015 and 2020. The results of the study indicate that in 2005 and 2010 only Czechia and Hungary performed above the EU average, while in 2015 and 2020 Slovakia also managed to do so. During the analyzed period, four of the seven countries (except Hungary, Latvia and Lithuania) recorded regular progress until 2015, followed by a stagnation or decline in the relative performance of all countries except Hungary in 2020. The modal shift to rail is expected to be one of the key measures to enable the implementation of European sustainable development policies and achieve climate neutrality by 2050, making the study of this mode of transport an important tool to support the development-related decision-making.

Keywords: rail passenger transport, Visegrád Group, Baltic states, European Green Deal, TOPSIS

Kody JE: C38, L92, R40

Wstęp

Transport oraz mobilność stanowią nieodłączną część życia człowieka i rozwoju świata, a także przedmiot intensywnych badań naukowych. W ostatnim stuleciu nastąpiło bezprecedensowe przyspieszenie powstawania wzajemnych powiązań między różnymi obszarami geograficznymi świata. Na skutek postępującej globalizacji różnego rodzaju przepływy wykraczające poza zakres krajowy (np. ludzie, towary, kapitał, informacje), wcześniej rozdrobione, zaczęły stopniowo tworzyć wspólną sieć. Powstawanie globalnych łańcuchów wartości może mieć zarówno pozytywne, jak i negatywne skutki [Cala-tayud i in. 2016]. Rezultaty badań zdają się potwierdzać tezę że wysokiej klasy system transportowy, oparty na nowoczesnej infrastrukturze, jest ważny dla dobrze prosperującej gospodarki [Saidi i in. 2020]. Rozwój nowoczesnych, rozległych i skomplikowanych systemów transportowych obarczony jest jednak różnego rodzaju wyzwaniami, stawienie czoła, którym jest zadaniem wymagającym międzynarodowej współpracy. Kraje powinny zachować równocześnie równowagę pomiędzy współpracą z innymi państwami (w celu stworzenia wspólnej, sprawnej sieci) a konkutowaniem z nimi (w sytuacji istnienia sprzecznych interesów).

Celem badania była ocena rozwoju systemów kolejowego transportu pasażerskiego Estonii, Łotwy, Litwy, Polski, Czech, Słowacji i Węgier na tle rezultatów osiągniętych na poziomie całej UE. Osiągnięcie wymienionego celu było możliwe dzięki analizie historycznych danych statystycznych pochodzących z baz danych Eurostatu, Komisji Europejskiej oraz IRG-Rail określających w ilościowy sposób realizację kolejowego

transportu pasażerskiego w krajach UE. Proces analizy danych został przeprowadzony z wykorzystaniem metody TOPSIS. Jej zastosowanie umożliwiło stworzenie czterech rankingów odzwierciedlających relatywne rezultaty, jakie dany kraj osiągnął w latach 2005, 2010, 2015 oraz 2020 w porównaniu do pozostałych sześciu krajów oraz średniej unijnej pod względem funkcjonowania kolejowego transportu pasażerskiego. Pozwoliło to na przeanalizowanie, jak w kolejnych latach zmieniały się pozycje poszczególnych krajów na tle innych, a co za tym idzie – który z krajów najbardziej dynamicznie rozwijał swoją sieć transportu pasażerskiego.

Analizowane państwa dołączyły do Wspólnoty w ramach piątego jej rozszerzenia w 2004 roku, co stanowiło znaczny impuls dla rozwoju ich gospodarek, ale oznaczało również konieczność podążania za unijnymi wytycznymi i wypełniania różnorodnych celów stawianych przed krajami członkowskimi. W tym kontekście szczególnie interesujące tło badań stanowi polityka transportowa UE, ukierunkowana w ostatnich latach na rozwój zrównoważonego transportu i dążenie do jego zerowej emisyjności. Do realizacji tego celu przyczynić się mają wszystkie kraje UE, w szczególności jednak będzie to stanowić wyzwanie dla państw Europy Środkowo-Wschodniej, których systemy transportowe wciąż wymagają znacznych nakładów na ich modernizację i dostosowanie do poziomu krajów Europy Zachodniej. Biorąc pod uwagę opisane tło, badanie stanu i tempa rozwoju systemów transportowych krajów bałtyckich i krajów Grupy Wyszehradzkiej (V4) wydaje się tym istotniejszym i wartym eksplorowania wyzwaniem badawczym.

Pozostała część niniejszego opracowania jest zorganizowana w następujący sposób: kolejna sekcja zawiera opis kontekstu badawczego opracowany na podstawie przeglądu literatury dotyczącej historii, stanu i planów rozwoju europejskiego systemu transportu kolejowego, a także miejsca krajów bałtyckich i V4 w tym systemie. Następnie przedstawiono cel badań oraz metodykę umożliwiającą jego osiągnięcie. W kolejnej sekcji zaprezentowano uzyskane rezultaty badania oraz przeprowadzono ich dyskusję. Artykuł kończy podsumowanie badań i ich wyników. Jego integralną część stanowi również obszerny spis wykorzystanych pozycji literaturowych.

Kontekst badawczy

Budowa i rozwój nowoczesnych systemów transportowych wiąże się z koniecznością zmierzenia się z wieloma wyzwaniami i problemami. Wśród nich autorzy publikacji wymieniają m.in. sprostanie stale rosnącemu popytowi na usługi transportowe [European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport 2022a], utrzymanie jakości infrastruktury, konieczność pokonywania znacznych dystansów [Calatayud i in. 2016], poprawę koordynacji polityki różnych krajów, zniwelowanie niedostatków technologicznych [Granger i Kosmider 2016] czy zapewnienie dostępności systemu [Blainey i in. 2012]. Ważnym wyzwaniem jest również budowa i rozwój systemów uwzględniających aspekt zrównoważonego rozwoju: korzystających z technologii oszczędzających zasoby oraz opartych na środkach transportu uznawanych za przyjazne środowisku, czyli transporcie kolejowym lub wodnym. Stawienie czoła wymienionym wyzwaniom wydaje się zadaniem wymagającym międzynarodowej współpracy dla osiągnięcia wspólnego celu, czego efektem jest powstawanie globalnych inicjatyw transportowych.

Na gruncie europejskim plany stworzenia wspólnego systemu transportowego sięgają traktatu rzymskiego z 1957 roku, jednak pierwszy znaczący krok na drodze do realizacji tych planów wyznaczyło wydanie w 1992 roku pierwszej europejskiej białej księgi transportu. Dokument ten zawierał plan strategii rozwoju systemów transportowych krajów członkowskich UE (m.in. w aspektach standardów technicznych, intermodalności, bezpieczeństwa czy wpływu na środowisko), których realizacja miała ostatecznie doprowadzić do stworzenia „jednolitej sieci dla jednego rynku” [Commission of the European Communities 1992]. Wydanie białej księgi dało podstawy do sformułowania w 1996 roku wytycznych i kluczowych elementów wspólnej sieci kolejowej oraz drogowej – Transeuropejskiej Sieci Transportowej (ang. *Trans-European Transport Network* – TEN-T) [Fleischer 2016]. Jednocześnie podjęto prace nad koncepcją rozszerzenia planowanej sieci transportowej o kraje Europy Wschodniej, których akcesję do UE władze Wspólnoty uznały za kwestię czasu, i wyznaczono przebieg paneuropejskich korytarzy transportowych [Fleischer 2009]. W kolejnej białej księdze wydanej w 2001 roku i zaktualizowanej w 2006 roku przedstawiono wizję rozwoju integrującego się europejskiego systemu transportowego, opartego na równowadze wykorzystania różnych środków transportu i skupionego na potrzebach użytkownika [Commission of the European Communities 2001]. Z kolei w trzeciej, najnowszej białej księdze z 2011 roku, silny nacisk położono na kwestie środowiskowe, podkreślając potrzebę dążenia europejskiego systemu transportowego do znacznego obniżenia emisyjności (nawet o 60% do 2050 roku), oraz na rolę, jaką odegra w realizacji tych planów transport kolejowy [Komisja Europejska 2011].

Wizja rozwoju europejskiego systemu transportowego przedstawiana w kolejnych białych księgach była przez władze UE przekuwana na obowiązujące wytyczne i przepisy. Do ich sumiennej realizacji zobowiązane były kraje członkowskie UE, a więc – od 2004 roku – również kraje bałtyckie i V4. Jednak już na długo przed akcesją do UE, podczas trwającego wiele lat procesu akcesyjnego, kraje kandydujące wspólnie z władzami UE pracowały nad dostosowaniem stanu ich krajowych systemów transportowych do standardów europejskich. Pomoc ze strony UE obejmowała wsparcie w planowaniu priorytetów infrastrukturalnych oraz w finansowaniu ich realizacji [Fleischer 2016, Czech 2021]. Jednak zasadnicza część odpowiedzialności za realizację tych działań spoczywała na krajach członkowskich. Jednym z ważnych wyzwań stojących przed państwami bałtyckimi oraz V4 była konieczność rozbudowy krajowych sieci transportu kolejowego, zarówno pod względem ilościowym (długość linii kolejowych, liczba kolejowych przejść granicznych), jak i jakościowym (stopień elektryfikacji sieci, warunki do wdrożenia kolei szybkich prędkości, jakość przepływu informacji). Kolejne wyzwanie stanowił fakt, że dominującym kierunkiem istniejących połączeń był kierunek wschód-zachód, ze względu na uwarunkowane historycznie powiązania gospodarcze ze Związkiem Radzieckim [Schürmann 2013, Maskeliūnaitė 2021], brakowało natomiast połączeń na linii północ-południe. Innym przykładem przynależności do grupy państw bloku wschodniego było stosowanie przez kraje bałtyckie szerokiego rozstawu szyn kolejowych (tzw. rozstawu rosyjskiego 1520 mm), różniącego się od stosowanego w Europie rozstawu 1435 mm [Czerewacz-Filipowicz 2019]. Jednak, mimo że proces integracji europejskiej krajów bałtyckich i V4 obejmował wiele trudnych i kosztownych wyzwań, zarówno dane staty-

styczne dotyczące inwestycji [Czech 2021, OECD Data 2022], jak i wyniki badań empirycznych [Górniak 2014, Nazarko i in. 2017] potwierdzają poprawę jakości infrastruktury kolejowej tych krajów.

Kraje bałtyckie i kraje V4 położone są wzdłuż osi północ-południe w Europie Środkowo-Wschodniej, a ich wschodnie granice, z wyjątkiem czeskiej, wyznaczają zewnętrzną granicę UE. W wyniku obowiązującej obecnie rewizji przebiegu korytarzy sieci TEN-T z 2013 roku, przez terytoria analizowanych krajów przebiegają dwa z dziewięciu bazowych korytarzy TEN-T: korytarz Bałtyk – Adriatyk na kierunku północ-południe oraz korytarz Morze Północne – Bałtyk, łączący kraje bałtyckie z zachodem Europy [Rozporządzenie... 2013]. W 2021 roku Komisja Europejska rozpoczęła prace nad nową regulacją, uwzględniającą zmiany priorytetów rozwoju sieci. Zaproponowano nowy przebieg korytarzy bazowych oraz komplementarnych, w tym dodanie do sieci korytarza bazowego Bałtyk – Morze Czarne – Morze Egejskie przebiegającego przez terytoria części analizowanych krajów [Rozporządzenie... 2021]. Jednak jeszcze przed ostatecznym zakończeniem prac nad wnioskiem z 2021 roku został on w 2022 roku zastąpiony nową propozycją, uwzględniającą sytuację geopolityczną w Europie (m.in. poprzez rozszerzenie planów sieci europejskiej o terytoria Ukrainy i Mołdawii czy też zmniejszenie priorytetu rozwoju fragmentów sieci łączących Europę z Rosją i Białorusią) [Zmieniony wniosek..., 2022]. Wniosek z 2022 roku oczekuje obecnie na pierwsze czytanie w Parlamencie Europejskim (stan na 12.12.2022). Poza wspomnianymi korytarzami bazowymi sieci TEN-T, na terytoriach krajów bałtyckich i V4 znajdują się również ważne z punktu widzenia europejskiego systemu transportowego elementy infrastruktury punktowej, m.in. porty morskie (w Gdańsku, Rydze oraz Tallinie). Zalety położenia geograficznego krajów bałtyckich i V4 takie jak bliskość granicy unijnej, dostęp do Morza Bałtyckiego czy dostęp do dwóch rozstawów torów kolejowych, można stwierdzić, że odgrywają ważną rolę zarówno w tranzycie północ-południe, jak i wschód-zachód w europejskim i eurazjatyckim systemie transportowym.

Znaczną część wstępnych celów rozwoju systemu transportowego Europy wyznaczoną w pierwszych białych księgach udało się, według władz UE, przynajmniej częściowo osiągnąć [Commission of the European Communities 2001, Komisja Europejska 2011]. Dzięki wspólnym wysiłkom państw członkowskich UE udało się osiągnąć m.in. zakładany poziom otwarcia się rynku transportowego, obniżenie cen dla użytkowników przy jednoczesnym zwiększeniu jakości i wyboru usług, a także wzrost poziomu bezpieczeństwa systemu. Obecnie nadrzędnym celem UE w zakresie transportu zdaje się być rozwój zrównoważonej mobilności, której priorytet i znaczenie dla przyszłości europejskiego systemu transportowego podkreślano już w białej księdze z 2011 roku, a także w obecnie realizowanej polityce UE. Zgodnie z założeniami Europejskiego Zielonego Ładu (ang. *European Green Deal*) cała Wspólnota ma ograniczyć emisje gazów cieplarnianych o minimum 55% do 2030 roku, a do 2050 roku osiągnąć neutralność klimatyczną, m.in. dzięki modernizacji systemu zapewnienia żywności w UE, rozwojowi gospodarki o obiegu zamkniętym czy też upowszechnianiu odnawialnych źródeł energii, ale również dzięki dekarbonizacji sektora transportu [Rada Europejska 2022a]. Wśród środków które mają umożliwić realizację tego ostatecznego ambitnego planu, kluczowym wydaje się być przesunięcie modalne na kolej, zarówno w obszarze transportu pasażerskiego, jak i towarowego. Plany zakładają znaczne zwiększenie

roli transportu kolejowego w transporcie ładunków (nawet do 75%) i pasażerów przy jednoczesnym znacznym zwiększeniu niezawodności, dostępności i bezpieczeństwa systemu [Rada Europejska 2022b]. Aby umożliwić taką skalę transformacji europejskiego systemu transportowego, władze UE zapewniają państwom członkowskim wsparcie organizacyjne i informacyjne (m.in. poprzez inicjatywy takie jak Europejski Rok Kolei 2021 [Komisja Europejska 2022, Rada Europejska 2022c]), ale również, a może przede wszystkim, różnorodne mechanizmy finansowe wspomagające realizację inwestycji. Według danych OECD w latach 2000–2020 kraje UE (z wyłączeniem Wielkiej Brytanii) przeznaczyły ponad 649 miliardów EUR na inwestycje w infrastrukturę transportu kolejowego [OECD Data 2022]. Zostały one zrealizowane w ramach programów takich jak Łącząc Europę – ukierunkowanego na wsparcie realizacji inwestycji infrastrukturalnych w transport i łączność, czy też Fundusz Spójności, którego celem jest zmniejszanie różnic w rozwoju na poziomie państw członkowskich UE.

Mimo znacznego wsparcia organizacyjnego i finansowego ze strony UE, realizacja planów rozwoju europejskiego systemu transportowego stanowi wyzwanie dla całej Wspólnoty. W szczególności wyzwanie to dotyczy krajów Europy Środkowo-Wschodniej, w tym krajów bałtyckich oraz V4. Stanowią one ważne ogniwo europejskiego systemu transportowego, a ich krajowe systemy transportu rozwinęły się znacznie dzięki integracji z systemem europejskim. Jednak w celu spełnienia ambitnych celów UE w zakresie zrównoważonego transportu, systemy transportowe tych krajów bez wątpienia wciąż wymagać będą znacznej rozbudowy zarówno pod względem ilościowym, jak i jakościowym. Ze względu na wymienione okoliczności rozwoju systemów transportowych krajów bałtyckich i V4, zdaniem autorki systemy te stanowią ważny i ciekawy obiekt badań naukowych. Rezultaty przeglądu badań innych autorów również zdają się potwierdzać zainteresowanie tym tematem.

Wśród opracowań dotyczących opisanego kontekstu badawczego wymienić można pracę Schürmanna [2013], który przeanalizował strukturę dostępności transportowej krajów bałtyckich, biorąc pod uwagę wskaźniki zróżnicowane pod względem środka transportu (drogowy, kolejowy), jak i celu podróży (np. dostępność miejsc pracy, odległość od najbliższego szpitala). W swoim badaniu autor uwzględnił również planowany rozwój infrastruktury transportowej państw bałtyckich w ramach systemu TEN-T oraz przeanalizował, w jaki sposób realizacja tych planów wpłynie na poprawę zdiagnozowanej sytuacji. Dolinayova i Dömény [2022] z kolei ocenili efektywność świadczenia usług transportu kolejowego w krajach V4 z perspektywy unijnego prawa obowiązku świadczenia usług publicznych (ang. *public service obligation* – PSO). Za pomocą metody DEA i modelu uwzględniającego czynniki takie jak wydajność operacyjna, liczba przetransportowanych pasażerów czy wydatki publiczne na usługi PSO, autorzy zbadali względną efektywność świadczenia usług PSO w porównywanych krajach V4. Z rezultatów badań wynika, że kraje, w których funkcjonuje scentralizowany system przyznawania PSO (Węgry, Słowacja), osiągnęły zauważalnie niższe wyniki niż kraje z systemem zdecentralizowanym (Polska, Czechy). Kolejne badania związane z rozwojem systemów transportowych przeprowadził Stawicki [2018], który zbadał strukturę finansowania projektów transportowych w Polsce, Litwie i Łotwie z wykorzystaniem funduszy strukturalnych UE. Autor dokonał klasyfikacji zrealizowanych projektów, zidentyfikował głównych beneficjentów finansowania oraz wyliczył udział środków przyznanych na rozwój infrastruktury trans-

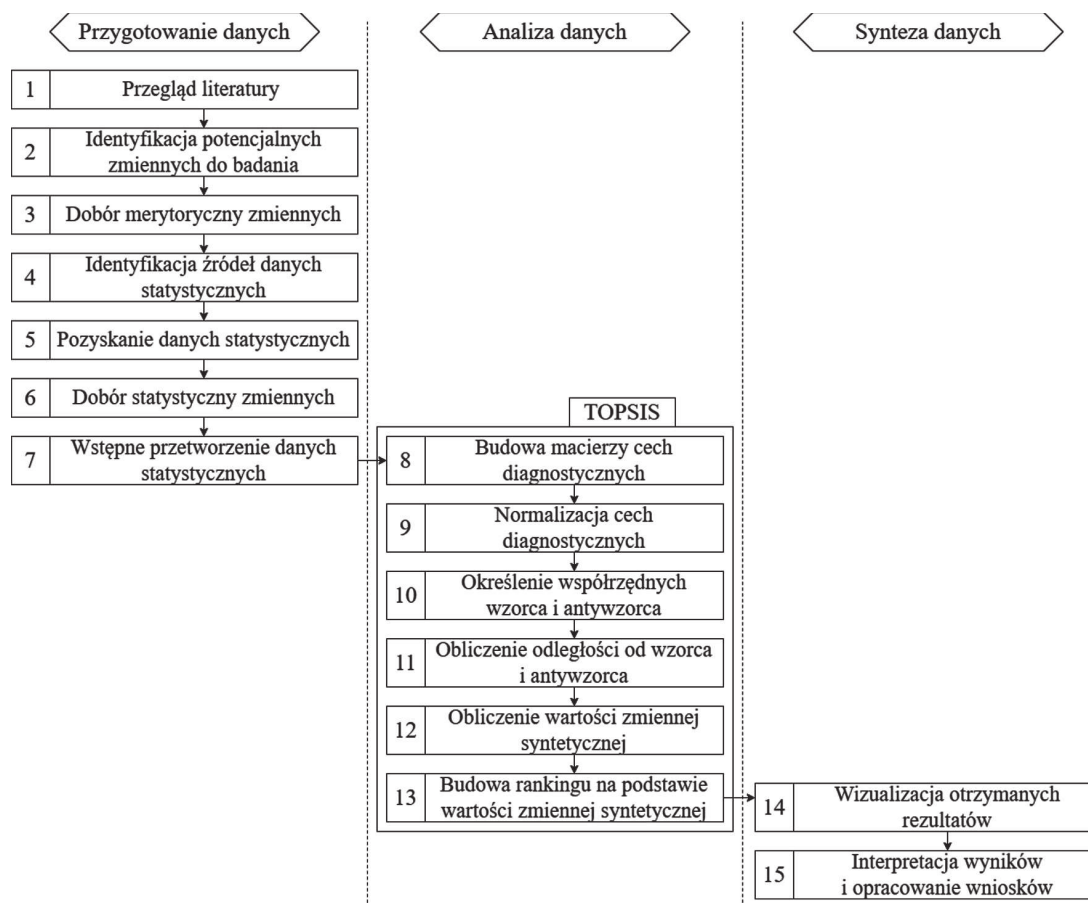
portowej w ogólnej sumie dofinansowania dla poszczególnych krajów. Wnioski i rekomendacje autora zawierały porównanie rezultatów osiągniętych przez kraje uwzględnione w badaniu oraz ocenę tego, jak przyznane fundusze wpłynęły na rozwój krajowych systemów transportowych.

Dokonany przegląd literatury pozwolił dostrzec kilka wartych eksplorowania luk badawczych. Wśród szerokiej gamy badań dotyczących systemów transportowych krajów bałtyckich i krajów V4, autorzy najczęściej rozgraniczają obie grupy (np. kraje bałtyckie [Schürmann 2013], kraje V4 [Tóth 2019, Dolinayova i Dömény 2022] czy też analizują pojedyncze kraje [Stawicki 2018, Maskeliūnaitė 2021]). Przykłady badań z innych obszarów badawczych, takich jak nauki polityczne [Ghica 2008], ekonomia [Hintosova i in. 2020] czy technologie informacyjne [Samoilenko i Osei-Bryson 2015], w których autorzy dokonali zestawienia i porównania wszystkich siedmiu krajów sugerują jednak, że przyjęcie tak określonego zakresu terytorialnego badania może przynieść interesujące rezultaty i stanowić cenny wkład do stanu wiedzy. Zauważono również, że brakuje badań obejmujących swoim zakresem rozwój systemów transportu kolejowego w krajach bałtyckich i krajach V4 w dłuższych okresach. Po dołączeniu tych krajów do grona państw członkowskich UE zauważalna była stopniowa poprawa stanu ich infrastruktury, a bliższe przyjrzenie się tempu rozwoju ich systemów kolejowego transportu pasażerskiego stanowi, zdaniem autorki, interesujące wyzwanie badawcze. Zaprezentowany kontekst stanowił tym samym motywację do przeprowadzenia niniejszych badań i określenia zarówno ich zakresu terytorialnego, jak i czasowego.

Metodyka badań i źródła danych

Dla uzyskania odpowiedzi na postawione pytania badawcze i osiągnięcia założonego celu zaprojektowano kilkietapowy proces badawczy, którego schemat przedstawiono na rysunku 1. Składał się on z trzech faz: (1) przygotowania danych, (2) ich analizy oraz (3) syntezy uzyskanych wyników.

W fazie pierwszej (etapy 1–7) należało zidentyfikować i pozyskać dane liczbowe odzwierciedlające stan systemów kolejowego transportu pasażerskiego krajów UE. W tym celu dokonano przeglądu materiałów źródłowych obejmujących politykę UE, raporty branżowe oraz publikacje naukowe. Na tej podstawie zidentyfikowano grupę zmiennych opisujących w kompleksowy sposób realizację kolejowego transportu pasażerskiego w analizowanych krajach, zawierającą informacje na temat rezultatów działania systemów transportowych, ich jakości z perspektywy pasażerów, zakresu ich funkcjonowania, a także na temat stanu dostępnej infrastruktury. Następnie dokonano merytorycznej selekcji zmiennych na podstawie przyjętych kryteriów doboru. W kolejnym kroku zidentyfikowano wiarygodne źródła danych liczbowych, wśród których znalazły się bazy danych Eurostat oraz OECD, a także coroczne raporty „EU Transport in Figures” autorstwa Komisji Europejskiej oraz „Market Monitoring” autorstwa IRG-Rail. Dokonano także selekcji źródeł oraz pozyskano z nich dane liczbowe. Następnie dokonano statystycznego doboru zmiennych do badania. Ostatni krok w ramach fazy przygotowania danych stanowiło ich wstępne przetworzenie. Dane liczbowe zostały odniesione do populacji analizowanych krajów w celu zapewnienia ich porównywalności. Dokonano także uśrednienia danych obrazujących rezultaty całej UE. Realizacja fazy 1 umożliwiła przejście do fazy 2 badania.



Rysunek 1. Etapy procesu badawczego

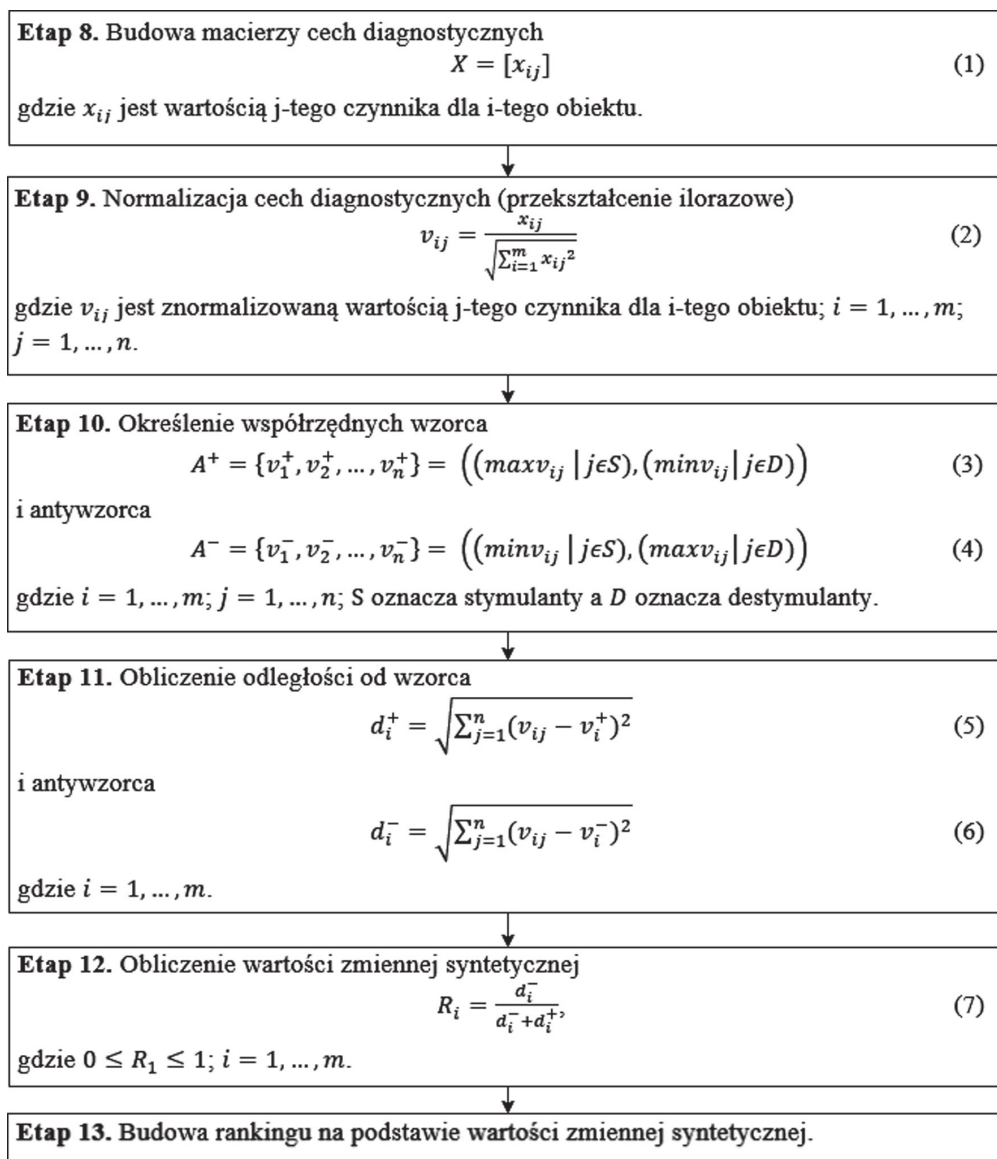
Figure 1. Steps of the research process

Źródło: opracowanie własne w programie draw.io.

Faza 2 (etapy 8–13) – analiza danych – polegała na obliczeniu i porównaniu rezultatów prezentujących poziom rozwoju systemu kolejowego transportu pasażerskiego w danym kraju na tle pozostałych sześciu krajów oraz średniej wszystkich krajów UE. Analizę wykonano z wykorzystaniem metody TOPSIS, co umożliwiło stworzenie czterech rankingów odzwierciedlających relatywne rezultaty, jakie dany kraj osiągnął pod względem funkcjonowania kolejowego transportu pasażerskiego w porównaniu do pozostałych sześciu krajów oraz średniej unijnej. Kroki 8–13 zostały powtórzone czterokrotnie, przy uwzględnieniu danych liczbowych za 2005 rok (po wstąpieniu krajów bałtyckich oraz V4 do UE), 2010, 2015 oraz 2020 (najnowsze dostępne dane). Pozwoliło to na przeanalizowanie, czy i w jaki sposób w kolejnych latach zmieniały się pozycje poszczególnych krajów na tle innych, a co za tym idzie – który z krajów najbardziej dynamicznie rozwijał swoją sieć transportu pasażerskiego.

Na rysunku 2 przedstawiono uszczegółowiony schemat postępowania w analizie TOPSIS [Hwang i Yoon 1981].

Metoda TOPSIS należy do metod porządkowania liniowego, zaliczanych do metod wielowymiarowej analizy porównawczej. Może być stosowana do rozwiązywania prob-



Rysunek 2. Opis realizacji etapów 8–13 badania opartych na metodzie TOPSIS

Figure 2. Description of the realization of steps 8–13 based on the TOPSIS method

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Hwang i Yoon 1981, Bąk 2016].

lemów obejmujących szeroki zakres alternatyw i kryteriów. Wykorzystywana jest ona do oceny i uszeregowania obiektów badawczych według ich bliskości do pozytywnych i negatywnych rozwiązań idealnych, czyli tzw. wzorca i antywzorca [Çelikbilek i Tüysüz 2020]. Metoda TOPSIS umożliwia opis złożonego zjawiska, którego nie można bezpośrednio zmierzyć, gdyż poziom badanego zjawiska wyrażany jest za pomocą syntetycznego wskaźnika, zwanego zmienną syntetyczną. Metoda ta została wykorzystana w wielu obszarach badawczych, w tym do oceny dostępności transportowej [Hawas i in. 2016, Khalili i in. 2020] oraz do oceny efektywności transportu [Zhang i in. 2018].

Ostatnia trzecia faza badania obejmowała przedstawienie uzyskanych wyników w formie wizualnej oraz dokonanie ich analizy i interpretacji (etapy 14–15).

Wyniki badań i dyskusja

W celu zbadania systemów pasażerskiego transportu kolejowego krajów bałtyckich i V4 w latach 2005, 2010, 2015 oraz 2020 oraz umożliwienia ich porównania do pozostałych krajów oraz do średniej osiągniętej w całej UE, w pierwszej kolejności zidentyfikowano i zgromadzono dane ilościowe, odzwierciedlające stan ocenianych systemów oraz rezultaty przez nie osiągnięte.

Na podstawie dokonanego przeglądu literatury (etap 1) zidentyfikowano zbiór zmiennych opisujących w kompleksowy sposób realizację kolejowego transportu pasażerskiego w krajach objętych analizą (etap 2). W tabeli 1 przedstawiono listę zmiennych zidentyfikowanych na podstawie przeglądu literatury, wraz ze źródłami.

Tabela 1. Zmienne opisujące krajowe systemy kolejowego transportu pasażerskiego
Table 1. Variables describing countries' rail passenger transport system

Nr	Zmienna	Źródło
1	Liczba przewiezionych pasażerów	Dolinayova i Dömény [2022], Urząd Transportu Kolejowego [2021]
2	Praca przewozowa w transporcie pasażerskim*	IRG-Rail [2021], Polok i in. [2016], Urząd Transportu Kolejowego [2021]
3	Praca eksploatacyjna w transporcie pasażerskim**	Dolinayova i Dömény [2022], IRG-Rail [2021], Urząd Transportu Kolejowego [2021]
4	Średnia długość podróży	Seidenglanz i in. [2021], Urząd Transportu Kolejowego [2021]
5	Punktualność pociągów pasażerskich	Blainey i in. [2012], IRG-Rail [2021], Commission of the European Communities [2001]
6	Liczba wypadków w transporcie pasażerskim	Komisja Europejska [2011], Commission of the European Communities [2001]
7	Długość linii kolejowych	Aparicio [2017], Dolinayova i Dömény [2022], Komisja Europejska [2011]
8	Długość zelektryfikowanych linii kolejowych	Komisja Europejska [2011], Ruvio i in. [2022]
9	Liczba pojazdów transportu pasażerskiego	Urząd Transportu Kolejowego [2021]
10	Liczba stacji transportu pasażerskiego	Blainey i in. [2012], Urząd Transportu Kolejowego [2021]
11	Poziom stawek za dostęp do infrastruktury	Commission of the European Communities [1992], Nash [2008]
12	Udział kolei w przewozach pasażerskich	Aparicio [2017], Commission of the European Communities [2001]
13	Liczba usługodawców transportu pasażerskiego	Komisja Europejska [2011], Nash [2008], Tóth [2019]

*praca przewozowa – wyrażana w pasażerokilometrach; **praca eksploatacyjna – wyrażana w pociągokilometrach [Urząd Transportu Kolejowego, 2021].

Źródło: opracowanie własne.

Zbiór zmiennych uwzględniał miary odzwierciedlające rezultaty działania systemów kolejowego transportu pasażerskiego (zmienne 1–3), jakość funkcjonowania systemów z perspektywy pasażera (zmienne 4–6), stan infrastruktury kolejowego transportu pasażerskiego (zmienne 7–11), a także zakres funkcjonowania systemów (zmienne 12–13).

Kolejnym krokiem, po identyfikacji zbioru zmiennych, był ich dobór merytoryczny (etap 3), w celu zapewnienia wysokiej jakości zbioru zmiennych opisujących analizowane obiekty, a tym samym, w celu zapewnienia wiarygodności wyników badania [Jarocka 2013]. Podczas procesu doboru merytorycznego kierowano się kryteriami takimi jak mierzalność i porównywalność (tj. czy zmienna może być wyrażona liczbowo dla całego kraju), trafność (tj. czy zmienna odpowiada zakresowi badania) oraz adekwatność (tj. czy wartość informacyjna zmiennej jest istotna w przyjętym zakresie badania). Na podstawie kryterium mierzalności i porównywalności zdecydowano o wykluczeniu zmiennych 5. Punktualność pociągów pasażerskich oraz 10. Liczba stacji transportu pasażerskiego, z uwagi na znaczną fragmentaryczność publikowanych informacji oraz, w przypadku zmiennej 5., ich formę (dostępne dane przedstawiają najczęściej procentowy wzrost punktualności rok do roku, co znacznie ogranicza możliwość dokonywania porównań między krajami). Następnie na podstawie kryteriów trafności i adekwatności zdecydowano o wykluczeniu zmiennych: 4. Średnia długość podróży, 11. Poziom stawek za dostęp do infrastruktury oraz 13. Liczba usługodawców transportu pasażerskiego. Uznano, że pomimo iż trzy wymienione zmienne dotyczą krajowych systemów kolejowego transportu pasażerskiego, to jednak wykraczają one poza zakres badania i jedynie do pewnego stopnia pozwalają na pozytywne lub negatywne zróżnicowanie analizowanych krajów. Następnie na podstawie kryterium adekwatności zdecydowano o wykluczeniu zmiennej 6. Liczba wypadków w transporcie pasażerskim. Uznano, że choć informacja o relatywnym bezpieczeństwie podróżowania koleją ma wysoką wartość informacyjną w przyjętym kontekście badania, to jednak dostępne dane statystyczne o liczbie ofiar wypadków w transporcie kolejowym nie mogłyby pozwolić na pozytywne lub negatywne zróżnicowanie krajów objętych analizą. Powodem tego stanu jest relatywnie bardzo wysoki poziom bezpieczeństwa transportu kolejowego – w kolejnych latach w większości krajów UE liczba ofiar wypadków kolejowych wynosiła 0 [European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport 2022].

Na podstawie przeprowadzonego procesu doboru merytorycznego zmiennych wyselekcjonowano do badania listę siedmiu zmiennych. W tabeli 2 przedstawiono listę tych zmiennych wraz z ich jednostkami miary. Wszystkie zmienne uwzględnione w badaniu są stymulantami.

Tabela 2. Zmienne wyselekcjonowane do badania
Table 2. Variables selected for further processing

Nr	Zmienna	Jednostka
1	Liczba przewiezionych pasażerów	tys. pasażerów
2	Praca przewozowa w transporcie pasażerskim	mld paskm*
3	Praca eksploatacyjna w transporcie pasażerskim	tys. pockm**
7	Długość linii kolejowych	km
8	Długość zelektryfikowanych linii kolejowych	km
9	Liczba pojazdów transportu pasażerskiego	liczba
12	Udział kolei w przewozach pasażerskich	% paskm*

*paskm – pasażerokilometr; **pockm – pociągokilometr

Źródło: opracowanie własne.

Następnym krokiem była identyfikacja źródeł danych statystycznych (etap 4). W celu zapewnienia porównywalności rezultatów uzyskanych przez kraje bałtyckie i V4 ze średnim rezultatem osiąganym na poziomie całej UE, należało zebrać dane liczbowe dla wszystkich krajów UE mających systemy kolejowego transportu pasażerskiego (czyli wszystkich oprócz Cypru oraz Malty). W tym celu dokonano przeglądu baz danych Eurostatu i OECD oraz raportów wydawanych przez Komisję Europejską („EU Transport in Figures”) oraz IRG-Rail („Market Monitoring”). Podczas procesu oceny i selekcji źródeł danych kierowano się kryteriami takimi jak dostępność (tj. czy źródło oferuje dane historyczne sięgające do 2005 roku), kompletność (tj. czy źródło oferuje zestaw danych obejmujący wszystkie kraje UE) oraz dokładność (tj. czy źródło oferuje możliwie dokładne, niezaokrąglone dane). Na podstawie zastosowanych kryteriów wyselekcjonowano bazę danych Eurostatu oraz raporty Komisji Europejskiej jako główne źródła danych oraz raporty IRG-Rail jako źródło wspierające.

Kolejnym krokiem było pozyskanie danych liczbowych odpowiadających poszczególnym zmiennym dla analizowanych krajów w latach 2005, 2010, 2015 oraz 2020 (etap 5). W przypadku zmiennych 2, 7, 8, 9 oraz 12 dane udostępnione w raportach Komisji Europejskiej cechowały się pełną kompletnością oraz wysoką dokładnością i dostępnością. Jedynie w przypadku zmiennej 12 nie udostępniono danych za 2005 rok, w związku z czym w badaniu uwzględniono dostępne dane za 2006 rok. W przypadku zmiennych 1 oraz 3 dane udostępnione przez Eurostat cechowały się wysoką dostępnością i dokładnością oraz umiarkowaną kompletnością, tj. w bazie danych brakowało kilkunastu obserwacji. W celu zapewnienia kompletności zbioru danych do badania luki w danych uzupełniono, tam gdzie to było możliwe, najbliższymi dostępnymi danymi, sięgającymi do 2 lat przed i po brakującej obserwacji (tj. gdy brakowało danej za 2015 rok, lukę tę uzupełniono dostępnymi danymi z lat 2013–2017). W przypadkach, gdzie nie było to możliwe, sięgnięto po dane udostępniane w raportach IRG-Rail. W pozostałych wypadkach, w których Eurostat ani IRG-Rail nie udostępniły aktualnych danych (np. z uwagi na ich utajnienie), luki w zbiorze danych zostały uzupełnione ostatnimi dostępnymi danymi.

W tabeli 3 przedstawiono dokładny spis źródeł, które ostatecznie zostały wykorzystane w procesie pozyskiwania danych.

Z wykorzystaniem zebranych danych liczbowych dokonano doboru statystycznego zmiennych (etap 6). Podczas tego etapu zbadano potencjał diagnostyczny zmiennych, wyrażany za pomocą współczynnika zmienności (gdzie jako oczekiwaną wartość przyjęto $>10\%$) oraz współczynnika korelacji (gdzie jako oczekiwaną wartość przyjęto zakres od 0,70 do 0,70). Wyniki badania potencjału diagnostycznego wskazały, że wszystkie zmienne charakteryzowały się stosunkowo wysokim poziomem zmienności (40% i więcej). Zauważono jednak, że niektóre z par zmiennych charakteryzują się wysoką wzajemną korelacją na poziomie powyżej 0,7. Na tej podstawie zdecydowano o wykluczeniu zmiennej 7. Długość linii kolejowych, której wartości liczbowe okazały się być silnie skorelowane z wartościami zmiennej 8. Długość zelektryfikowanych linii kolejowych (korelacja rzędu 0,98). Zauważono ponadto, że obie te zmienne odzwierciedlają niemal te same informacje (tj. dane o kolejowej infrastrukturze liniowej), jednak zakres informacji przekazywanych przez zmienną numer 7 ma niższą wartość dla badania, jako że przekazuje ona informacje o wszystkich posiadanych przez kraj liniach kolejowych

Tabela 3. Źródła danych wyselekcjonowanych zmiennych
Table 3. Data sources for selected variables

Nr	Zmienna	Źródło
1	Liczba przewiezionych pasażerów	Eurostat [2022a]
2	Praca przewozowa w transporcie pasażerskim	Komisja Europejska [2022] European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport [2008, 2012, 2017]
3	Praca eksploatacyjna w transporcie pasażerskim	Eurostat 2022b, IRG-Rail [2022, 2017]
7	Długość linii kolejowych	Komisja Europejska [2022] European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport [2008, 2012, 2017]
8	Długość zelektryfikowanych linii kolejowych	Komisja Europejska [2022] European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport [2008, 2012, 2017]
9	Liczba pojazdów transportu pasażerskiego	Komisja Europejska [2022] European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport [2008, 2012, 2017]
12	Udział kolei w przewozach pasażerskich	Komisja Europejska [2022] European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport [2008, 2012, 2017]

Źródło: opracowanie własne.

(również tych wyłączonych z użytku oraz niedostosowanych do obsługi pociągów pasażerskich). W przypadku pozostałych zmiennych również odnotowano niekiedy stosunkowo wysokie poziomy wzajemnej korelacji (rzędu 0,7–0,9). Jednak z uwagi na fakt, że wszystkie pozostałe zmienne odzwierciedlają zróżnicowane oraz istotne informacje, a więc wnoszą do badania ważną wartość informacyjną [Kukuła 2000], uznano za zasadne zachowanie ich wszystkich w badaniu.

Po zebraniu pełnego zbioru danych ostatnim krokiem było ich wstępne przetworzenie (etap 7). Jednostki miary zmiennych przedstawiono w odniesieniu do populacji analizowanych krajów wykorzystaniem danych o populacji krajów UE w latach 2005, 2010, 2015 i 2020 [World Bank b.d.] w celu zapewnienia porównywalności danych między krajami. Dokonano również uśrednienia (za pomocą wyliczenia średniej arytmetycznej) danych obrazujących średni rezultat osiągnięty na poziomie UE, co pozwoliło na uwzględnienie w kolejnych etapach całej UE jako kolejnego, ósmego obiektu badawczego.

W tabeli 4 przedstawiono dane liczbowe za 2020 rok dla krajów bałtyckich i V4 oraz dla całej UE, wraz z dostosowanymi jednostkami miary.

Przy uwzględnieniu czterech analogicznych zestawów zgromadzonych danych (za rok 2020, 2015, 2010 i 2005) przeprowadzono obliczenia z wykorzystaniem metody TOPSIS i stworzono rankingi obrazujące rezultaty osiągnięte przez analizowane obiekty w czterech badanych okresach. Uzyskane listy rankingowe analizowanych krajów wraz z uzyskanymi wartościami zmiennych syntetycznych przedstawiono w tabeli 5.

Podczas interpretacji uzyskanych rezultatów należy mieć na uwadze specyfikę metody TOPSIS, pozwalającej na wyznaczenie jedynie relatywnych wyników obiektów. Wartości zmiennej syntetycznej stanowiące rezultaty poszczególnych obiektów w kolejnych

Tabela 4. Dane liczbowe dla krajów bałtyckich, V4 oraz całej UE za 2020 rok
 Table 4. Numerical data for the Baltics, V4 and the EU as a whole for 2020

Zmienna→	1	2	3	8	9	12
Jednostka→	tys. pasażerów/ /100 000 populacji	mld paskm/ /100 000 populacji	tys. pockm/ /100 000 populacji	km/100 000 populacji	liczba/100 000 populacji	% paskm
Obiekt ↓						
Czechy	1208,7	0,06	1285,44	30,07	35,25	7,50
Estonia	450,10	0,02	400,83	10,38	14,97	1,80
Łotwa	676,79	0,02	311,56	13,21	19,47	2,50
Litwa	115,85	0,01	217,08	5,44	5,90	0,80
Węgry	1497,52*	0,05	876,11	32,65	20,94	5,80
Polska	779,42**	0,03	406,09	31,40	16,87	4,90
Słowacja	905,34	0,04	624,66	29,04	25,23	6,80
UE	1055,06***	0,04	602,25****	26,45	19,76	4,33

*Węgry – 2014; **Polska – 2017; ***UE: Holandia – 2007, Belgia – 2011; ****UE: Niemcy, Irlandia, Hiszpania – 2018; Belgia, Luksemburg – 2020 (IRG-Rail).

Źródło: opracowanie własne na podstawie źródeł wymienionych w tabeli 3.

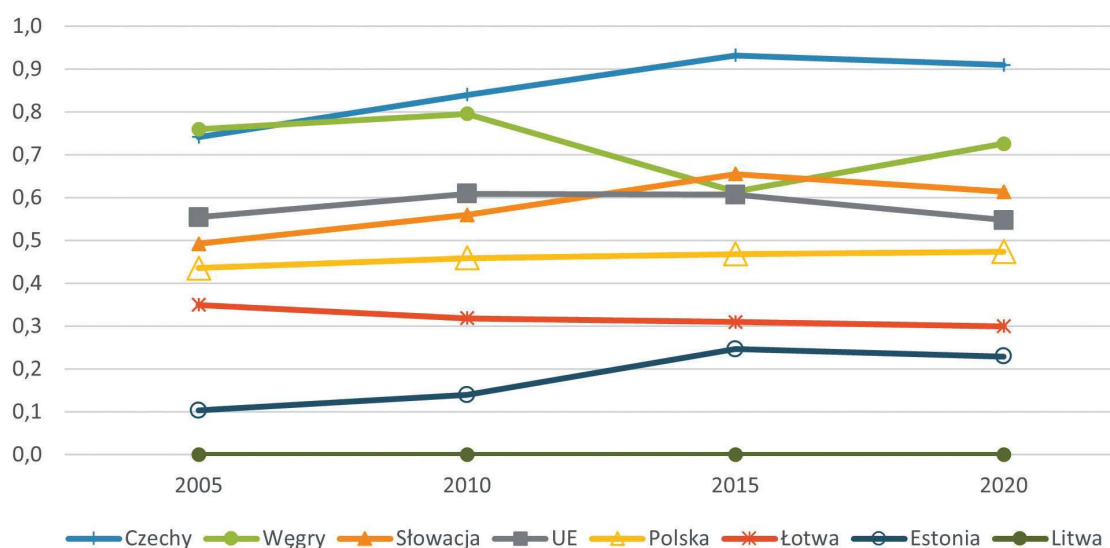
Tabela 5. Listy rankingowe wraz z wartościami zmiennych syntetycznych
 Table 5. Ranking lists with values of synthetic variables

Miejsce	2005		2010		2015		2020	
	Obiekt	Zmienna syntetyczna	Obiekt	Zmienna syntetyczna	Obiekt	Zmienna syntetyczna	Obiekt	Zmienna syntetyczna
1.	Węgry	0,75982	Czechy	0,84009	Czechy	0,93190	Czechy	0,90913
2.	Czechy	0,74140	Węgry	0,79570	Słowacja	0,65508	Węgry	0,72588
3.	UE	0,55394	UE	0,60922	Węgry	0,61384	Słowacja	0,61333
4.	Słowacja	0,49256	Słowacja	0,55933	UE	0,60699	UE	0,54734
5.	Polska	0,43530	Polska	0,45884	Polska	0,46841	Polska	0,47396
6.	Łotwa	0,34970	Łotwa	0,31852	Łotwa	0,30935	Łotwa	0,29989
7.	Estonia	0,10327	Estonia	0,13904	Estonia	0,24609	Estonia	0,22911
8.	Litwa	0,00000	Litwa	0,00000	Litwa	0,00000	Litwa	0,00000

Źródło: opracowanie własne.

rankingach odzwierciedlają odległości pomiędzy wartościami cech diagnostycznych danego obiektu (tabela 4) a wartościami wzorca (pozytywnego rozwiązania idealnego) oraz antywzorca (negatywnego rozwiązania idealnego) wyznaczonymi w ramach grupy obiektów. Im wyższa jest wartość zmiennej syntetycznej danego obiektu, tym znajduje się on bliżej wzorca, a im niższa jest wartość zmiennej syntetycznej, tym obiekt znajduje się bliżej antywzorca. Tę zależność w interesujący sposób przedstawia przypadek Litwy, dla której wartości wszystkich cech diagnostycznych w każdym z analizowanych okresów były relatywnie najniższe. Oznacza to, że wyznaczyły one współrzędne antywzorców w każdym z rankingów, co zostało odzwierciedlone przez wartości zmiennej syntetycznej równe zeru.

W celu zapewnienia większej czytelności uzyskanych wyników, wartości zmiennych syntetycznych dla poszczególnych krajów w kolejnych latach przedstawiono na rysunku 3 w formie wizualnej.



Rysunek 3. Wartości zmiennych syntetycznych w formie wizualnej

Figure 3. Values of synthetic variables in the visual form

Źródło: opracowanie własne.

Uzyskane rezultaty prezentują dość zbliżony obraz systemów kolejowego transportu pasażerskiego w analizowanych obiektach w kolejnych pięcioletnich okresach. Relatywnie najlepszy rezultat osiągały niemal co roku Czechy, dla których wartości zmiennej syntetycznej oscylowały w zakresie 0,741–0,932. Ostatnie miejsce w każdym rankingu przypadło Litwie, która we wszystkich rankingach uzyskała wartość zmiennej syntetycznej na poziomie 0. W przypadku porównania rezultatów osiągniętych przez poszczególne kraje ze średnim rezultatem na poziomie całej UE, można zauważyć, że w latach 2005 i 2010 jedynie Czechy i Węgry osiągnęły wyniki powyżej średniej UE, z kolei w 2015 oraz 2020 roku udało się to również Słowacji. Sam rezultat UE uległ w 2010 roku zauważalnej poprawie w porównaniu do 2005 roku, by potem ulec obniżeniu w latach 2015 i 2020.

Pierwsze miejsce zajmowane przez Czechy w każdym ze stworzonych rankingów wydaje się znajdować odzwierciedlenie zarówno w danych statystycznych, jak i w wiadomościach i opiniach dotyczących funkcjonowania czeskiego rynku kolejowych przewozów pasażerskich. Oferta przewozowa dostępna dla czeskich pasażerów została określona jako najlepsza w Europie [Lachert 2022], której inne kraje mogą zazdrościć [Fedoruk 2019]. Wśród czynników sukcesu czeskiego systemu kolejowego transportu pasażerów wymienia się m.in. skutecznie przeprowadzony proces liberalizacji rynku przewozów i jego otwarcie na prywatnych przewoźników [Plaza 2016], jak również innowacyjność i wykorzystanie nowoczesnych technologii i urządzeń [Horpeniakova 2022, Marczewski 2022, Kolejowy Portal 2022]. W kontekście wymienionych

czynników dziwić może zauważalny spadek relatywnego rezultatu uzyskanego w badaniu przez Czechy w 2020 roku. Przyczyn tego stanu można jednak upatrywać w ówczesnej sytuacji pandemicznej w Europie.

Jak dowodzą eksperci IRG-Rail w raporcie o wpływie pandemii COVID-19 na europejskie rynki kolejowe [IRG-Rail 2021], środki przeciwdziałania rozprzestrzenieniu się pandemii wdrożone przez kraje europejskie miały bezpośrednie przełożenie na funkcjonowanie ich systemów transportu kolejowego. Ten fakt znalazł bezpośrednie odzwierciedlenie w rezultatach badania (rys. 3), gdzie w rankingu za 2020 rok wszystkie obiekty, poza Węgrami, odnotowały relatywny spadek lub stagnację w porównaniu do rezultatu z rankingu za 2015 rok. Węgry, według danych z raportu IRG-Rail, odnotowały stosunkowo niewielkie spadki lub niekiedy nawet wzrosty wskaźników opisujących funkcjonowanie transportu kolejowego w 2020 roku w porównaniu do 2019 roku, co do pewnego stopnia może tłumaczyć rezultat Węgier w rankingu za 2020 rok w niniejszym badaniu. W przypadku pozostałych dwóch krajów V4, Słowacji i Polski, w rankingach za 2005 oraz 2010 rok zajęły one odpowiednio 4. i 5. miejsce. Od 2015 roku natomiast sytuacja Słowacji poprawiła się znacząco, dzięki czemu kraj osiągnął rezultat powyżej średniej UE. Polska natomiast konsekwentnie zajmowała w kolejnych rankingach 5. miejsce.

Kraje bałtyckie zajęły w każdym ze stworzonych rankingów miejsca: 6. (Łotwa), 7. (Estonia) oraz 8. (Litwa). Jednym z czynników uzasadniających najwyższe miejsce Łotwy jest z pewnością fakt, że priorytetyzacja kolejowego transportu pasażerów w stosunku do innych środków transportu jest częścią długoterminowej strategii transportowej w kraju [Kaźmierczak 2022]. Realizację tej strategii mają umożliwić m.in. planowana elektryfikacja większości sieci kolejowej, wdrożenie technologii optymalizacji ruchu czy tworzenie nowych stacji kolejowych. Znaczne plany rozwoju deklarowane są również przez głównego kolejowego przewoźnika pasażerskiego Litwy, LTG Link. Przedsiębiorstwo we współpracy z rządem Litwy planuje m.in. zakup nowego taboru, zapewnienie lepszej koordynacji kolei z innymi środkami transportu oraz unowocześnienie systemów zakupu biletów [Farsewicz 2023]. Podjęte działania stanowią odpowiedź na wieloletnie problemy litewskiego systemu transportu kolejowego, związane z jego niedostatecznym finansowaniem, brakami infrastrukturalnymi [Dailydka i Lingaitis 2009], a także wyzwaniem zapewnienia połączenia kolejowego krajów bałtyckich z resztą Europy [Butkevičius 2007]. Realizacja planowanej modernizacji systemu może z pewnością przynieść pozytywny efekt i wpłynąć na przełamanie negatywnego trendu odzwierciedlanego przez ostatnie miejsca zajmowane w każdym z rankingów przez Litwę.

Ważną częścią systemów transportu kolejowego krajów bałtyckich, jest Rail Baltica – korytarz transportowy będący częścią bazowej sieci TEN-T, mający za zadanie połączyć i zintegrować transportowo kraje bałtyckie z resztą Europy [Maskeliūnaitė 2021]. Plany zakładają realizację tego megaprojektu do 2026 roku [Medoń 2022], co planowo będzie wiązało się z wydatkami rzędu 5,8 miliarda EUR i wymiernymi korzyściami o wartości 16,2 miliarda EUR [Rail Baltica b.d.]. Wyzwaniem w realizacji tego projektu jest jednak fakt, że z uwagi na główny jego cel – integrację systemów transportowych

państw bałtyckich z pozostałymi państwami europejskimi – linie kolejowe Rail Baltica wykorzystują normalny rozstaw szyn kolejowych (1435 mm). Powoduje to konieczność budowy znacznej części infrastruktury od podstaw, a także konieczność zapewnienia integracji z pozostałymi liniami kolejowymi o rozstawie szerokim (1520 mm) [Pomykała 2019]. Jednak w przypadku ewentualnego sukcesu w realizacji tego przedsięwzięcia oferta kolejowych przewozów pasażerskich w krajach bałtyckich mogłaby rozszerzyć się i stać się bardziej atrakcyjną, a co za tym idzie – poprawić rezultaty osiągnięte przez kraje bałtyckie na tle reszty Europy. W szczególnym przypadku dotyczyłoby to Litwy, której rezultat w każdym z rankingów był relatywnie najniższy.

W kolejnych analizowanych okresach jedynie dwa, a później trzy spośród siedmiu objętych analizą krajów osiągnęły rezultaty powyżej średniej unijnej. W przypadku pozostałych czterech krajów – Polski oraz krajów bałtyckich – dwa spośród nich (Polska oraz Estonia) zanotowały relatywny wzrost osiąganych rezultatów w kolejnych rankingach. Biorąc pod uwagę dotychczas zrealizowane prace oraz przyszłe plany transformacji systemu transportowego Unii Europejskiej oraz zwiększenia w nim roli transportu kolejowego, spojrzenie na uzyskane w badaniu wyniki może sugerować, że prezentują one przeciętne tempo rozwoju europejskiego systemu transportu kolejowego. Należy jednak pamiętać o wspomnianym już czynniku pandemii, która w 2020 roku skutecznie zaburzyła funkcjonowanie transportu publicznego w wielu krajach UE. Kolejną ważną kwestię stanowi fakt, że plany rozwoju systemu transportu kolejowego w Unii Europejskiej stały się priorytetem rozwoju Wspólnoty zaledwie kilka lat temu – w przypadku wspomnianego już projektu Europejskiego Zielonego Ładu, jego rozpoczęcie datuje się na czerwiec 2019 roku [Rada Europejska 2022a]. Oznacza to więc, że projekty związane z transportem kolejowym stosunkowo niedawno zyskały status projektów priorytetowych, a co za tym idzie – dużo większe wsparcie organizacyjne, informacyjne oraz finansowe ze strony władz UE. Widoczne jest to w danych statystycznych dotyczących finansowania rozwoju infrastruktury transportowej w krajach UE w latach 2000–2020. Według danych OECD, w tym okresie w rozwój transportu kolejowego w 25 krajach UE uwzględnionych w niniejszej analizie zainwestowano około 649 miliardów EUR [OECD Data 2022]. Jednak, dla porównania, w rozwój transportu drogowego zainwestowano w analogicznym okresie niemal dwukrotnie więcej środków, bo ponad 1,14 biliona EUR [OECD Data 2022].

Według założeń polityki realizowanych oraz planowanych do realizacji przez UE, w najbliższych latach na rozwój transportu kolejowego ma być położony szczególny nacisk. Planowane jest m.in. wdrożenie wytycznych dotyczących otwarcia krajowych rynków pasażerskich na nowe, konkurencyjne usługi [Rada Europejska 2017], zwiększenia liczby i atrakcyjności oferowanych połączeń [Rada Europejska 2022c], a także zapewnienia wyższego poziomu interoperacyjności i dostępności systemu [Rada Europejska 2022b]. Biorąc pod uwagę wymienione plany, można założyć lub przynajmniej mieć nadzieję, że w najbliższych latach rozwój europejskiego systemu kolejowych przewozów pasażerskich przyspieszy, co zwiększy jego sprawność, dostępność, a także konkurencyjność na tle innych środków transportu.

Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzone badanie pozwoliło na ocenę rozwoju systemów kolejowego transportu pasażerskiego w grupie analizowanych krajów Europy Środkowo-Wschodniej: Estonii, Łotwie, Litwie, Polsce, Czechach, Słowacji i Węgrzech na tle Unii Europejskiej w latach 2005–2020. Do obliczeń porównawczych wybrano sześć zmiennych opisujących badane systemy, uwzględniających zarówno czynniki infrastrukturalne, jak i miary funkcjonowania systemów. Rezultatem badania były cztery rankingi obrazujące relatywne rezultaty, jakie analizowane kraje osiągnęły względem siebie oraz na tle średniej UE, co pozwoliło na dokonanie interpretacji i oceny tych rezultatów.

Zastosowanie metody TOPSIS pozwoliło na uzyskanie wyników w uporządkowanej i porównywalnej formie. Wybór w tym kontekście badawczym jednej z metod porządkowania liniowego ma oczywiście swoje ograniczenia, na przykład fakt, że rankingi opierają się na idealnym rozwiązaniu wyznaczonym na podstawie danych dla określonej grupy obiektów. Oznacza to m.in., że uzyskane wyniki mogą być interpretowane jedynie w ramach tej grupy obiektów. Pierwsze miejsce uzyskane w rankingach przez Czechy, czy też ostatnie miejsce Litwy, może więc być rozpatrywane jedynie na tle pozostałych obiektów objętych badaniem. Biorąc pod uwagę tę zależność, kolejne badania mogłyby obejmować swoim zakresem szerszą grupę krajów (np. wszystkie kraje UE, potraktowane jako osobne obiekty badawcze) lub krótsze interwały czasowe (np. dane rok do roku). Zdaniem autorki, takie rozszerzenie zakresu może stanowić wart rozważenia kierunek dalszych badań, co może dostarczyć dokładniejszych informacji o rozwoju europejskiego systemu kolejowego transportu pasażerskiego.

Innym ważnym ograniczeniem metody TOPSIS był proces doboru zmiennych, w którym znaczącą rolę odgrywała subiektywna ocena autorki. Kolejna istotna decyzja dotyczyła tego, czy zmiennym uwzględnionym w badaniu zostaną przypisane wagi, czy też ten krok zostanie pominięty [Khalili i in. 2020]. W niniejszym opracowaniu zdecydowano, że czynnikom nie zostaną nadane wagi, co nie umniejsza wartości merytorycznej badania, choć w pewien sposób ogranicza jego rygor. W dalszych badaniach, które mogłyby uwzględniać opisany powyżej bardziej szczegółowy zakres terytorialny i czasowy, odwołanie się do opinii ekspertów [Hawas i in. 2016] (zarówno w procesie doboru zmiennych charakteryzujących badane obiekty, jak i w procesie różnicowania zmiennych poprzez nadanie im wag) mogłoby pozwolić na udoskonalenie procesu badawczego. Pomimo opisanych ograniczeń zastosowanie metody TOPSIS pozwoliło jednak, zdaniem autorki, na pomyślną realizację badania w jego przyjętym zakresie i dostarczenie końcowych rezultatów w oczekiwanej formie.

Badanie stanu i jakości funkcjonowania systemów transportu kolejowego to istotny i interesujący obszar badań, szczególnie w kontekście planowanych przemian europejskiego systemu transportowego, zarówno w transporcie pasażerów, jak i ładunków. Wynikające z założeń Europejskiego Zielonego Ładu planowane przesunięcie modalne na transport kolejowy będzie wymagało jeszcze większego wkładu naukowego w dyskusję, m.in. nad sprawnością systemów, ich wzajemnym oddziaływaniem, efektywnością wydawania środków, itd. Zarówno obecny stan, jak i przyszły rozwój transportu kolejowego w krajach Europy Środkowo-Wschodniej (i szerzej: Europy) stanowi, zdaniem autorki, warte podejmowania – zarówno z naukowego, jak i praktycznego punktu widzenia – zagadnienie badawcze.

Bibliografia

- Aparicio Á., 2017: The changing decision-making narratives in 25 years of TEN-T policies. *Transportation Research Procedia*, 25, 3715–3724. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.223>
- Bąk A., 2016: Porządkowanie liniowe obiektów metodą Hellwiga i TOPSIS – Analiza porównawcza, *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 426, 22–31. <https://doi.org/10.15611/pn.2016.426.02>
- Blainey S., Hickford A., Preston J., 2012: Barriers to Passenger Rail Use: A Review of the Evidence, *Transport Reviews*, 32(6), 675–696. <https://doi.org/10.1080/01441647.2012.743489>
- Butkevičius J., 2007: Development of passenger transportation by railroad from Lithuania to European states, *Transport*, 22(2), 73–79. <https://doi.org/10.3846/16484142.2007.9638102>
- Calatayud A., Palacin R., Mangan J., Jackson E., Ruiz-Rua A., 2016: Understanding connectivity to international markets: A systematic review, *Transport Reviews*, 36(6), 713–736. <https://doi.org/10.1080/01441647.2016.1157836>
- Çelikkbilek Y., Tüysüz F. 2020: An in-depth review of theory of the TOPSIS method: An experimental analysis, *Journal of Management Analytics*, 7(2), 281–300. <https://doi.org/10.1080/3270012.2020.1748528>
- Commission of the European Communities, 1992: The future development of the common transport policy – a global approach to the construction of a Community framework for sustainable mobility, Brussels, COM(92)494.
- Commission of the European Communities, 2001: European transport policy for 2010: time to decide, Brussels, COM(2001) 307.
- Czech M. 2021: Pan-European transport corridors in the policy of the European Union, *Scientific Journal of Silesian University of Technology*, 112, 51–62. <https://doi.org/10.20858/sjsu-st.2021.112.4>
- Czerewacz-Filipowicz K. 2019: The Eurasian Economic Union as an Element of the Belt and Road Initiative, *Comparative Economic Research Central and Eastern Europe*, 22(2), 23–37. <https://doi.org/10.2478/cer-2019-0010>
- Dailydka S., Lingaitis L.P. 2009: Passenger transportation problems of the public limited liability company “Lietuvos Geležinkeliai”, *Transport Problems*, 4(3), 45–50.
- Dolinayova A., Dömény I., 2022: Competition on the Railway Market in a Segment of Public Service Obligations in Terms of Effectiveness: Study in V4 Countries, *Journal of Competitiveness*, 14(3), 41–58. <https://doi.org/10.7441/joc.2022.03.03>
- European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport, 2022: EU transport in figures: statistical pocketbook 2022, Publications Office of the European Union, Luxembourg, [źródło elektroniczne] <https://data.europa.eu/doi/10.2832/216553> [dostęp: 12.11.2022].
- European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport, (2017). EU transport in figures: statistical pocketbook 2017, Publications Office of the European Union, Luxembourg, [źródło elektroniczne] <https://data.europa.eu/doi/10.2832/041248> [dostęp: 12.11.2022].
- European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport, (2012). EU transport in figures: statistical pocketbook 2012, Publications Office of the European Union, Luxembourg, [źródło elektroniczne] <https://data.europa.eu/doi/10.2832/52252> [dostęp: 12.11.2022].
- European Commission, Directorate-General for Mobility and Transport, (2008). EU energy and transport in figures: statistical pocketbook 2007/2008, Publications Office of the European Union, Luxembourg, [źródło elektroniczne] <https://data.europa.eu/doi/10.2768/16350> [dostęp: 12.11.2022].

- Eurostat, 2022a: Passengers transported – RAIL_PA_TOTAL, [źródło elektroniczne] https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/RAIL_PA_TOTAL/default/table?lang=en&category=rail.rail_pa [dostęp: 27.11.2022].
- Eurostat, 2022b: Train-movements, by type of vehicle and source of power – RAIL_TF_TRAVEH, [źródło elektroniczne] https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/RAIL_TF_TRAVEH/default/table?lang=en&category=rail.rail_tf (dostęp: 27.11.2022).
- Farsewicz P., 2023: Litwa. LTG Link z długoletnią umową na przewozy pasażerskie, Rynek Kolejowy, [źródło elektroniczne] <https://www.rynek-kolejowy.pl/mobile/litwa-ltg-link-z-dlugoletnia-umowa-na-przewozy-pasazerskie-111608.html> [dostęp: 06.02.2023].
- Fedoruk A., 2019: Czechy zawstydzają Polskę. Liczba pasażerów mówi sama za siebie, Forbes, [źródło elektroniczne] <https://www.forbes.pl/transport-i-logistyka/czechy-zawstydzaja-polske-liczba-pasazerow-mowi-sama-za-siebie/n4mts8j> [dostęp: 16.11.2022].
- Fleischer T., 2009: Transport Policy in the European Union: From an Eastern Perspective, Working Papers of the Institute for World Economics, 193, 15–31.
- Fleischer T., 2016: The EU Transport Policy and the Enlargement Process, [w:] A.O.H. Evin, P. Emre-Balazs (red.), Turkey and the EU: Energy, Transport and Competition Policies, Claeys and Casteels, , 121–138.
- Ghica L., 2008: Rhetorical strategies, institutional dilemmas: the Visegrad group and the Baltic cooperation facing the EU and NATO accession process, *Analele Universitatii Bucuresti-Stiinte Politice*, 10, 75–86.
- Górniak J., 2014: Transport Accessibility in Light of the DEA Method, *Comparative Economic Research*, 17(4), 55–70. <https://doi.org/10.2478/cer-2014-0032>
- Granger R. J., Kosmider T., 2016: Towards a better European transport system, 6th Transport Research Arena, Warszawa. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.505>
- Hawas Y.E., Hassan M.N., Abulibdeh A., 2016: A multi-criteria approach of assessing public transport accessibility at a strategic level, *Journal of Transport Geography*, 57, 19–34. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.09.011>
- Hintosova A., Bruothova M., Vaskova I., 2020: Does Foreign Direct Investment Boost Innovation? The Case of the Visegrad and Baltic Countries, *Quality Innovation Prosperity*, 24(3), 106–121. <https://doi.org/10.12776/qip.v24i3.1519>
- Horpeniakova M., 2022: Czechy: 180 mln euro wsparcia od Komisji Europejskiej, Sektor Kolejowy [źródło elektroniczne] <https://www.sektorkolejowy.pl/czechy-180-mln-euro-wsparcia-od-komisji-europejskiej/> [dostęp: 16.11.2022].
- Hwang C.L., Yoon K., 1981: Methods for Multiple Attribute Decision Making [w:] C.L. Hwang, K. Yoon (red.), *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications A State-of-the-Art Survey*, Springer, 58–191. https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9_3
- IRG-Rail, 2017: Fifth Annual Market Monitoring Report. [źródło elektroniczne] <https://www.irg-rail.eu/irg/documents/market-monitoring/135,2017.html> [dostęp: 27.11.2022].
- IRG-Rail, 2021: Impacts of the COVID-19 crisis and national responses on European railway markets in 2020, [źródło elektroniczne] <https://www.irg-rail.eu/irg/news/press-release/339,IRG-Rail-publishes-report-on-Impacts-of-the-COVID-19-crisis-and-national-repons.html> [dostęp: 16.11.2022].
- IRG-Rail, 2022: Tenth Annual Market Monitoring Report, [źródło elektroniczne] <https://www.irg-rail.eu/irg/documents/market-monitoring/363,2022.html> [dostęp: 27.11.2022].

- Jarocka M., 2013: Wpływ metody doboru cech diagnostycznych na wynik porządkowania liniowego na przykładzie rankingu polskich uczelni. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Taksonomia*, 279, 85–94.
- Każmierczak, K., 2022: Koleje Łotewskie koncentrują się na transporcie pasażerskim, *Obserwator Logistyczny*, [źródło elektroniczne] <https://obserwatorlogistyczny.pl/2022/02/03/koleje-lotewskie-koncentruja-sie-na-transporcie-pasazerskim/> [dostęp: 16.11.2022].
- Khalili F.B., Antunes A.P., Mohaymany A.S., 2020: Evaluating interregional freight accessibility conditions through the combination of centrality and reliability measures, *Journal of Transport Geography*, 83, 102665. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102665>
- Kolejowy Portal, 2022: Składy RegioPanter rozpoczęły nową erę transportu w południowych Czechach, [źródło elektroniczne] <https://kolejowyportal.pl/sklady-regiopanter-rozpozely-nowa-ere-transportu-w-poludniowych-czechach/> [dostęp: 16.11.2022].
- Komisja Europejska, 2011: Roadmap to a Single European Transport Area—Towards a competitive and resource efficient transport system, COM(2011)144.
- Komisja Europejska, 2022b: Promowanie mobilności zgodnej z zasadami zrównoważonego rozwoju: Komisja proponuje, aby rok 2021 był Europejskim Rokiem Kolei, Bruksela, [źródło elektroniczne] https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/pl/ip_20_364 [dostęp: 10.11.2022].
- Komisja Europejska, b.d.: TENtec Interactive Map Viewer, [źródło elektroniczne] <https://ec.europa.eu/transport/infrastructure/tentec/tentec-portal/map/maps.html> [dostęp: 12.11.2022].
- Kukuła K., 2000: *Metoda unitaryzacji zerowanej*, Wydawnictwo Naukowe PWN, .
- Lachert J., 2022: Czechy będą połączone koleją dużych prędkości. Polska może na tym skorzystać, [źródło elektroniczne] <https://www.wnp.pl/logistyka/czechy-beda-polaczone-koleja-duzych-predkosci-polska-moze-na-tym-skorzystac,608294.html> [dostęp: 16.11.2022].
- Marczewski M., 2022: Alstom w Czechach prezentuje pierwszy pociąg pasażerski napędzany wodorem!, *Na Kolej*, [źródło elektroniczne] <https://www.nakolei.pl/alstom-w-czechach-prezentuje-pierwszy-pociag-pasazerski-napedzany-wodorem-zdjecia/> [dostęp: 16.11.2022].
- Maskeliūnaitė L., 2021: Railways in Lithuania: from tsarist Russia to Rail Baltica, *Transport*, 36(4), 364–375. <https://doi.org/10.3846/transport.2021.16086>
- Medoń S., 2022: Kraje Bałtyckie bliżej Zachodu dzięki szybkiej kolei Rail Baltica, [źródło elektroniczne] <https://smoglab.pl/kraje-baltyckie-blizej-zachodu-dzieki-szybkiej-kolei-rail-baltica/> [dostęp: 16.11.2022].
- Nash C., 2008: Passenger railway reform in the last 20 years – European experience reconsidered, *Research in Transportation Economics*, 22(1), 61–70. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2008.05.020>
- Nazarko J., Czerewacz-Filipowicz K., Kuźmich K.A., 2017: Comparative analysis of the Eastern European countries as participants of the new silk road. *Journal of Business Economics and Management*, 18(6), 1212–1227. <https://doi.org/10.3846/16111699.2017.1404488>
- OECD Data, (2022). Infrastructure investment, Rail/Road, Euro, 2000–2020, [źródło elektroniczne] <https://data.oecd.org/transport/infrastructure-investment.htm> [dostęp: 10.11.2022].
- Polok D., Michalski P., Szewczyk D., Keil D., Wiczorek S., Kaciakova P., Incze Z., Rycerz J., Nisztuk T., Dvoulety O., Krzemiński P., 2016: Future of the Visegrad Group. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3942.7444>
- Pomykała A., 2019: Rail Baltica – the project of the century, *TTS Technika Transportu Szynowego*, 25, 33–36.

- Rada Europejska, 2017: 4. pakiet kolejowy: reforma europejskich kolei, [źródło elektroniczne] <https://www.consilium.europa.eu/pl/policies/4th-railway-package/> [dostęp: 16.11.2021].
- Rada Europejska, 2022a: Europejski zielony ład. [źródło elektroniczne] <https://www.consilium.europa.eu/pl/policies/green-deal/#initiatives> [dostęp: 28.11.2022].
- Rada Europejska, 2022b: Budowa jednolitego europejskiego obszaru kolejowego, [źródło elektroniczne] <https://www.consilium.europa.eu/pl/policies/single-eu-railway-area/> [dostęp: 28.11.2022].
- Rada Europejska, 2022c: Czysta i zrównoważona mobilność, [źródło elektroniczne] <https://www.consilium.europa.eu/pl/policies/clean-and-sustainable-mobility/> [dostęp: 28.11.2022].
- Rail Baltica, b.d.: Rail Baltica Global Cost-Benefit Analysis, Riga, [źródło elektroniczne] <https://www.railbaltica.org/rail-baltica-global-cost-benefit-analysis/> [dostęp: 16.11.2022].
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1315/2013 z dnia 11 grudnia 2013 r. w sprawie unijnych wytycznych dotyczących rozwoju transeuropejskiej sieci transportowej i uchylające decyzję nr 661/2010/UE.
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie unijnych wytycznych dotyczących rozwoju transeuropejskiej sieci transportowej, zmieniające rozporządzenie (UE) 2021/1153 i rozporządzenie (UE) nr 913/2010 oraz uchylające rozporządzenie (UE) nr 1315/2013. COM(2021) 812.
- Ruvio A., Mortelliti N., Orchi S., 2022: A review on Rail Transport in Europe and Italy, 2022 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2022 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, 1–6. <https://doi.org/10.1109/EEEIC/ICPSEurope54979.2022.9854799>
- Saidi S., Mani V., Mefteh H., Shahbaz M., Akhtar P., 2020: Dynamic linkages between transport, logistics, foreign direct investment, and economic growth: Empirical evidence from developing countries, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 141, 277–293. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.09.020>
- Samoilenko S., Osei-Bryson K.M., 2015: Before and After Joining the European Union: The Impact of Investments in Telecoms on the Visegrad Group of Countries and Baltic States, *Journal of Global Information Technology Management*, 18(2), 94–109. <https://doi.org/10.1080/1097198X.2015.1052685>
- Schürmann C., 2013: Accessibility patterns: Baltic States case study, *Europa XXI*, 24, 95–110. <http://dx.doi.org/10.7163/Eu21.2013.24.7>
- Seidenglanz D., Taczanowski J., Król M., Hornák M., Nigrin T., 2021: Quo vadis, international long-distance railway services? Evidence from Central Europe, *Journal of Transport Geography*, 92, 102998. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.102998>
- Stawicki M., 2018: Development of transport infrastructure in Latvia, Lithuania and Poland with support of structural funds, *Proceedings of the 2018 International Conference „Economic Science for Rural Development”*, 9–11.05.2018, Jełgawa, 244–251. <https://doi.org/10.22616/ESRD.2018.091>
- Tóth B.L., 2019: The Visegrád Group and the railway development interest articulation in Central Eastern Europe, *Eastern Journal of European Studies*, 10, 175–195.
- Urząd Transportu Kolejowego, 2021: Sprawozdanie z funkcjonowania rynku transportu kolejowego 2021, [źródło elektroniczne] <https://utk.gov.pl/pl/dokumenty-i-formularze/opracowania-urzedu-tran/18979,Sprawozdanie-z-funkcjonowania-ryнку-transportu-kolejowego-2021.html> [dostęp: 09.12.2022].

- World Bank, b.d.: Population estimates and projections. [źródło elektroniczne] <https://databank.worldbank.org/source/population-estimates-and-projections#> [dostęp: 30.11.2022].
- Zhang X., Zhang Q., Sun T., Zou Y., Chen H., 2018: Evaluation of urban public transport priority performance based on the improved TOPSIS method: A case study of Wuhan, *Sustainable Cities and Society*, 43, 357–365. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.08.013>
- Zmieniony wniosek Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie unijnych wytycznych dotyczących rozwoju transeuropejskiej sieci transportowej, zmieniające rozporządzenie (UE) 2021/1153 i rozporządzenie (UE) nr 913/2010 oraz uchylające rozporządzenie (UE) 1315/2013. COM(2022) 384.

ISSN 2450-8055



2450 8055