

Decyzje  
podmiotów  
gospodarczych  
w dynamicznie  
zmieniającym się  
otoczeniu

POD REDAKCJĄ  
NATALII IWASZCZUK



WYDAWNICTWA AGH  
KRAKÓW 2020

Decyzje  
podmiotów  
gospodarczych  
w dynamicznie  
zmieniającym się  
otoczeniu

**POD REDAKCJĄ  
NATALII IWASZCZUK**



WYDAWNICTWA AGH

KRAKÓW 2020

Pozycja wydawnictw naukowych  
Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie

Redaktor Naczelny Wydawnictw AGH: *Jan Sas*

Komitet Naukowy Wydawnictw AGH:

*Andrzej Pach* (przewodniczący)

*Jan Chłopek*

*Barbara Gąciarz*

*Bogdan Sapiński*

*Stanisław Stryczek*

*Tadeusz Telejko*

Recenzenci:

*dr hab. inż. Wioletta Bajdur, prof. PCz*

*dr hab. inż. Krzysztof Gąska, prof. PŚ*

Afiliacja redaktor naukowej:

*AGH Akademia Górniczo-Hutnicza*

Redakcja: *Kamila Zimmnicka*

Skład komputerowy: *Wydawnictwo JAK*

Projekt okładki i strony tytułowej: *Agata Wajer-Gądecka*

© Wydawnictwa AGH, Kraków 2020

ISBN 978-83-66364-59-2 (wersja papierowa)

e-ISBN 978-83-66364-60-8 (wersja elektroniczna)

---

Wydawnictwa AGH

al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

tel. 12 617 32 28, 12 636 40 38

e-mail: [redakcja@wydawnictwoagh.pl](mailto:redakcja@wydawnictwoagh.pl)

<http://www.wydawnictwo.agh.edu.pl>

---

# Spis treści

<b>Natalia IWASZCZUK</b>	
PRZEDMOWA.....	7
<b>CZĘŚĆ I</b>	
PODEJMOWANIE DECYZJI W PRZEDSIĘBIORSTWIE .....	9
<b>Radosław PUKA, Bartosz ŁAMASZ</b>	
ZASTOSOWANIE SIECI NEURONOWYCH DO WSPOMAGANIA HEDGINGU Z DŁUGIMI POZYCJAMI W OPCJACH KUPNA .....	11
<b>Dominika DAWIEC, Grzegorz GINDA</b>	
MOŻLIWOŚĆ PRZETWARZANIA ODPADÓW DRZEWNYCH Z ZAKŁADÓW TARTACZNYCH NA BIOPALIWA STAŁE .....	29
<b>Małgorzata MATERNOWSKA</b>	
CYFROWA TRANSFORMACJA W FIRMACH PRODUKCYJNYCH (NA PRZYKŁADZIE GENERAL ELECTRIC): SZANSA CZY ZAGROŻENIE? .....	37
<b>Paweł FILIPOWICZ</b>	
WZORNICTWO JAKO NARZĘDZIE KONKRETYZACJI ZNACZENIOWOŚCI PRODUKTU INNOWACYJNEGO NA PRZYKŁADZIE SEKTORA NOWYCH TECHNOLOGII .....	47
<b>Anna MICHNA, Krzysztof BRZOSTEK</b>	
MEDIACJA JAKO NARZĘDZIE ZARZĄDZANIA KONFLIKTEM W PRZEDSIĘBIORSTWIE – DESKRYPTYWNO-TEORETYCZNE STUDIUM PRZYPADKU .....	59
<b>Marta KUTYNA-BAKALARSKA</b>	
MODEL BIZNESOWY GOSPODARKI O OBIEGU ZAMKNIĘTYM NA PRZYKŁADZIE POLSKICH ZAKŁADÓW ZBOŻOWYCH LUBELLA.....	69

---

CZĘŚĆ II	
WPLYW DECYZJI KONSUMENTÓW NA RYNEK . . . . .	79

**Andrzej WOJCIECHOWSKI, Agata PIWOWARCZYK**

KRYTYCZNA ANALIZA ZAPOTRZEBOWANIA SPOŁECZEŃSTWA NA WYROBY POLIMEROWE . . . . .	81
-----------------------------------------------------------------------------------	----

**Anna ZAPIÓR**

INFLUENCER JAKO ZJAWISKO SPOŁECZNE I SPOSÓB POZYSKIWANIA KLIENTÓW . . . . .	95
--------------------------------------------------------------------------------	----

**Marta SZYBA, Natalia IWASZCZUK**

CHEMIZACJA SEKTORA SPOŻYWCZEGO A DECYZJE KONSUMENTÓW . . . . .	105
----------------------------------------------------------------	-----

CZĘŚĆ III

ZARZĄDZANIE ZASOBAMI NATURALNYMI PODSTAWĄ POLITYKI MAKROEKONOMICZNEJ . . . . .	119
-----------------------------------------------------------------------------------	-----

**Aleksander IWASZCZUK, Valentyna YAKUBIV**

GLOBALNY RYNEK SKROPLONEGO GAZU ZIEMNEGO. TENDENCJE ROZWOJU W XXI WIEKU . . . . .	121
--------------------------------------------------------------------------------------	-----

**Roman ASTAKHOV**

ZARZĄDZANIE ZASOBAMI WODNYMI W RAMACH UMOWY MIĘDZY UNIĄ EUROPEJSKĄ A UKRAINĄ O GŁĘBOKIEJ I KOMPLEKSOWEJ STREFIE WOLNEGO HANDLU (DCFTA) . . . . .	137
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

CZĘŚĆ IV

METODY, MODELE I SYSTEMY INFORMATYCZNE JAKO NARZĘDZIA WSPOMAGAJĄCE PODEJMOWANIE DECYZJI . . . . .	145
------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

**Radosław KAPŁAN, Katarzyna GDOWSKA, Roger KSIĄŻEK**

SELECTED BIG DATA-BASED TOOLS FOR SUPPORTING DECISION MAKING AND RISK MANAGEMENT . . . . .	147
-----------------------------------------------------------------------------------------------	-----

**Grzegorz GINDA**

DODATKOWE MOŻLIWOŚCI WSPOMAGANIA DECYZJI OFEROWANE PRZEZ METODĘ DEMATEL . . . . .	157
--------------------------------------------------------------------------------------	-----

---

**Agata KUTYBA**

ZASTOSOWANIE WYBRANYCH METOD WSPOMAGANIA DECYZJI  
W PROCESIE ZAOPATRZENIA W PRZEDSIĘBIORSTWIE  
SEKTORA ROŚLIN OZDOBNYCH..... 171

**Lubomyr PETRYSHYN, Anna CHŁOPEK, Mykhailo PETRYSHYN**

SYSTEM INFORMATYCZNY ZARZĄDZANIA SIECIĄ SKLEPÓW  
SPRZEDAJĄCYCH GRY PLANSZOWE ..... 185

**Agnieszka ROGÓŻ-DUDA**

ZASTOSOWANIE MODELI WYGŁADZANIA WYKŁADNICZEGO  
DO PROGNOZOWANIA WYDATKÓW NA OCHRONĘ ZDROWIA..... 205

**Antoni KORCYL, Roger KSIĄŻEK, Katarzyna GDOWSKA**

MODELE OPTYMALIZACYJNE DLA PROBLEMU PLANOWANIA TRAS  
ODBIORU ODPADÓW..... 215



## PRZEDMOWA

Współczesne przedsiębiorstwa oraz inne podmioty rynkowe stają coraz częściej przed szeregiem wyzwań, które do tej pory nie istniały lub ich wpływ nie był istotny. Wyzwania te pochodzą głównie z otoczenia zewnętrznego, w którym przedsiębiorstwa muszą funkcjonować. Cechą dominującą otoczenia jest jego duża zmienność i nieprzewidywalność, a czynnikami będącymi tego przyczyną są obecnie: globalizacja, integracja rynków w skali światowej, wzrost demograficzny, zmiany klimatyczne, choroby zakaźne i inne. Podejmowanie decyzji w takich warunkach staje się wyzwaniem dla menedżerów na każdym szczeblu zarządzania.

Proponowana czytelnikom monografia składa się z czterech części i jest próbą syntezy zagadnień związanych z podejmowaniem decyzji menedżerskich w przedsiębiorstwach o różnym profilu działalności, wpływem decyzji konsumentów na rynek nabywanych towarów i usług, a w konsekwencji na ich producentów, wpływu zasobów naturalnych na gospodarkę krajową oraz wspomaganie decyzji menedżerskich za pomocą różnych narzędzi.

W części pierwszej zgrupowano badania dotyczące podejmowania decyzji w podmiotach gospodarczych. Omówiono w niej narzędzia zarządzania ryzykiem zmian ceny ropy naftowej oparte na wykorzystaniu sztucznych sieci neuronowych i strategii opcyjnych. Kolejny wątek dotyczy gospodarki odpadami drzewnymi w zakładach tartacznych – zaproponowano ich wykorzystanie do produkcji energii cieplnej bezpośrednio przy zakładzie produkcyjnym. W tej części monografii omówiono również kwestie: wpływu cyfrowej transformacji na rozwój przedsiębiorstw; powiązań designu (m.in. nowego wzornictwa produktu) z procesem innowacyjnym i możliwością tworzenia nowych modeli biznesowych; roli mediacji jako narzędzia do rozwiązywania i zapobiegania konfliktom w organizacjach; wyboru modeli biznesowych w ramach dostosowania do gospodarki o obiegu zamkniętym.

Część druga zawiera rozważania o wpływie decyzji konsumentów na rynek i przedsiębiorstwa. Wskazano w niej na potrzebę zmian świadomości ekologicznej społeczeństwa w zakresie stosowania oraz zagospodarowywania odpadów z tworzyw sztucznych. Zbadano wpływ influencer marketingu i mediów społecznościowych na decyzje zakupowe konsumentów. Przeanalizowano stopień świadomości konsumentów na temat wykorzystania w produktach żywnościowych różnego rodzaju dodatków chemicznych (antybiotyków, nawozów sztucznych, pestycydów, materiałów opakowaniowych itp.). Mimo pozornie niewielkich ich zawartości w produktach ryzyko związane ze spożywaniem zanieczyszczonej chemicznie żywności wzrasta wraz z częstotliwością i wielkością ich konsumpcji.



W części trzeciej uwagę skupiono na podejmowaniu decyzji w skali całej gospodarki. Omówiono tu rynek skroplonego gazu ziemnego (LNG), który staje się coraz bardziej pożądanym surowcem, umożliwiającym realizację polityki bezpieczeństwa energetycznego kraju. Kolejnym wątkiem jest jakże ważny w obecnych czasach temat zarządzania zasobami wodnymi. Wiadomo bowiem, że wskutek zmian klimatycznych w wielu regionach występują susze i/lub powodzie, które negatywnie oddziałują na rolnictwo i sektor artykułów spożywczych.

Z kolei w czwartej części zostały omówione wybrane metody, modele i narzędzia informatyczne, które można wykorzystywać przy podejmowaniu decyzji menedżerskich. Na początku zaprezentowano wybrane narzędzia do przetwarzania dużych ilości danych, które mogą wspomóc decydentów w zarządzaniu ryzykiem operacyjnym przedsiębiorstw, a następnie skoncentrowano się na logistycznym planowaniu przepływu w systemie produkcyjnym, z wykorzystaniem metody harmonogramowania i wyznaczania wielkości partii. Kolejną metodą jest DEMATEL, zaprezentowana wraz ze szczegółami jej praktycznego zastosowania i dodatkowymi możliwościami. Poza tym przytoczono zastosowanie przy podejmowaniu decyzji dwóch innych metod – klasycznej metody ABC i wielokryterialnej metody hierarchicznej analizy problemów decyzyjnych AHP – na przykładzie przedsiębiorstwa sprzedającego rośliny ozdobne.

Obecnie również narzędzia informatyczne stają się coraz bardziej popularne przy podejmowaniu decyzji. W czwartej części monografii zaprezentowano przykład modelowania procesów zarządzania siecią dostaw produkcji, w warunkach kooperacji sektorowej, z zastosowaniem rozproszonych systemów informatycznych, dzięki którym można uzyskać oszczędności na kosztach opracowania i eksploatacji takich systemów. Z kolei podejmowanie decyzji na podstawie modeli prognostycznych (m.in. wygładzania wykładniczego) pokazano na przykładzie szacowania wydatków na ochronę zdrowia. Dokonano tu oceny porównawczej otrzymanych prognoz za pomocą miar statystycznych w celu zwrócenia uwagi na skutki niewłaściwego doboru modelu do danych rzeczywistych. Ostatni rozdział w tej części dotyczy systemu gospodarowania odpadami komunalnymi, opracowania modeli optymalizacji wykorzystania floty do zapewnienia wszystkich etapów funkcjonowania tego systemu.

# CZEŚĆ I

## PODEJMOWANIE DECYZJI W PRZEDSIĘBIORSTWIE



## ZASTOSOWANIE SIECI NEURONOWYCH DO WSPOMAGANIA HEDGINGU Z DŁUGIMI POZYCJAMI W OPCJACH KUPNA

**Streszczenie:** Ryzyko zmian cen ropy naftowej jest szczególnie istotne z perspektywy przedsiębiorstw zajmujących się sprzedażą i przerobem tego surowca. Skuteczność stosowania narzędzi wykorzystywanych do zabezpieczania się przed wspomnianym ryzykiem, jest silnie powiązana z umiejętnością przewidywania kierunku zmian cen ropy naftowej. Przedmiotem rozdziału jest zbadanie możliwości wykorzystania sztucznych sieci neuronowych w poszukiwaniu sygnałów zajęcia długiej pozycji w europejskich opcjach kupna. Uzyskane wyniki pokazują, że sieci neuronowe mogą stanowić przydatne narzędzie wspierające proces zabezpieczania przed ryzykiem wzrostu cen ropy naftowej.

**Słowa kluczowe:** instrumenty pochodne, ropa naftowa, ryzyko cenowe, sztuczne sieci neuronowe

### 1. WPROWADZENIE

Ropa naftowa od wielu lat pozostaje głównym źródłem energii (BP Statistical Review of World Energy 2019). Jej ceny odgrywają kluczową rolę zarówno dla państw posiadających znaczne zasoby tego surowca, jak i tych, które są uzależnione od dostaw z zagranicy. Zmiany cen ropy naftowej są istotne zwłaszcza z perspektywy krajów, które opierają swoją gospodarkę na produkcji ropy oraz handlu ropą i produktami naftowymi. Ceny ropy mają również duży wpływ na działalność przedsiębiorstw – zwłaszcza produkcyjnych, dla których wahania ceny surowców czy po prostu kosztów transportu mogą stanowić duże zagrożenie w utrzymaniu bieżącej płynności finansowej.

Prognozy cen ropy naftowej stają się zatem jednym z kluczowych aspektów dla przyszłych kierunków zmian gospodarczych. Nie dziwią zatem liczne próby przewidywania cen tego surowca. Zadania tego podejmują się największe światowe spółki sektora naftowego (m.in. BP), a także kraje będące czołowymi producentami ropy (kartel OPEC). Prognozy cen ropy opracowują również banki inwestycyjne (Reffeißen Bank), organizacje międzynarodowe, takie jak IEA (International Energy Administration) czy EIA (Energy Information Administration),

---

\* AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Zarządzania, Katedra Informatyki Stosowanej

\*\* AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Zarządzania, Katedra Zarządzania w Energetyce

oraz organizacje o charakterze finansowym: World Bank, IHS Global Insight czy International Monetary Fund (An i in. 2019). Jednym z podstawowych problemów związanych z metodami stosowanymi przez wymienione instytucje i organizacje jest to, że bazują one zazwyczaj na tych samych parametrach rynkowych. Co więcej, poszczególne instytucje w swoich przewidywaniach przyszłych cen ropy odnoszą się do istniejących prognoz innych instytucji, w konsekwencji czego ich wartość poznawcza staje się mocno ograniczona. Dodatkowo przy takim podejściu błędy popełnianie w jednej metodzie są automatycznie dziedziczone w metodach powiązanych.

Jedną z metod odbiegających od klasycznego podejścia stosowanego przy predykcji cen ropy naftowej jest uczenie maszynowe (An i in. 2019). W rozdziale tym skupiono się na analizie możliwości wykorzystania sztucznych sieci neuronowych (ang. *artificial neural network*) w zabezpieczeniu przed ryzykiem wzrostu cen ropy naftowej. Ponieważ jednym z najbardziej popularnych podejść stosowanym przez duże przedsiębiorstwa produkcyjne w procesie zarządzania ryzykiem zmian cen surowców jest wykorzystywanie kontraktów opcyjnych, autorzy podjęli próbę zwiększenia skuteczności ich stosowania. W tym celu wykorzystano sztuczne sieci neuronowe, a głównym celem realizowanym w opracowaniu jest oparte na wybranych parametrach rynkowych poszukiwanie sygnałów – pozwalających na zajęcie długich pozycji w opcjach kupna wystawionych na ropę WTI (ang. *West Texas Intermediate*).

## 2. KONTRAKTY OPCYJNE A SZTUCZNE SIECI NEURONOWE

Spośród instrumentów pochodnych zdecydowanie największy potencjał w możliwości ich wykorzystania w procesie hedgingu<sup>1</sup> mają opcje. Kluczowym aspektem z perspektywy podmiotów aktywnie uczestniczących w rynku opcji jest sposób kształtowania się premii opcyjnej (ceny opcji). Dla nabywcy opcji jest to maksymalna strata, jaką może on ponieść z tytułu nabycia prawa do decydowania o zrealizowaniu opcji bądź jej wygaśnięciu bez realizacji w określonym terminie w przyszłości. Dla wystawcy opcji będzie to z kolei maksymalny zysk, który osiągnie, gdy opcja wygaśnie bez realizacji. Sposób ustalania premii opcyjnej jest jednym z kluczowych zagadnień matematyki finansowej i stanowił przedmiot badań naukowców już na przełomie XIX i XX wieku. Przełomem w tych badaniach okazały się prace Blacka i Scholesa, którzy przedstawili model wyceny europejskiej opcji kupna, wystawionej na akcję bez możliwości wypłaty dywidendy. Rozwiązanie Blacka i Scholesa opiera się na konstrukcji portfela pozbawionego ryzyka, w którego skład wchodzi zarówno opcje, jak i instrument bazowy (Black, Scholes 1973). Autorzy przyjmują, że ceny instrumentu bazowego poruszają się zgodnie z ruchem Browna, a parametry takie jak zmienność (ang. *volatility*) czy stopa procentowa wolna od ryzyka (ang. *risk free*) są stałe w całym okresie aktywności opcji. Przyjęcie tych uproszczeń spowodowało, że model stał się łatwy w aplikacji i bardzo

---

<sup>1</sup> Hedging definiuje się jako działania mające na celu zabezpieczenie się przed negatywnymi zmianami cen – akcji, indeksów akcji, indeksów giełdowych czy surowców i otrzymywanych z nich produktów (Mostowy, Szeląg 2005).

szybko zyskał popularność, a środowisko naukowe podjęło próby jego wykorzystania także w odniesieniu do innych aktywów. W rezultacie jeszcze w 1973 roku Merton, opierając się na rozważaniach Blacka i Scholesa, opracował model wyceny europejskiej opcji kupna na akcję, ze stałą stopą dywidendy w okresie jej aktywności, a niedługo później Black model na wycenę europejskich opcji towarowych (Black 1976).

Model Blacka–Scholesa (i modele pochodne, takie jak chociażby model Blacka z 1976 roku) – pomimo że okazał się kamieniem milowym w poszukiwaniu modelu wyceny opcji – spotkał się także z krytyką, która była związana z przyjętymi w nim założeniami, znacznie upraszczającymi rzeczywistość. Badania prowadzone w kolejnych latach dotyczyły przede wszystkim problemu stałości parametrów początkowych i próby wyrażania ich w inny sposób (m.in. przez wykorzystanie procesów stochastycznych). Modele te okazywały się zazwyczaj zbyt trudne w aplikacji, a uzyskane wnioski można było odnosić jedynie do specyfiki danego instrumentu bazowego, a co za tym idzie nie mogły stanowić podstawy do uogólnień (Bakshi i in. 1997).

W kontekście dużej złożoności problemu wyceny opcji, wykorzystanie technik nieparametrycznych, takich jak sztuczne sieci neuronowe (ang. *artificial neural networks*; ANNs), okazało się obiecującą alternatywą dla modeli parametrycznych (m.in. modelu Blacka–Scholesa). Jak zauważyli Andreou i in. (2008), zdecydowaną zaletą stosowania sztucznych sieci neuronowych jest to, że ceny opcji są szacowane w tym przypadku w sposób indukcyjny, wykorzystując przy tym dane historyczne lub zmienne uzyskiwane z modeli parametrycznych (ang. *implied variables*). Co więcej, cena opcji jest nieliniową funkcją wielu zmiennych, zatem modele ANNs można traktować jako empiryczne przybliżenie funkcji wyceny opcji. Poza tym częste uczenie sieci neuronowych umożliwia ich dostosowywanie do zmieniającej się sytuacji na rynku instrumentu bazowego, na który wystawiona jest opcja (Hutchinson i in. 1994; Lajbcygier i in. 1996; Garcia, Gencay 2000; Andreou i in. 2008).

W literaturze można znaleźć próby wyceny opcji przy użyciu sztucznych sieci neuronowych. Przedmiotem badań pracy Hutchinsona i in. (1994) stanowiły opcje na indeks S&P500. Do prognozowania cen tych opcji wykorzystali oni sieci neuronowe, a analiza objęła lata 1987–1991. Autorzy pokazali, że przy ustaleniu jako zbiór uczący danych z dwuletniego okresu, można w znacznym stopniu poprawić prognozę cen opcji na analizowany indeks w stosunku do parametrycznego modelu Blacka–Scholesa. Sieci neuronowe sprawdziły się także w tzw. delta hedgingu. Autorzy podkreślili we wnioskach prawdopodobną wysoką skuteczność modeli wyceny opcji z sieciami neuronowymi w odniesieniu do rynków z wysoką zmiennością cen (ang. *volatility markets*). Z kolei prace Lin i Yeh (2005, 2009) dotyczyły opcji na tajwański indeks giełdowy TAIEX. W swoich rozważaniach do prognozowania cen opcji wykorzystali sieci neuronowe uczone metodą propagacji wstecznej (ang. *back-propagation*), a analizowany okres objął cały 2002 i 2003 rok. Autorzy porównali skuteczność modelu wyceny opcji opartego na sieciach neuronowych i modelu Blacka–Scholesa. Uzyskane wyniki – podobnie jak w przypadku pracy Hutchinsona i in. (1994) – pokazały, że na niestabilnym rynku (tzn. rynku z wysoką zmiennością, jakim okazał się rynek analizowanego indeksu giełdowego) sieci neuronowe pozwalają na bardziej precyzyjne prognozowanie cen

opcji niż tradycyjny model Blacka–Scholesa. Ci sami autorzy wykorzystali także model z sieciami neuronowymi do udoskonalenia parametrycznych modeli wyceny opcji, takich jak: model drzew dwumianowych (ang. *binomial trees*), model różnic skończonych (ang. *finished differences*) i symulacja Monte Carlo. Ceny opcji wystawionej na indeks TAIFEI (w latach 2006–2007) uzyskane w wymienionych modelach parametrycznych potraktowano jako dane wejściowe w modelu sieci neuronowej (liniowym i wielowarstwowym), a także modelu regresyjnych wektorów nośnych (ang. SVR – *support vector regression*). Najlepsze przybliżenia opcji uzyskano w modelach ze sztucznymi sieciami neuronowymi.

Modele ze sztucznymi sieciami neuronowymi oraz model SVR zastosował także Marjak (2013) w odniesieniu do wyceny opcji na indeks WIG20. Dla modeli z sieciami algorytmem uczącym ustanowiono algorytm RPROP<sup>2</sup> (ang. *Resilient Backpropagation*; więcej na temat algorytmu: Riedmiller, Braun 1992). Uzyskane rezultaty zostały porównane z modelem Blacka–Scholesa. Najlepsze wyniki (obciążone najmniejszymi błędami RMSE i MAE) uzyskano dla modeli z sieciami neuronowymi, w których jako jeden z parametrów wejściowych użyto zmienności implikowanej opcji (stosowano także warianty ze zmiennością historyczną zarówno w odniesieniu do modeli parametrycznych, jak i nieparametrycznych).

Z kolei Yao i in. (2000) wykorzystali sieci neuronowe z propagacją wsteczną do prognozy cen indeksu Nikkei 225 futures. Uzyskane wyniki ponownie porównano z cenami opcji uzyskanymi przy użyciu modelu Blacka–Scholesa (BS). Autorzy pokazali, że parametryczny model Blacka–Scholesa spisuje się lepiej przy wycenie opcji ATM (opcji, których cena wykonania jest równa cenie instrumentu bazowego z dnia zawierania umowy, natomiast prognozy przy użyciu sieci neuronowych dawały lepsze wyniki dla pozostałych opcji (z ceną wykonania różniącą się od tej, która przypisana jest do opcji ATM).

Autorzy niniejszego rozdziału proponują nowe podejście w wykorzystaniu sieci neuronowych w odniesieniu do opcji i rynku ropy naftowej. Jak wynika z przeglądu literatury, dotychczasowe badania skupiały się przede wszystkim na możliwościach wykorzystania modeli ANNs w wycenie opcji. W niniejszej pracy proponuje się poszukiwanie sygnałów zajmowania długich pozycji w opcjach kupna na ceny ropy WTI przy użyciu ANNs w celu zabezpieczania się przed wzrostami cen tego surowca. Wydaje się, że tak sformułowany problem jest szczególnie interesujący z perspektywy aktywnych uczestników rynku opcji i może stwarzać nowe możliwości rozwoju w procesie zabezpieczania się (hedgingu) przed zmianami cen instrumentu bazowego (w tym przypadku ropy naftowej). Jak zaznaczono, modele ANNs wykorzystywano w procesie delta-hedgingu, tj. konstruowaniu portfela zabezpieczającego składającego się z instrumentu bazowego i opcji wystawionej na ten instrument bazowy w ten sposób, by zmiana ceny instrumentu bazowego nie powodowała zmiany wartości portfela (utrzymywanie współczynnika delta na poziomie bliskim zeru przez modyfikowanie liczby pozycji zajmowanej w opcjach zabezpieczających dany instrument bazowy). Sama idea delta-hedgingu przewiduje jednak konieczność częstego korygowania składu takiego

---

<sup>2</sup> W algorytmie do ustalania wag uwzględnia się jedynie znak pochodnej, a nie jej wartość. W tym przypadku współczynnik uczenia zwiększa się, gdy w dwóch kolejnych krokach znaki gradientu są jednakowe, a zmniejsza w przeciwnym przypadku.

portfela, w konsekwencji czego koszty transakcyjne mogą w znacznym stopniu zredukować ewentualne zyski wynikające ze stosowania takiej formy zabezpieczenia. Co więcej, dotychczasowe badania nie wykazały istotnych różnic w skuteczności pomiędzy konstrukcją portfela delta-neutralnego opartą na modelach parametrycznych i nieparametrycznych, takich jak chociażby modele ANNs (Hutchinson i in. 1994; Garcia, Gencay 2000; Gencay, Qi 2001; Schittenkopf, Dorffner 2001; Bakshi i in. 2007; Andreou i in. 2008). Co więcej, modele ANNs, które sprawdzały się lepiej w predykcji cen opcji, niekoniecznie dawały lepsze rezultaty w delta-hedgingu – głównie ze względu na wysoki poziom skomplikowania i czasochłonność stosowania tych modeli.

Specyfika modeli ANNs i fakt, że przez wykorzystanie odpowiednich algorytmów uczenia przystosowują się one do zmieniających warunków rynkowych, pozwala jednak sądzić, że mogą one stanowić mocne wsparcie dla hedgingu statycznego. Niewątpliwą przewagą hedgingu statycznego w porównaniu z hedgingiem dynamicznym jest to, że nie ma w tym przypadku konieczności konstruowania, a następnie modyfikowania składu portfela (co znacznie zmniejsza koszty transakcyjne). W tym podejściu zajmuje się pozycję w odpowiednich opcjach kupna bądź sprzedaży po to, by zabezpieczyć się przed wzrostami lub spadkami cen instrumentu bazowego. Kluczowy z perspektywy skuteczności stosowania takiego zabezpieczenia pozostaje jednak moment zajęcia pozycji w opcji.

### 3. OPIS DANYCH

Część empiryczna niniejszego rozdziału dotyczy cen ropy naftowej WTI, notowanej na giełdzie NYMEX. Jest to nowojorska giełda, stanowiąca ważny segment amerykańskich giełd, określanych jako CME Group. W rozważaniach uwzględniono ceny futures ropy WTI z dostawą na najbliższy miesiąc (w dalszej części rozdziału cena ta określana jest w skrócie jako cena futures WTI) w okresie od 16 czerwca 2009 roku do 14 marca 2019 roku. Autorzy opracowania skupili się na możliwościach wykorzystania długich pozycji w europejskich opcjach kupna w zabezpieczaniu się przed ryzykiem wzrostu cen ropy WTI. W rozważaniach wykorzystano wyłącznie opcje ATM (ang. *At The Money*), a więc takie, których cena wykonania była równa cenie futures WTI (w dol. za baryłkę) z danego dnia. Dla każdego dnia, w którym opcja była aktywna, ustalono wynik, jaki zostałby osiągnięty przez podmiot decydujący się nabyć opcję kupna i utrzymywać tę pozycję do dnia wygaśnięcia opcji. Wynik ten był obliczany jako różnica między ceną futures WTI z dnia wygaśnięcia opcji (ostatni dzień aktywności opcji) a ceną wykonania opcji i pomniejszony o koszt zabezpieczenia (jednostkowa wartość premii opcyjnej wyrażona w USD w przeliczeniu na jedną baryłkę ropy). Przy ustalaniu premii opcyjnej posłużono się wspomnianym już modelem Blacka. W celu ustalenia poziomu zmienności cen (parametru niezbędnego w wycenie opcji przy stosowanym modelu) wyznaczono dzienne odchylenia cen futures WTI, następnie obliczono średni poziom tych odchyżeń dla ostatnich dwudziestu dni, a otrzymaną wartość wyrażono w skali roku. Termin realizacji rozpatrywanych opcji, która przypisana



była do konkretnego miesiąca dostawy, wahał się od 31 dni do 1 dnia – zgodnie z ideą wykorzystania w rozważaniach wyłącznie cen futures ropy WTI z najbliższym możliwym terminem dostawy.

Dodatkowo dla przedstawionego zbioru obserwacji obliczone zostały następujące wartości:

- odchylenie standardowe z  $n$  ostatnich wartości ceny futures WTI, gdzie  $n \in \{1, 2, 3, \dots, 9, 10, 12, 14, \dots, 28, 30, 35, 40, 45, 50\}$ ;
- średnia arytmetyczna z  $n$  ostatnich wartości ceny futures WTI, gdzie  $n \in \{1, 2, 3, \dots, 9, 10, 12, 14, \dots, 28, 30, 35, 40, 45, 50\}$ , czyli tzw. średnia krocząca;
- liczba dni do wygaśnięcia opcji.

W wykorzystanej na potrzeby rozdziału metodzie wyznaczania momentu zakupu (zajmowania długiej pozycji w opcji) autorzy przyjęli, że moment ten może nastąpić jedynie na zamknięciu sesji danego dnia. Jest to konsekwencja wykorzystania przy ustalaniu wartości odchyłek standardowych i średnich kroczących cen futures WTI, które były cenami zamknięcia.

Przedstawione powyżej zbiory wartości (odchylenia standardowe, średnie kroczące cen futures WTI oraz liczba dni do wygaśnięcia kontraktu opcyjnego) zostały wybrane z następujących powodów:

- Zmienność cen instrumentu bazowego jest parametrem, który istotnie wpływa na wysokość premii opcyjnej. Wartość tego parametru jest ściśle związana ze sposobem kształtowania się odchylenia standardowego tych cen. Koszt zabezpieczenia, a w konsekwencji ostateczny wynik nabywcy opcji kupna zależy zatem od poziomu tego wskaźnika.
- Średnią krocząca stosuje się w analizie technicznej.
- Liczba dni pozostałych do wygaśnięcia wpływa na poziom premii opcyjnej (koszt zabezpieczenia), a zatem na ostateczny wynik osiąganym przez nabywcę opcji kupna.

#### 4. OPIS TECHNIKI WYKONYWANIA OBLICZEŃ

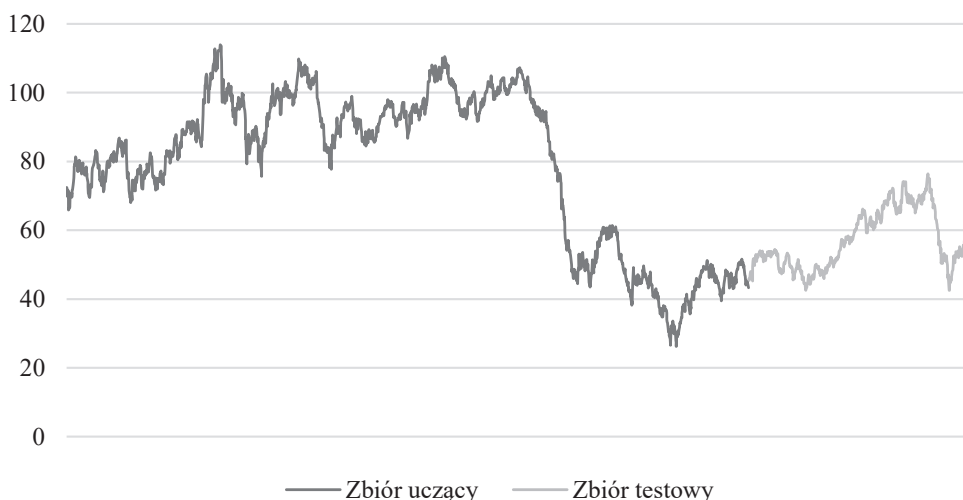
Do wspomaganie decyzji o zabezpieczeniu podmiotu przed wzrostem cen ropy WTI poprzez nabycie opcji kupna (ang. *long call*) zostały wykorzystane sztuczne sieci neuronowe (ang. *artificial neural networks* – ANN) typu Multilayer Perceptron (MLP). Zaproponowana metoda wyznaczania momentu zabezpieczenia przy wykorzystaniu ANN w dalszej części opracowania określana będzie mianem HANN.

Sieci neuronowe wykorzystane w metodzie HANN zostały zaimplementowane w środowisku Microsoft Excel. Do nauki sieci neuronowej użyto algorytmów ewolucyjnych, zaimplementowanych w dodatku do programu Excel o nazwie Solver.

Każda z sieci obejmowała warstwę wejściową, warstwę ukrytą i warstwę wyjściową. Warstwa wejściowa liczyła 24 lub 25 neuronów, w zależności od tego czy do sieci podawane były wartości wyznaczonych odchyłek standardowych (SD), czy średnich kroczących (MA). W przypadku obydwu sieci [HANN(SD) oraz HANN(MA)] jeden neuron odpowiedzialny był za wprowadzenie do sieci wartości liczby dni do wygaśnięcia kontraktu. Warstwa ukryta

złożona była z neuronów w liczbie od 1 do 7 (przy czym sieci zawierające tylko jeden neuron w warstwie ukrytej, dla rozważanego przypadku działają analogicznie do sieci nieposiadających tej warstwy). Neurony warstwy ukrytej uwzględniały dodatkowy sygnał wejściowy (bias), którego wielkość również podlegała modyfikacji w trakcie procesu uczenia. Warstwę wyjściową sieci stanowił zawsze jeden neuron. Dla neuronów warstwy wejściowej i ukrytej zastosowane zostały liniowe funkcje aktywacji, natomiast neuron wyjściowy zawierał unipolarną funkcję aktywacji, zwracającą wartość binarną. Wartość 1 otrzymana na wyjściu sieci oznaczała wygenerowanie sygnału nabycia opcji kupna, natomiast wartość 0 była równoznaczna z brakiem takiego sygnału.

Do nauki sieci o zaprezentowanej strukturze wykorzystano algorytmy ewolucyjne. W celu weryfikacji wpływu czynników takich jak wielkość populacji oraz szybkość mutacji na wyniki osiągane przez sieci proces nauki powtarzany był sto razy dla danej kombinacji parametrów. Zbiór obserwacji został podzielony na zbiór uczący i testowy w proporcji odpowiednio: 75% do 25%. Pierwszych 49 obserwacji (czas od 16 czerwca do 26 sierpnia 2009 roku) nie zostało uwzględnionych ze względu na konieczność wyznaczenia wartości odpowiednio: odchylenia standardowego oraz średniej ruchomej z ostatnich (dla danej obserwacji) 50 notowań. W celu analizy jedynie pełnych okresów notowania danego zabezpieczenia o najkrótszym terminie wykonania zostały pominięte również dane z okresu od 26 sierpnia do 16 września 2009 roku. Na rysunku 1 przedstawiono notowania cen futures ropy WTI z podziałem na zbiór uczący i zbiór testowy.



**Rys. 1.** Notowania futures ropy WTI z dostawą na najbliższy miesiąc (w dol. za baryłkę)

Źródło: opracowanie własne na podstawie (US Energy Information Administration 2020)

Wynikiem działania proponowanych sieci neuronowych jest uzyskanie informacji o sugerowanym zastosowaniu (co jest tożsame z zajęciem bądź niezajmowaniem długiej pozycji w opcji kupna) lub powstrzymaniu się od zastosowania zabezpieczenia. W związku z tym proponowana sieć jest narzędziem wspomagającym decyzje podmiotu zabezpieczającego przy podejmowaniu działań chroniących przed ryzykiem wzrostu cen ropy WTI. Zastosowanie sieci ma bowiem pozwolić na wygenerowanie sygnałów nabycia opcji kupna, dzięki czemu wynik końcowy osiągnięty na rynku derywatów (opcji) będzie lepszy niż w przypadku niezastosowania tych narzędzi. W dalszej części opracowania sygnały te zostały określone w skrócie jako „sygnały kupna”.

Wynikiem działania sieci na zbiorze notowań  $C$  jest wartość parametru  $PV$  (oczekiwany zysk), liczonego na podstawie następującego wzoru:

$$PV = \sum_{c \in C} o_c \cdot v_c \quad (1)$$

gdzie  $c$  jest elementem zbioru  $C$ ,  $v_c$  oznacza wartość zysku z zakupu zabezpieczenia w momencie  $c$ , natomiast  $o_c$  reprezentuje binarną wartość wyjścia sieci dla elementu  $c$ .

W celu weryfikacji jakości działania sieci wyznaczone zostały trzy wskaźniki stanowiące punkty referencyjne dla wyników otrzymywanych przez sieć:

- 1) zysk maksymalny ( $ZM$ ) oznacza sumę zysków z zajęcia pozycji long call dla wszystkich dni, dla których wynik końcowy wynikający z nabycia opcji kupna był większy od zera; wartość wskaźnika  $ZM$  liczona jest na podstawie następującego wzoru:

$$ZM = \sum_{c \in C} z_c \cdot v_c \quad (2)$$

gdzie  $z_c$  oznacza zmienną binarną opisaną następującym wzorem:

$$z_c = \begin{cases} 1, & \text{jeżeli } v_c > 0 \\ 0, & \text{jeżeli } v_c < 0 \end{cases} \quad (3)$$

- 2) strata maksymalna ( $SM$ ) oznacza sumę wszystkich tylko i wyłącznie strat dla pozycji long call w danym okresie; do obliczenia wartości wskaźnika  $SM$  służy następujący wzór:

$$SM = \sum_{c \in C} s_c \cdot v_c \quad (4)$$

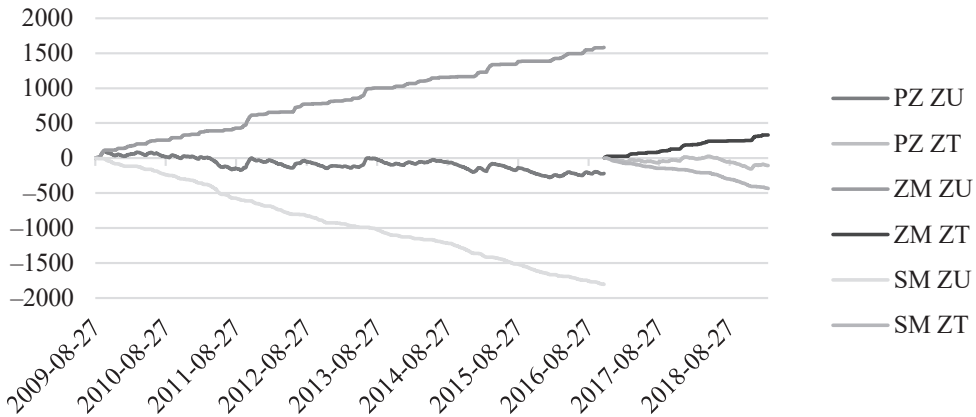
gdzie  $s_c$  oznacza zmienną binarną wyrażoną wzorem:

$$s_c = \begin{cases} 1, & \text{jeżeli } v_c < 0 \\ 0, & \text{jeżeli } v_c > 0 \end{cases} \quad (5)$$

- 3) przeciętny zysk ( $PZ$ ) oznacza sumaryczną wartość zysku z zakupu opcji kupna w każdym kolejnym dniu notowań w danym okresie; wskaźnik  $PZ$  opisany jest następującym wzorem:

$$PZ = \sum_{c \in C} v_c = ZM + SM \quad (6)$$

W przypadku każdego z przedstawionych wskaźników przyjęto założenie, że danego dnia można nabyć maksymalnie jedną opcję kupna. Takie samo założenie zostało przyjęte przy badaniu efektywności działania sieci – wygenerowany sygnał kupna był interpretowany jako zakup jednej opcji kupna. Wykresy prezentujące zachowanie wyznaczonych wskaźników dla kolejnych elementów zbioru uczącego (ZU) i testowego (ZT) zostały przedstawione na rysunku 2.



Rys. 2. Sposób kształtowania się wskaźników (ZM, SM, PZ) w czasie dla zbioru uczącego i testowego

Pomiędzy użytymi w rozważaniach wskaźnikami zachodzi zawsze następująca zależność:

$$ZM \geq PZ \geq SM \quad (7)$$

W tabeli 1 przedstawiono wartości wskaźników (ZM, SM, PZ) dla wszystkich notowań ze zbioru uczącego i zbioru testowego.

Tabela 1

Zestawienie wartości wskaźników dla zbioru uczącego i zbioru testowego

	<i>MZ</i>	<i>SM</i>	<i>PZ</i>
ZU	1566,92	-1795,83	-228,90
ZT	329,08	-433,24	-104,17

Wyznaczone wskaźniki posłużą do oceny jakości proponowanej metody wspomagania decyzji o zakupie zabezpieczenia w postaci opcji kupna (PV). Minimalna wartość, jaką powinien osiągnąć parametr PV, została wyznaczona jako:

$$PV \geq \max(PZ, 0) \quad (8)$$

Natomiast wartość, którą maksymalnie może osiągnąć wskaźnik  $PV$  (która to wartość stanowi także ograniczenie górne zysku, przy przyjętym założeniu zakupu dokładnie jednej opcji jednego dnia) jest równa wartości wskaźnika  $MZ$ . Sytuacja taka ( $PV = MZ$ ) miałaby oczywiście miejsce, gdyby dokładnie wszystkie wskazania sieci dotyczące nabycia opcji kupna były poprawne.

Ponieważ dla rozważanych zbiorów danych ( $ZU, ZT$ ) wartość wskaźnika  $PZ$  jest ujemna, metoda HANN powinna zwracać wartości nie mniejsze od 0 (kryterium to zostało przyjęte jako kryterium obligatoryjne). Poza tym wartość parametru  $PV$  powinna zmierzać do wartości  $MZ$  (im różnica wartości  $PV$  i  $MZ$  dla zbioru testowego jest mniejsza, tym działanie sieci można uznać za efektywniejsze). W celu weryfikacji jakości rozwiązania uzyskanego przez sieć przy uwzględnieniu wartości maksymalnej ( $MZ$ ) wyznaczony został dodatkowy wskaźnik:

$$\%MZ = \frac{PV}{MZ} \cdot 100\% \quad (9)$$

Wskaźnik  $\%MZ$  należy rozumieć jako procent najlepszego możliwego wyniku ( $MZ$ ), osiągnięty przez daną metodę ( $PV$ ). W dalszej części opracowania wykorzystano go do porównania rezultatów osiągniętych przez poszczególne sieci neuronowe.

## 5. WYNIKI

Na potrzeby tego rozdziału przeanalizowano dwie grupy sieci neuronowych: HANN(SD) oraz HANN(MA), różniące się danymi na wejściu do sieci. Jak już zaznaczono wcześniej, w przypadku warstwy wejściowej i ukrytej neuronów użyto liniowych funkcji aktywacji, natomiast dla warstwy wyjściowej była to funkcja unipolarna, zwracająca wartość binarną. Dla grup HANN(SD) i HANN(MA) badane parametry sieci przyjmowały następujące wartości:

- liczba neuronów w warstwie ukrytej (LN): {1, 2, ..., 6, 7},
- liczba osobników w populacji (LO): {1000, 5000, 10000},
- prawdopodobieństwo mutacji (PO): {0,01; 0,05; 0,1}.

Dla każdej z 63 ( $7*3*3$ ) kombinacji wartości wymienionych parametrów wytrenowano 100 sieci, gdzie kryterium stopu stanowił czas nauki bez poprawy wyników sieci przyjęty na poziomie 60 s. Dla obydwu grup sieci (SD i MA) wytrenowano zatem łącznie 12 600 sieci.

W tabelach 2 i 3 przedstawiono najlepsze wyniki osiągnięte przez dany zbiór sieci dla tej samej kombinacji wartości parametrów (Best). W rozważanym przypadku najlepszy wynik dla sieci o zadanych parametrach należy rozumieć jako wynik pozwalający na uzyskanie najwyższej wartości  $PV$  dla zbioru uczącego. Dodatkowo zostały załączone wyniki wskaźnika  $PV$  dla średniej z trzech najlepszych sieci (AVG3). Działanie to miało na celu zobrazowanie, w jakim stopniu wartość najlepsza (ze względu na  $PV$  dla zbioru uczącego) różni się od kolejnych dwóch wartości.

**Tabela 2**

Wyniki uzyskane w opcjach kupna (w dol. za baryłkę),  
dla których sygnał kupna generowano przez grupę sieci HANN(SD)

Liczba neuronów w warstwie ukrytej	Typ wyniku	Wielkość populacji	Zbiór danych						Najlepsze rezultaty (ZT)
			ZU			ZT			
			Prawdopodobieństwo mutacji			Prawdopodobieństwo mutacji			
			0,01	0,05	0,1	0,01	0,05	0,1	
1	Best	1000	251,6	264,9	262,1	-99,1	-123,5	-105,2	<b>-99,1</b>
		5000	224,0	238,0	255,5	-97,2	-104,6	-108,7	<b>-97,2</b>
		10 000	242,7	245,6	242,7	-110,2	-108,0	-110,2	<b>-108,0</b>
	AVG3	1000	242,1	258,3	252,2	-111,4	-103,7	-106,4	
		5000	222,0	233,0	236,7	-91,8	-115,3	-96,8	
		10 000	235,6	242,8	236,8	-102,7	-103,9	-105,5	
2	Best	1000	235,2	243,2	249,7	-108,3	-80,2	-70,7	<b>-70,7</b>
		5000	271,1	271,1	271,1	-128,3	-128,3	-128,3	<b>-128,3</b>
		10 000	272,8	271,1	271,1	-84,8	-128,3	-128,3	<b>-84,8</b>
	AVG3	1000	231,8	239,7	236,4	-106,8	-110,9	-92,2	
		5000	249,9	251,7	247,8	-121,0	-98,0	-116,9	
		10 000	262,7	253,2	255,7	-111,2	-120,6	-121,4	
3	Best	1000	246,2	254,3	255,8	-85,9	-95,2	-104,1	<b>-85,9</b>
		5000	247,7	247,7	247,7	-84,2	-84,2	-84,2	<b>-84,2</b>
		10 000	259,3	248,8	248,8	-104,5	-111,9	-111,9	<b>-104,5</b>
	AVG3	1000	239,4	247,2	247,6	-103,2	-98,9	-96,5	
		5000	245,2	247,2	245,2	-91,4	-84,8	-91,4	
		10 000	251,9	247,6	247,6	-100,2	-94,0	-94,0	
4	Best	1000	232,6	227,0	242,6	-101,9	-100,0	-125,5	<b>-100,0</b>
		5000	240,4	247,3	239,9	-88,7	-118,9	-119,6	<b>-88,7</b>
		10 000	282,1	282,1	282,1	-116,0	-116,0	-116,0	<b>-116,0</b>
	AVG3	1000	227,9	220,9	238,8	-102,8	-103,2	-117,5	
		5000	238,0	240,4	235,5	-99,2	-108,5	-102,8	
		10 000	259,7	259,7	261,4	-109,4	-109,4	-109,4	
5	Best	1000	230,8	261,8	238,9	-67,5	-111,1	-103,8	<b>-67,5</b>
		5000	247,0	247,0	247,0	-97,0	-111,4	-111,4	<b>-97,0</b>
		10 000	260,3	270,9	257,9	-107,8	-81,2	-77,1	<b>-77,1</b>
	AVG3	1000	229,6	244,4	233,2	-95,0	-108,7	-109,1	
		5000	245,4	242,0	244,8	-96,4	-84,7	-94,2	
		10 000	255,2	258,7	250,7	-96,5	-87,6	-97,7	

Tabela 2 cd.

Liczba neuronów w warstwie ukrytej	Typ wyniku	Wielkość populacji	Zbiór danych						Najlepsze rezultaty (ZT)
			ZU			ZT			
			Prawdopodobieństwo mutacji			Prawdopodobieństwo mutacji			
			0,01	0,05	0,1	0,01	0,05	0,1	
6	Best	1000	230,8	261,8	238,9	-67,5	-111,1	-103,8	-67,5
		5000	247,0	247,0	247,0	-97,0	-111,4	-111,4	-97,0
		10 000	260,3	270,9	257,9	-107,8	-81,2	-77,1	-77,1
	AVG3	1000	229,6	244,4	233,2	-95,0	-108,7	-109,1	
		5000	245,4	242,0	244,8	-96,4	-84,7	-94,2	
		10 000	255,2	258,7	250,7	-96,5	-87,6	-97,7	
7	Best	1000	241,3	241,3	241,3	-80,0	-80,0	-80,0	-80,0
		5000	265,4	265,4	265,4	-112,3	-112,3	-112,3	-112,3
		10 000	265,4	265,4	265,4	-112,3	-112,3	-112,3	-112,3
	AVG3	1000	235,7	234,3	234,8	-84,1	-83,7	-91,1	
		5000	255,5	255,5	256,0	-115,0	-115,0	-115,3	
		10 000	255,5	255,5	255,5	-115,0	-115,0	-115,0	
Najlepsze rezultaty (ZT)					-67,54	-79,97	-70,71		

Ponieważ wartości parametru PV dla wszystkich rozważanych sieci z grupy HANN(SD) były ujemne (czyli nie spełniały założonego przez autorów kryterium (7) o nieujemności wartości PV), autorzy uznali tę grupę za nienadającą się do wspomaganiania decyzji o zastosowaniu zabezpieczenia. W związku z tym wyniki sieci grupy HANN(SD) nie zostały poddane dalszej analizie.

Drugi z badanych zbiorów argumentów wejściowych do sieci obejmował wyszczególnione w poprzedniej części rozdziału wartości średniej ruchomej. Wyniki działania sieci z grupy HANN(MA) zostały zaprezentowane w tabeli 3.

Tabela 3

Wyniki uzyskane w opcjach kupna (w dol. za barylkę), dla których sygnał kupna generowano przez grupę sieci HANN(MA)

Liczba neuronów w warstwie ukrytej	Typ wyniku	Wielkość populacji	Zbiór danych						Najlepsze rezultaty (ZT)
			ZU			ZT			
			Prawdopodobieństwo mutacji			Prawdopodobieństwo mutacji			
			0,01	0,05	0,1	0,01	0,05	0,1	
1	Best	1000	207,0	200,0	209,5	73,8	77,9	74,5	77,9
		5000	216,1	216,1	216,1	58,7	58,7	58,7	58,7
		10 000	216,1	216,1	216,1	58,7	58,7	58,7	58,7

Tabela 3 cd.

1	AVG3	1000	194,8	194,5	206,7	74,9	63,9	70,1	
		5000	213,5	213,5	213,5	56,5	56,5	56,5	
		10 000	214,6	214,6	214,6	60,7	60,7	60,7	
2	Best	1000	213,9	213,9	213,9	70,2	70,2	70,2	<b>70,2</b>
		5000	230,5	230,5	230,5	81,7	81,7	81,7	<b>81,7</b>
		10 000	230,5	230,5	230,5	81,7	81,7	81,7	<b>81,7</b>
	AVG3	1000	206,3	203,6	199,1	54,9	68,2	72,9	
		5000	217,9	215,6	216,4	45,4	71,8	71,1	
		10 000	219,0	217,8	218,4	66,7	67,5	73,4	
3	Best	1000	217,4	193,3	209,7	48,6	-40,8	62,3	<b>62,3</b>
		5000	201,0	203,9	201,0	56,3	66,7	56,3	<b>66,7</b>
		10 000	206,4	212,3	208,6	74,3	71,9	79,9	<b>79,9</b>
	AVG3	1000	200,2	186,6	202,5	61,8	31,9	64,5	
		5000	197,7	199,1	196,5	64,9	64,7	60,5	
		10 000	204,8	207,7	206,5	68,9	72,6	75,3	
4	Best	1000	218,5	209,6	200,0	67,5	73,3	65,2	<b>73,3</b>
		5000	210,6	210,6	210,6	66,8	66,8	66,8	<b>66,8</b>
		10 000	220,9	220,9	220,9	86,9	86,9	86,9	<b>86,9</b>
	AVG3	1000	202,4	205,5	196,4	60,6	76,4	64,3	
		5000	206,9	205,4	206,5	70,5	72,0	66,6	
		10 000	216,5	217,8	218,3	74,7	80,0	74,7	
5	Best	1000	197,9	217,6	203,0	59,6	65,0	66,3	<b>66,3</b>
		5000	216,1	216,1	227,5	60,0	60,0	58,0	<b>60,0</b>
		10 000	216,1	216,1	216,1	60,0	60,0	60,0	<b>60,0</b>
	AVG3	1000	190,7	208,8	190,8	65,2	68,6	66,9	
		5000	208,2	205,6	216,3	59,0	63,3	64,9	
		10 000	210,3	203,7	205,9	71,8	65,9	65,2	
6	Best	1000	222,5	198,6	220,4	76,0	58,7	76,4	<b>76,4</b>
		5000	195,2	203,5	210,4	60,7	72,9	67,1	<b>72,9</b>
		10 000	222,3	222,3	222,3	67,2	67,2	67,2	<b>67,2</b>
	AVG3	1000	212,8	197,7	205,6	42,2	51,5	74,7	
		5000	192,5	197,9	204,0	69,4	67,7	64,5	
		10 000	212,7	215,5	212,7	73,3	66,1	73,3	
7	Best	1000	202,9	203,4	213,7	66,9	68,9	71,2	<b>71,2</b>
		5000	220,4	215,7	213,3	68,5	75,2	66,8	<b>75,2</b>
		10 000	216,3	216,6	219,0	82,5	52,1	81,4	<b>82,5</b>
	AVG3	1000	201,1	202,3	205,0	26,3	74,8	72,3	
		5000	210,5	212,3	208,6	71,4	74,2	70,4	
		10 000	212,5	212,6	213,7	76,6	66,5	64,1	
Najlepsze rezultaty (ZT)						86,9	86,9	86,9	



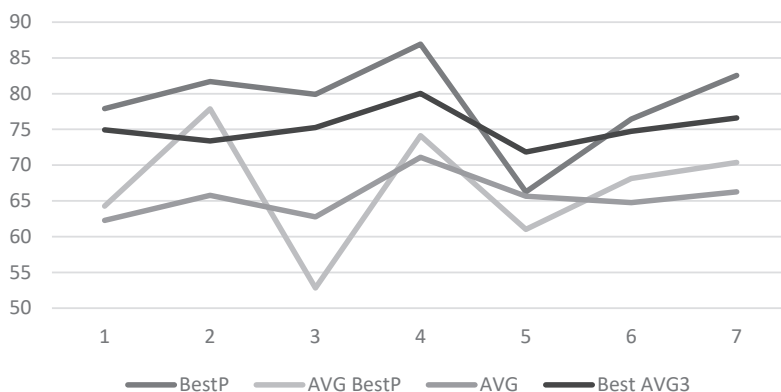
Zastosowanie sieci neuronowych z grupy HANN(MA) pozwoliło uzyskać dla zbioru testowego zdecydowanie wyższe wartości parametru  $PV$  niż w przypadku grupy HANN(SD). Jednocześnie należy zwrócić uwagę, że dla zbioru testowego wyniki HANN(MA) są gorsze od HANN(SD). Przyczyną takiego zjawiska mogą być mniejsze możliwości generalizacji sieci działającej na podstawie danych wykorzystujących wartości odchyień standardowych, w porównaniu do tych opartych na średnich ruchomych.

Wybierając sieć pozwalającą osiągnąć najlepszy wynik dla zbioru uczącego ( $PV=230,55$ ), możliwe byłoby osiągnięcie wskaźnika  $PV$  dla zbioru testowego na poziomie 81,7. Współczynnik  $\%MZ$  wyniósłby w takim przypadku blisko 25%. Najwyższa wartość parametru  $PV$  (w zbiorze testowym wyłącznie z wyszczególnionych sieci o najwyższym  $PV$  dla zbioru uczącego) wyniosła blisko 87, dla którego  $\%MZ$  był równy 26,8%.

Na rysunkach 3–5 został przedstawiony wpływ analizowanych parametrów sieci (tj. liczby neuronów w warstwie ukrytej, wielkości populacji oraz prawdopodobieństwa mutacji) na otrzymane przez daną sieć wyniki dla zbioru testowego. Dla każdej analizowanej wartości danego parametru sieci na wykresach przedstawione zostały:

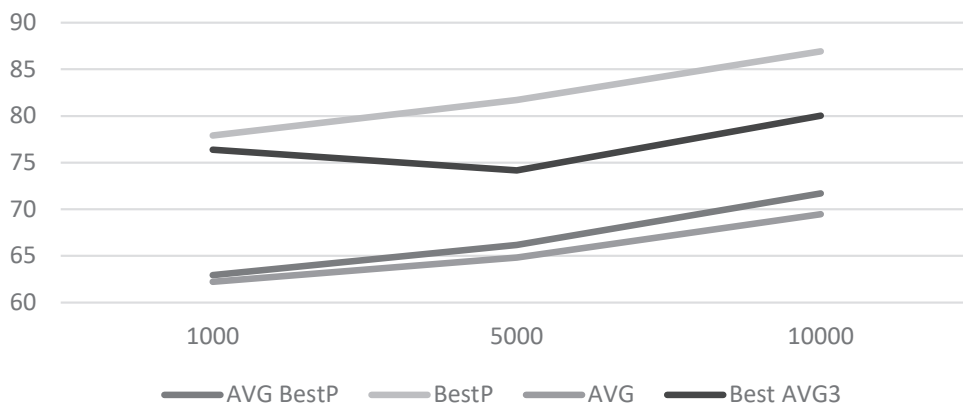
- najlepszy wynik osiągnięty przez wszystkie rozpatrywane sieci dla danej wartości analizowanego parametru (**BestP**);
- średnia ze wszystkich najlepszych wyników rozpatrywanych sieci dla każdej możliwej kombinacji wartości pozostałych (poza analizowanym) parametrów (**AVG BestP**);
- średnia ze wszystkich najlepszych sieci, gdzie dla danej kombinacji nierozpatrywanych (w ramach danego diagramu) parametrów brane są pod uwagę trzy (na podstawie AVG3 z tabeli 3) najlepsze wyniki (**AVG**);
- najlepszy wynik parametru AVG3 osiągnięty przez wszystkie rozpatrywane sieci dla danej wartości analizowanego parametru (**Best AVG3**).

Podkreślić należy, że kryterium doboru sieci stanowiła wartość osiągnięta przez sieć dla zbioru uczącego. Dlatego też sieć pozwalająca na osiągnięcie najlepszych wyników dla zbioru uczącego nie musiała być tożsama z siecią zwracającą najlepsze wyniki dla zbioru testowego. Zależność tę można zobaczyć m.in. na rysunku 3.



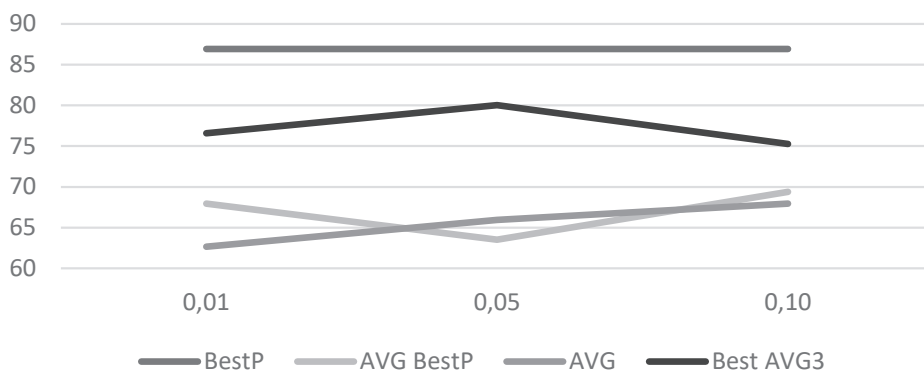
Rys. 3. Wpływ liczby neuronów w warstwie ukrytej na wynik HANN(MA) osiągnięty na zbiorze testowym

Najlepsze wyniki uzyskane zostały dla sieci HANN(MA) liczącej cztery neurony w warstwie ukrytej. Na uwagę zasługują także wyniki uzyskane dla sieci z pięcioma neuronami w warstwie ukrytej, dla których wartość wskaźnika Best AVG3 jest większa od wskaźnika BestP. Oznacza to, że najlepsza sieć pod względem uzyskanego wyniku dla zbioru uczącego nie jest lepsza (pod względem wyniku osiągniętego dla zbioru testowego) od przynajmniej jednej z trzech najlepszych sieci.



Rys. 4. Wpływ wielkości populacji na wynik HANN(MA) osiągnięty na zbiorze testowym

Dla różnej wielkości populacji (por. rys. 4) można zauważyć wyraźną tendencję poprawy osiąganego rezultatu przez sieć wraz ze zwiększaniem tego parametru. Obserwacja taka wydaje się zgodna z intuicją i znajduje potwierdzenie w danych.



Rys. 5. Wpływ prawdopodobieństwa mutacji na wynik HANN(MA) osiągnięty na zbiorze testowym

Jak można zauważyć na rysunku 5, najlepszy osiągnięty wynik dla każdego poziomu mutacji jest identyczny. Na podstawie wielkości pozostałych parametrów niemożliwe wydaje się wysnucie jednoznacznych wniosków o wpływie wielkości mutacji na poziom osiągniętych przez sieć wyników.

## 6. WNIOSKI

Autorzy tego rozdziału przeanalizowali możliwość wspomaganie decyzji o zabezpieczeniu się przed wahaniami (wzrostami) cen ropy WTI przez wykorzystanie długich pozycji w europejskich opcjach kupna. Zabezpieczenie takie pozwala na zmniejszenie ryzyka występującego na rynku ropy w związku z nierzadko dużymi fluktuacjami cen tego surowca. Autorzy wykorzystali w tym celu sztuczne sieci neuronowe do wygenerowania sygnału kupna, który jest tożsamy z zajęciem długiej pozycji w opcji kupna. Jedynymi informacjami wykorzystanymi przez sieci były wartości średniej kroczącej i odchylenia standardowego z określonej liczby ostatnich notowań, a także informacja o liczbie dni pozostałych do wygaśnięcia opcji. Analizowane dane objęły notowania z blisko dziesięciu lat, z czego ponad dwa lata zostały wyodrębnione jako zbiór testowy służący do weryfikacji uzyskiwanych rozwiązań. Należy zwrócić uwagę, że dane tworzące zbiór testowy stanowiły jeden ciągły okres (rozpoczynający się po danych zaliczonych do zbioru uczącego), dla którego nie następowało douczanie sieci. W związku z tym, dla ostatnich notowań zbioru testowego wyznaczono prognozy na podstawie wykrytych zależności wśród danych, z których ostatnie datowane były na ponad dwa lata wstecz. Pomimo tak rozległej czasowo próby testowej opisane w niniejszym rozdziale wyniki ukazują duży potencjał wykorzystania sztucznych sieci neuronowych do wspomaganie decyzji w zakresie zabezpieczania się przed zmianami cen ropy naftowej na podstawie kontraktów opcyjnych.

Przeprowadzone analizy pozwoliły na wysnucie wniosku, że sztuczne sieci neuronowe umożliwiają otrzymanie korzystniejszych wyników w opisanych formach zabezpieczeń, gdy wykorzystują jako dane wejściowe informacje dotyczące średnich ruchomych, a nie odchyłeń standardowych cen. Wniosek ten jest o tyle mało intuicyjny, że modele wyceny opcji opierają się m.in. na poziomie zmienności cen instrumentu bazowego, który jest ściśle powiązany właśnie z odchyleniem standardowym cen. Co więcej, parametr ten w sposób istotny oddziałuje na koszt zabezpieczenia, a w konsekwencji także na ostateczny wynik osiągnięty w kontraktach opcyjnych.

W następnych pracach autorzy zamierzają podjąć próbę zwiększenia wartości oczekiwanego zysku przy wykorzystaniu sztucznych sieci neuronowych. Interesującym kierunkiem badań wydaje się także sprawdzenie, czy narzędzia te mogą posłużyć do generowania sygnałów umożliwiających zabezpieczanie się również przed spadkami cen instrumentu bazowego, którym oprócz ropy naftowej mogą być także ceny innych surowców, akcje, indeksy giełdowe czy kursy walutowe.

## LITERATURA

- An J., Mikhaylov A., Moiseev N., 2019, *Oil price predictors: machine learning approach*, International Journal of Energy Economics and Policy, 9, 5, s. 1–6.
- Andreu P.C., Charalambous C., Martzoukos S.H., 2008, *Pricing and trading European options by combining artificial neural networks and parametric models with implied parameters*, European Journal of Operational Research, 185, 3, s. 1415–1433.
- Bakshi G., Cao C., Chen Z., 1997, *Empirical performance of alternative options pricing models*, Journal of Finance, 52, 5, s. 2003–2049.
- Black F., Scholes M., 1973, *The pricing of option and corporate liabilities*, Journal of Financial Economics, 3, s. 637–654.
- Black F., 1976, *The pricing of commodity contracts*, Journal of Political Economy, 81, 3, s. 167–179.
- BP Statistical Review of World Energy, 2019, 68<sup>th</sup> edition, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf> [dostęp: 10.03.2020].
- Garcia R., Gencay R., 2000, *Pricing and hedging derivative securities with neural networks and a homogeneity hint*, Journal of Econometrics, 94, 1–2, s. 93–115.
- Gencay R., Qi M., 2001, *Pricing and hedging derivative securities with neural networks: Bayesian regularization, early stopping and bagging*, IEEE Transactions on Neural Networks, 12, 4, s. 726–734.
- Hutchinson J.M., Poggio A. Lo T., 1994, *A nonparametric approach to pricing and hedging derivative securities via learning networks*, Journal Finances, 49, s. 851–889.
- Lajbcygier P., Flitman A., Swan A., Hyndman R., 1997, *The pricing and trading of options using a hybrid neural network model with historical volatility*, Neurovest Journal, 5, 1, s. 27–411.
- Lin C.T., Yeh H.Y., 2005, *The valuation of Taiwan stock index option prices-comparison of performances between Black-Scholes and neural network model*, Journal of Statistics and Management Systems, 8, s. 355–367.
- Lin C.T., Yeh H.Y., 2009, *Empirical of Taiwan stock index option price forecasting model – applied artificial neural network*, Applied Economics, 41, June, s. 1965–1972.
- Marjak H., 2013, *Ocena efektywności wybranych nieparametrycznych modeli wyceny opcji*, Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis, Oeconomica, 301, 71, s. 81–92.
- Mostowy M., Szelaż T., 2005, *Pojęcie oraz istota hedgingu*, Rynek Terminowy, 28, s. 4–5.
- Riedmiller M., Braun H., 1992, *A fast adaptive learning algorithm. Technical Report*, University Karlsruhe, Germany.
- Schittenkopf C., Dorffner G., 2001, *Risk-neutral density extraction from option prices: Improved pricing with mixture density networks*, IEEE Transactions on Neural Networks, 12, 4, s. 716–725.
- U.S. Energy Information Administration, *Petroleum & Other Liquids*, [https://www.eia.gov/dnav/pet/pet\\_pri\\_fut\\_s1\\_d.htm](https://www.eia.gov/dnav/pet/pet_pri_fut_s1_d.htm) [dostęp: 8.03.2020].
- Yao J., Li Y., Tan C.L., 2000, *Option price forecasting using neural networks*, Omega, 28, 4, s. 455–466.

THE USE OF NEURAL NETWORKS TO SUPPORT HEDGING  
WITH LONG POSITIONS IN CALL OPTIONS

**Summary:** The risk of changes in crude oil prices is particularly significant from the perspective of enterprises involved in the sale and processing of this raw material. The effectiveness of tools used to hedge against this risk is strongly associated with the ability to predict the direction of changes in oil prices. The subject of the study is to explore the possibility of using artificial neural networks to generate signals of taking a long position in European call options. The obtained results show that the neural networks can be a useful tool supporting the process of hedging against the risk of rising oil prices.

**Keywords:** derivatives, crude oil, price risk, Artificial Neural Networks

*Publikacja została sfinansowana przez Akademię Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie (subwencja na utrzymanie i rozwój potencjału badawczego).*

## MOŻLIWOŚĆ PRZETWARZANIA ODPADÓW DRZEWNYCH Z ZAKŁADÓW TARTACZNYCH NA BIOPALIWA STAŁE

**Streszczenie:** Jednym z podstawowych problemów w zakładach tartacznych jest gospodarka odpadami drzewnymi. Takie odpady wymagają bowiem dużych powierzchni do ich przechowywania, co powoduje konieczność ich częstego wywożenia z terenu zakładów, np. do odbiorców wykorzystujących je do produkcji płyt drewnopochodnych. Z uwagi na znaczne odległości od odbiorców wykorzystywanie odpadów poza zakładami generuje więc znaczące koszty, dodatkowe obciążenie środowiska oraz niepotrzebnie absorbuje środki transportowe. Zgodnie z aktualnym stanem prawnym odpady drzewne stanowią odnawialne źródło energii. Wydaje się więc, że najlepszym rozwiązaniem byłoby wykorzystanie ich do produkcji energii cieplnej bezpośrednio przy zakładzie produkcyjnym. Takiemu zastosowaniu odpadów sprzyja również konieczność ich wcześniejszego osuszenia. Tekst poświęcono analizie celowości zastosowania w zakładach odpadów do produkcji biopaliwa stałego oraz do wspomagania procesów technologicznych. W celu zobrazowania takiej możliwości posłużono się przykładem produkcji pelletu z uwagi na niskie koszty inwestycyjne i znaczący rozwój rynku pelletu drzewnego w Europie.

**Słowa kluczowe:** tartak, MŚP, odpad drzewny, OZE, pellet, produkcja

### 1. WPROWADZENIE

Zakłady tartaczne (a także inne, np. stolarskie) z uwagi na wykorzystywany i przerabiany surowiec – drewno – stanowią specyficzny rodzaj przedsiębiorstw wytwórczych. Zakłady tartaczne zwykle należą do przedsiębiorstw wytwórczych sektora MŚP. Dlatego także borykają się one z typowymi dla takich przedsiębiorstw problemami, np. właściwym gospodarowaniem odpadami – w tym przypadku przede wszystkim odpadami drzewnymi.

O możliwych sposobach gospodarowania odpadami i jego skali decyduje przede wszystkim charakter odpadów. Odpady drzewne są zwykle jedynie częściowo wykorzystywane jako surowiec do produkcji wyrobów przemysłu drzewnego, np. płyt wiórowych, płyt pilśniowych itp. Przedsiębiorstwa tartaczne są więc zmuszone do kosztownego wywozu lub magazynowania pozostałej części odpadów, co negatywnie wpływa na osiągnięte przez nie wyniki ekonomiczne.

Zgodnie z art. 2 pkt 3 *Ustawy z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (Ustawa... 2015)*, odpady drzewne stanowią odnawialne źródło energii: „Biomasa – stałe

---

\* AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Surowców Energetycznych

\*\* AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Zarządzania, Katedra Zarządzania w Energetyce

lub ciekłe substancje pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, które ulegają biodegradacji, pochodzące z produktów, odpadów i pozostałości z produkcji rolnej i leśnej oraz przemysłu przetwarzającego ich produkty, oraz ziarna zbóż niespełniające wymagań jakościowych dla zbóż w zakupie interwencyjnym określonych w art. 7 rozporządzenia Komisji (WE) nr 1272/2009 z dnia 11 grudnia 2009 r. ustanawiającego wspólne szczegółowe zasady wykonania rozporządzenia Rady (WE) nr 1234/2007 (*Rozporządzenie... 2009*) w odniesieniu do zakupu i sprzedaży produktów rolnych w ramach interwencji publicznej, a także ulegająca biodegradacji część odpadów przemysłowych i komunalnych, pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, w tym odpadów z instalacji do przetwarzania odpadów oraz odpadów z uzdatniania wody i oczyszczania ścieków, w szczególności osadów ściekowych, zgodnie z przepisami o odpadach w zakresie kwalifikowania części energii odzyskanej z termicznego przekształcania odpadów”. Niestety możliwość wykorzystywania odpadów drzewnych jako biopaliwa nie znalazła jeszcze powszechnego zastosowania w przedsiębiorstwach generujących takie rodzaje odpadów.

Opracowanie to poświęcono analizie możliwości i opłacalności przetwarzania takich odpadów na biopaliwa stałe. Podzielono je na dwie zasadnicze części. W pierwszej z nich przedstawiono uwarunkowania powstawania i gospodarowania odpadami drzewnymi w przedsiębiorstwach tartacznych i stolarskich. Analizie możliwości przetwarzania odpadów poświęcono część drugą. W celu ilustracji możliwości i opłacalności procesu przetwarzania odpadów wykorzystano dane pozyskane z przykładowego zakładu tartaczno, należącego do sektora MŚP, dla jednego z asortymentów biopaliw stałych – pelletu. Wnioski końcowe dotyczą perspektyw związanych z możliwością pełnego miejscowego wykorzystywania odpadów drzewnych.

## 2. ODPADY DRZEWNE I ICH POTENCJALNE WYKORZYSTANIE

Odpady drzewne z zakładów tartacznych należą do rodzaju biomasy drzewnej będącej materią organiczną. W zakładach tartacznych przy każdym procesie produkcyjnym i przetwórczym powstają duże ilości odpadów i produktów ubocznych, których zagospodarowanie sprawia problem dla tego rodzaju firm. Odpady drzewne, do których należą zrębki drzewne, okrajki drzewne, trociny drzewne, kora drzewna i inne, zajmują duże powierzchnie, co wpływa na utrudnienia związane z podstawowym zakresem produkcyjnym firmy.

W celu prawidłowego funkcjonowania linii produkcyjnych w firmie odpady muszą być przetransportowywane do odbiorcy odpadów minimum raz w tygodniu – częstotliwość ta zależy od wielkości produkcji i liczby zamówień w firmie w danym okresie.

Większość zakładów tartacznych z województwa małopolskiego transportuje odpady drzewne do firmy Silva Sp. z o.o. (Silva Sp. z o.o., 2019), która wytwarza z tych odpadów płyty drewnopochodne. Najbliższe oddziały tej firmy znajdują się w Mielcu lub w Strzelcach Opolskich. Stanowi to bardzo nieefektywne i nieekologiczne rozwiązanie, ponieważ przeciętna transza transportu odpadów drzewnych sięga 40 t, a długość trasy w obie strony wynosi około 400 km. Przy tym warto także zauważyć, że koszty związane z transportem

odpadów drzewnych obejmują nie tylko koszty paliwa, ale przede wszystkim koszty związane z amortyzacją samochodu ciężarowego, z opłatami za przejazdy autostradą A4 i inne. Istotnym dodatkowym kosztem jest utrata korzyści związanych z wykorzystaniem samochodu ciężarowego do celów podstawowych firmy (tj. dostarczenie produktów i wyrobów gotowych do kontrahentów czy przywóz drewna surowego do produkcji). Transport odpadów generuje także istotne koszty środowiskowe wynikające z emisji do atmosfery zanieczyszczeń związanych ze spalaniem paliwa podczas transportu.

Taki sposób gospodarowania odpadami drzewnymi nie jest więc właściwy ani z ekonomicznego, ani z ekologicznego punktu widzenia. W zamian należałoby raczej dążyć do wykorzystania odpadu drzewnego w miejscu działalności firmy. W ten sposób osiągnięto by wymierne korzyści ekonomiczne, które poza wyeliminowaniem kosztu transportu do odbiorców oraz kosztów składowania i magazynowania obejmowałyby:

- wyeliminowanie dodatkowego kosztu zakupu surowca,
- wyeliminowanie kosztu zebrania surowca,
- znaczącą redukcję kosztów operacji technologicznych związanych z przygotowaniem odpadów do dalszego przerobu, np. rozdrobnienia surowca.

Odpowiednim rozwiązaniem problemu może być więc rozpoczęcie produkcji biopaliwa stałego, np. pelletu drzewnego, w miejscach produkcji bezpośredniej zakładów tartacznych.

Dobrej jakości pellet charakteryzuje się wilgotnością w zakresie od 7% do 12%. Taki poziom wilgotności umożliwia bowiem osiągnięcie właściwej wartości opałowej. Odpady drzewne, w zależności od rodzaju, charakteryzuje jednak dość wysoki poziom wilgotności. Przykładowo, wilgotność kory drzewnej typowo mieści się w zakresie od 55% do nawet 65%, a wilgotność zrębki drzewnej i okrajki drzewnej, stanowiących największą część odpadów tartacznych, zwykle mieści się w przedziale od 20% do 30% (Czekała i in. 2015). W praktyce produkcja pelletu o odpowiedniej wilgotności możliwa jest bez dodatkowego osuszania, jedynie z części odpadów drzewnych, np. trocin i wiórów drzewnych (Szostak i in. 2008). W celu wykorzystania większości odpadów drzewnych do produkcji biopaliwa stałego należy wcześniej odpad dokładnie wysuszyć.

Zatem zasadnicze znaczenie dla rozpoczęcia produkcji pelletu przez firmy tartaczne mają nie tyle stosunkowo niewielkie koszty, związane z zakupem maszyn do produkcji pelletu, ile znaczące koszty związane z budową suszarni oraz wytwarzaniem energii cieplnej, niezbędnej do procesu suszenia odpadów drzewnych. Zastosowanie takiego sposobu spożytkowania odpadów drzewnych wymaga więc uzasadnienia ekonomicznego, uwzględniającego realia działalności oraz możliwości inwestycyjne danego przedsiębiorstwa. Dlatego w dalszej części pracy przeprowadzono analizę opłacalności zastosowania odpadów do produkcji pelletu na przykładzie jednego z małopolskich zakładów tartacznych, należących do sektora MŚP.

### 3. ANALIZA OPŁACALNOŚCI PRZETWARZANIA ODPADÓW

Do przeprowadzenia ekonomicznej analizy celowości uruchomienia produkcji pelletu z odpadów drzewnych zakładu tartaczego wykorzystano dane dotyczące całego 2018 roku.



Gatunki drewna wykorzystywanego w zakładzie przedstawiono w tabeli 1, natomiast w tabeli 2 zestawiono dane obrazujące przerób surowca w tartaku. Całkowita ilość przetworzonego drewna w 2018 roku przekroczyła 7000 m<sup>3</sup>, co – po uwzględnieniu średniej gęstości drewna (zob. tab. 1), odpowiada masie drewna znacząco przekraczającej 4000 t. Przetworzenie tej ilości drewna zaowocowało ilością odpadów sięgającą niemal 27% masy przetworzonego surowca. Pośród odpadów dominują zrębki drzewne mające 17-procentowy udział w przetwarzanej masie drewna. W wyniku przetwarzania drewna powstawało także dużo wiórów i trocin (udział 11-procentowy).

**Tabela 1**

Gatunki drewna przetwarzanego w zakładzie tartacznym wraz z gęstością objętościową

Gatunek	Gęstość objętościowa [kg/m <sup>3</sup> ]
Brzoza	650
Buk	730
Dąb	710
Grab	830
Jodła	450
Modrzew	690
Olcha	530
Osika	440
Sosna	550
Świerk	470
<b>Średnia gęstość</b>	<b>605</b>

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów uzyskanych z przedsiębiorstwa

Surowce do produkcji pelletu, które nie wymagają kosztownego suszenia – wióry i trociny, mają znaczny, blisko 40-procentowy udział w odpadach zakładu. Dlatego w pierwszej kolejności warto się zainteresować właśnie ich użyciem do wytwarzania pelletu. W przypadku zastosowania takich odpadowych surowców rozpoczęcie produkcji nie wymaga poniesienia kosztów zakupu, zebrania, rozdrabniania, transportu i składowania surowca. Dostępne na rynku technologie i urządzenia (peleciarki) nie wymagają stosowania żadnych dodatków do surowca. Rozpoczęcie i prowadzenie produkcji pelletu wymaga więc jedynie zakupu maszyny oraz pokrycia kosztów energii elektrycznej, amortyzacji i konserwacji maszyn oraz wynagrodzenia pracowników. Na przykład, aby zachować odpowiednią jakość pelletu do jego wytwarzania można by użyć popularnej maszyny – peleciarki renomowanej krajowej firmy BRIKOL z Człuchowa o mocy 15 kW i wydajności na poziomie 200 kg pelletu na godzinę (*Producent maszyn...* 2019). Przy założeniu racjonalnego, 10-letniego okresu amortyzacji oraz bezpiecznie oszacowanego, potencjalnego rocznego poziomu zbytu i produkcji pelletu

na poziomie 86 t jej jednostkowy koszt nie powinien przekroczyć 30 zł na tonę pelletu (por. tab. 3). Odpowiadający mu całkowity koszt wyprodukowania tony pelletu ukształtowałby się na poziomie nieprzekraczającym 150 zł (por. tab. 3). W tabeli 3 zaakcentowano brak konieczności ponoszenia, z powodu lokalnej dostępności i charakteru podstawowego surowca, kosztów obejmujących jego zakup, zebranie, rozdrobnienie, transport i składowanie.

**Tabela 2**

Przerób drewna w 2018 roku w przykładowym zakładzie tartaczny

Wielkość	Przerobiony surowiec	Zrębki	Wióry i trociny	Odpady łącznie
Objętość [m <sup>3</sup> ]	7200	1224	720	1944
Masa [kg]	4 356 000	740 520	435 600	1 176 120

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów uzyskanych z przedsiębiorstwa

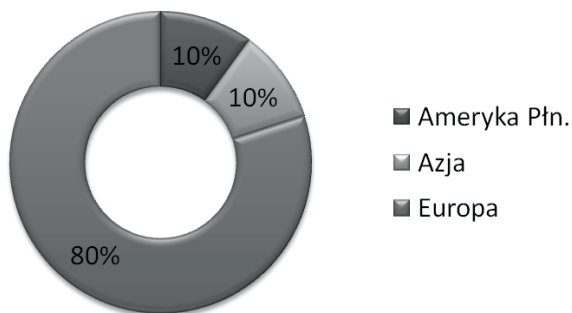
**Tabela 3**

Kalkulacja kosztów wytworzenia tony pelletu

Lp.	Składnik kosztu	Kwota [zł]
1	Koszty zakupu podstawowego surowca	0,00
2	Koszty zebrania podstawowego surowca	0,00
3	Koszty rozdrobnienia podstawowego surowca	0,00
4	Koszty transportu podstawowego surowca	0,00
5	Koszty składowania podstawowego surowca	0,00
6	Koszty energii elektrycznej	50,04
7	Koszty amortyzacji maszyn	29,07
8	Koszty remontowe i konserwacji maszyn	10,07
9	Koszty dodatków do surowca	0,00
10	Bezpośrednie i pośrednie koszty robocizny	60,00
	<b>Łączny koszt produkcji 1 t pelletu:</b>	<b>149,18</b>

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów uzyskanych z przedsiębiorstwa

W 2016 roku w Polsce wyprodukowano ponad 900 000 t pelletu, co uplasowało kraj pod tym względem na 7. miejscu w Europie (*Planergia...* 2019). Dodatkowo, biorąc pod uwagę rosnący popyt na pellet w Polsce oraz dane pokazujące światowe zużycie pelletu drzewnego (rys. 1) można bezpiecznie oszacować cenę tony pelletu na poziomie 800 zł/t, dzięki takiej inwestycji w pelearkę można by liczyć na roczny zysk na poziomie bliskim 40 000 zł (por. tab. 4). Do tego zysku należałoby również dodać oszczędności, wynikające z braku konieczności tradycyjnego gospodarowania wykorzystanymi w ten sposób odpadami.



**Rys. 1.** Struktura zużycia pelletu drzewnego na świecie w 2016 roku

Źródło: opracowanie własne na podstawie (*Pellet...* 2019)

Jak widać, nawet tak niewielkie przedsięwzięcie przynosi szereg wymiernych korzyści. Podstawowa korzyść wynika z pozbycia się w użyteczny sposób znacznej części generowanych w zakładzie odpadów i związanej z nią uciążliwości dla środowiska naturalnego. Uzyskiwane efekty ekonomiczne są także znaczące, już bowiem pierwszoroczny zysk pozwoliłby na uruchomienie w kolejnym roku drugiego stanowiska produkcyjnego. Pozwoliłoby to uelastyczyć system produkcji pelletu, przygotowując go na zwiększenie zapotrzebowania na lokalnie dostępne surowce energetyczne. Zwiększenie to wydaje się wysoce prawdopodobne w kontekście zmian prawnych i systemowych, które wymuszają szersze wykorzystywanie przyjaznych dla środowiska sposobów generowania energii, np. do ogrzewania budynków.

**Tabela 4**

Oszacowanie efektu podjęcia produkcji pelletu z wiórów i trocin

Sprzedaż [t]	Koszty [zł/t]	Cena [zł/t]	Koszt inwestycji [zł]	Zysk [zł]
86	149,18	800	25 000,00	38 541,47

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów uzyskanych z przedsiębiorstwa

Użyteczne wykorzystanie odpadów może również przygotować solidne podstawy ekonomiczne pod dalszą redukcję niewykorzystywanych lokalnie odpadów. Na przykład, używając niewykorzystaną część odpadów niewymagających suszenia do przygotowania energii cieplnej do suszenia odpadów tego wymagających, a nawet do napędu innych urządzeń stosowanych na terenie tartaku. Przesuszone odpady drzewne także mogłyby być stosowane w takim samym celu.

W tym przypadku można by rozważyć zastosowanie pewnych niekonwencjonalnych rozwiązań. Przykładowo – wytwarzanie energii cieplnej do osuszania odpadów za pomocą kotła parowego i instalacji z wymiennikiem ciepła oraz do zasilania parowego silnika tłokowego napędzającego inne urządzenia (Bojar, Miedziński 2018).

Z takim pomysłem wiąże się szereg problemów badawczych, których rozwiązanie stanowi podstawowy warunek powodzenia w pełnym wykorzystaniu użytkowego potencjału odpadów drzewnych generowanych w zakładach tartacznych i stolarniach. Do najbardziej pilnych spośród nich należą:

- opracowanie bezspalinowego procesu suszenia surowca do produkcji pelletu,
- ustalenie właściwego sposobu współpracy kotła parowego i wymiennika ciepła,
- ustalenie odpowiedniego sposobu współpracy kotła parowego z silnikiem parowo-tłokowym.

#### 4. WNIOSKI

Wybrane przedsiębiorstwo reprezentuje sektor MŚP w branży przetwórstwa drzewnego. Rocznie przetwarza ono ponad 4000 t drewna. Proces ten charakteryzuje wysoka, bo aż 27-procentowa odpadowość. Z przyjętych w pracy założeń wynika, że opłacalnym dla wybranego zakładu jest zakup pececiarki, która zaspokajając nawet stosunkowo niewielkie zapotrzebowanie na pellet pozwoliłaby na użyteczne przetworzenie znaczącej ilości odpadów w pellet o wilgotności zgodnej z normą PN-EN 14961-2:2011. Wykorzystanie odpadów do produkcji pelletu przyniosłoby wymierne korzyści ekonomiczne dzięki stosowaniu lokalnego surowca, eliminując koszty zakupu i zbierania surowca oraz ograniczając konieczność tradycyjnie wykorzystywanego sposobu gospodarowania odpadem (składowanie i wywóz do odbiorców zewnętrznych). Właściwe koszty implementacji takiego rozwiązania obejmują bowiem jedynie inwestycję w maszyny, amortyzację, remonty i konserwację pececiarki oraz energię elektryczną i wynagrodzenie pracowników. Ograniczenie konieczności gospodarowania odpadem ma także istotny walor środowiskowy, gdyż redukuje niekorzystne oddziaływania procesu gospodarowania odpadami na środowisko naturalne oraz walor organizacyjny, polegający na ograniczeniu zapotrzebowania na powierzchnię składową, zwalnianiu zasobów ludzkich i sprzętowych, które można by wykorzystać w innych celach, np. do pomocy w kształtowaniu relacji z klientami i budowy marki przedsiębiorstwa.

Pozostaje jednak problem efektywnego i ekologicznego zagospodarowania całości odpadów drzewnych, z uwzględnieniem pozostałych odpadów o podwyższonej wilgotności. Wydaje się, że najlepsze rozwiązanie tego problemu stanowi ich wykorzystanie nie tylko do produkcji pelletu, ale także do dostarczania energii cieplnej do suszenia odpadów i napędzania różnych urządzeń na terenie zakładu. Takie zastosowania odpadów wymagają jednak wysokich nakładów inwestycyjnych i dlatego efektywne rozwiązanie problemu ich pełnego lokalnego wykorzystania wymaga wszechstronnych badań, które zasugerowano w opracowaniu.

Użyteczne wykorzystanie odpadów sprzyja również poprawie ogólnej kondycji przedsiębiorstwa. Dlatego może być postrzegane jako element realizacji strategii „odchudzania” – *lean manufacturing*. Wprowadzenie zaawansowanych, nietypowych dla stosujących tradycyjne podejście gospodarowania odpadami przedsiębiorstw branży przetwórstwa drzewnego stanowi także pewien rodzaj innowacji, która – dzięki czynnikowi ograniczania niekorzystnego oddziaływania środowisko i dodatkowemu zapewnieniu ekologicznego produktu do ogrzewania – zyskuje atrybut środowiskowy (ekoinnowacji). W efekcie klienci, kontrahenci i inni interesariusze mogą być skłonni do odbioru takich działań przedsiębiorstwa jako

kompleksowego i odpowiedzialnego społecznie postępowania. Niewątpliwie może to wydatnie sprzyjać budowie pozytywnego wizerunku przedsiębiorstwa, a co za tym idzie – również jego dalszemu rozwojowi i umocnieniu jego pozycji na rynku.

## LITERATURA

- Bojar W., Miedziński M., 2018, *Analiza utylizacji odpadów przemysłu drzewnego w wybranym przedsiębiorstwie*, [w:] *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole, s. 276–281.
- Czekała W., Bartnikowska S., Fiszer A., Olszewska A., Kaniewski J., 2015, *Processing of carpentry residue into solid biofuels: energetic and economic analysis*, *Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska*, 17, 4, s. 59–66.
- Pellet Market Overview*, European Biomass Association (AEBIOM), <http://epc.bioenergy-europe.org> [dostęp: 26.09.2019].
- Planergia – łączymy z energią*, <http://www.planergia.pl> [dostęp: 26.09.2019].
- Producent maszyn do produkcji peletu – Brikol*, <http://www.brikol.pl> [dostęp: 26.09.2019].
- Silva Sp. z o.o.*, <http://www.silva-recycling.pl> [dostęp: 26.09.2019].
- Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1272/2009 z dnia 11 grudnia 2009 r. ustanawiającego wspólne szczegółowe zasady wykonania rozporządzenia Rady (WE) nr 1234/2007 w odniesieniu do zakupu i sprzedaży produktów rolnych w ramach interwencji publicznej*, Dz.Urz. UE L 349 z 29.12.2009, s. 1, z późn. zm.
- Szostak A., Ratajczak E., Bidzińska G., Pikul-Binieć J., 2008, *Analiza wybranych aspektów funkcjonowania polskiego przemysłu tartaczanego*, Instytut Technologii Drewna, Poznań.
- Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii*, Dz.U. z 2015 r., poz. 478.

## POSSIBILITY OF USAGE OF WOODEN WASTE FOR MANUFACTURING SOLID BIOFUELS IN A SAWMILL

**Summary:** One of fundamental management problems in sawmill enterprise management deals with the management of wooden waste. This is mainly because such waste consume a lot of storage place. Frequent disposal of the waste away is thus required. The waste is usually consumed by external manufacturers of wood-based products. Long transportation routes result in high expenses, considerable surrounding environment pollution, and unnecessary use of available transportation resources. According to current regulations wooden waste is considered to be a kind of renewable energy resource. It seems, therefore, that such application of the waste provides good opportunity to use it to facilitate its disposal. The application of wooden waste also favors the necessity of drying the majority of the waste to make it fit for the manufacturing of renewable energy products. The paper is therefore devoted to the possibility of the application of the waste for making solid renewable fuels and for the support of manufacturing processes at a sawmill enterprise. The manufacturing of pellet is applied to illustrated such possibility.

**Keywords:** sawmill, SME enterprise, wooden waste, renewable energy source, pellet, production

*Publikacja została sfinansowana przez Akademię Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie (subwencja na utrzymanie i rozwój potencjału badawczego).*

## CYFROWA TRANSFORMACJA W FIRMACH PRODUKCYJNYCH (NA PRZYKŁADZIE GENERAL ELECTRIC): SZANSA CZY ZAGROŻENIE?

**Streszczenie:** Cyfrowa transformacja jest wymieniana jako jeden z głównych trendów rozwoju przedsiębiorstw. Najczęściej o cyfrowej transformacji mówi się w kontekście teoretycznym. W rozdziale, posługując się przykładem firmy General Electric, pioniera w realizacji cyfrowej transformacji w USA, poczyniono próbę nakreślenia praktycznych aspektów tego zagadnienia (szans i zagrożeń) w odniesieniu do funkcjonujących w obrębie łańcuchów dostaw przedsiębiorstw produkcyjnych, zakładając, iż doświadczenia GE mogą dostarczyć użytecznych informacji i wskazówek dla kadry kierowniczej firm zmagającej się z tym wyzwaniem.

**Słowa kluczowe:** cyfrowa transformacja, Przemysł 4.0, zarządzanie zmianą, procesy biznesowe

### 1. WPROWADZENIE

O teoriach związanych z cyfrową transformacją mówi się wiele. Od kilku lat jest ona wymieniana jako jeden z głównych trendów rozwoju przedsiębiorstw<sup>1</sup>. Obecnie można przyjąć, że cyfrowa transformacja (*Digital Transformation*) nie jest już opcją dla przedsiębiorstw przemysłowych. Jest koniecznością.

Cyfrowa transformacja, zjawisko znane również w literaturze przedmiotu jako „Przemysł 4.0” lub też „inteligentna produkcja” (por. Schwab 2018), jest kompleksowym i zintegrowanym procesem, w którym jakość i tempo zmian są czynnikami kluczowymi. Stanie się „cyfrowym” jest dziś warunkiem przetrwania. Jednak podczas gdy nowe technologie, takie jak automatyzacja, produkcja addytywna (*Additive Manufacturing*)<sup>2</sup>, sztuczna inteligencja

---

\* AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Zarządzania, Katedra Zarządzania Przedsiębiorstwem

<sup>1</sup> Zwracają na to uwagę autorzy publikacji *Contextual Impacts on Industrial Processes Brought by the Digital Transformation of Manufacturing: A Systematic Review* (Sevastano i in. 2019), wskazując na związek cyfrowej transformacji przedsiębiorstw z poprawą wydajności, zrównoważonym rozwojem, dostosowywaniem do wymagań rynku i elastycznością.

<sup>2</sup> Wytwarzanie addytywne (przyrostowe) to technika produkcji obiektów trójwymiarowych na podstawie ich komputerowych modeli, która polega na łączeniu kolejnych warstw materiału. W porównaniu z metodą ubytkową, w której materiał usuwa się na przykład przez skrawanie, szlifowanie albo wiercenie, ma ona wiele zalet.

(*Artificial Intelligence*)<sup>3</sup>, zaawansowana analityka (*Advanced Analytics*)<sup>4</sup> wkraczają do firm, definiując na nowo naturę pracy i produktywności, nie ma opisów najlepszych praktyk dotyczących cyfrowej transformacji firm/producentów<sup>5</sup>. Stąd moje zainteresowanie tym tematem.

Do niedawna niewielu wytwórców zwracało uwagę na technologie cyfrowe. Niespełna dziesięć lat temu digitalizacja była zjawiskiem dalekim od przemysłowej rzeczywistości. Nawet dzisiaj, mimo że większość producentów rozpoczęło flirt z technologiami cyfrowymi, żadna firma nie zakończyła procesu cyfrowej transformacji. Powodem może być fakt, że prowadzenie jakiegokolwiek transformacji jest trudne i z czasem nie staje się łatwiejsze, a rozpoczęcie i kontynuacja cyfrowej transformacji w firmie produkcyjnej to zdaniem fachowców zadanie trudniejsze niż zarządzanie jakąkolwiek inną zmianą.

## 2. CYFROWA SZANSA I ZAGROŻENIE

Rzadko zwraca się uwagę na fakt, że cyfrowa transformacja nie jest tym samym co cyfryzacja istniejącej firmy. Nie chodzi o tworzenie stron internetowych, aplikacji mobilnych, kampanii społecznościowych i kanałów sprzedaży online. Nie chodzi też o wprowadzanie technologii informatycznych do organizacji, co może poprawić wydajność, ale nie zmienia zasadniczo strategii.

Transformacja cyfrowa pociąga za sobą postępującą zmianę zasobów fizycznych (np. produktów i usług) w zasoby cyfrowe; generowanie nowej wartości wynikającej z połączenia poprzez dane zasobów fizycznych i cyfrowych oraz tworzenie umożliwiających to cyfrowych ekosystemów. Powoduje to zasadniczą zmianę w działaniach biznesowych, organizacyjnych, procesach, kompetencjach i modelach biznesowych, umożliwiając osiągnięcie jeszcze większej wydajności<sup>6</sup>. Istnieje jednak obawa, że nowe i innowacyjne technologie mogą znacząco zakłócić istniejące już modele operacyjne.

Większość liderów biznesu nie w pełni zdaje sobie sprawę, jak duże zagrożenie dla producentów stanowi transformacja cyfrowa. Przede wszystkim istnieje ogromne ryzyko zagrożenia konkurencją ze strony firm cyfrowych. Jeśli firma cyfrowa może sprawić, że maszyny przemysłowe będą działać lepiej, to dla użytkownika nie ma to znaczenia, kto to zrobi. W tej

---

Są to przede wszystkim mniejsze straty materiałowe, większa elastyczność produkcji oraz łatwość wykonania przedmiotów o skomplikowanych kształtach. Dzięki malejącym kosztom druku 3D oraz poprawie jego dokładności i jakości o technice znanej od lat 80. XX wieku ostatnio znowu jest głośno. Potencjał wytwarzania przyrostowego dostrzegli zarówno amatorzy, jak i firmy produkcyjne.

<sup>3</sup> Sztuczna inteligencja związana jest z projektowaniem i implementowaniem reagujących w naturalny sposób aplikacji. Oznacza powstawanie oprogramowania, które potrafi się uczyć i reagować na zachowania użytkowników (Maternowska 2018). Problematykę znaczenia sztucznej inteligencji w zarządzaniu porusza w swej publikacji M. Jagielska (2017).

<sup>4</sup> Zaawansowana analityka obejmuje analizy predykcyjne, preskryptywne i kognitywne. Więcej na ten temat w publikacji (Wiecka 2016).

<sup>5</sup> Przykładem tych nielicznych jest artykuł *Options for Formulating a Digital Transformation Strategy* (Hess i in. 2016) opisujący przypadek cyfrowej transformacji trzech niemieckich firm medialnych oraz publikacja *The Only Way Manufacturers Can Survive* (Govindarajan, Immelt 2019), będąca podstawowym źródłem informacji zawartych w niniejszym rozdziale.

<sup>6</sup> Por. (Kane i in. 2015).



sytuacji producent może utracić znaczącą część swoich dochodów płynących ze świadczenia usług<sup>7</sup>. Między innymi dlatego transformacja cyfrowa przedsiębiorstw produkcyjnych jest tak istotna. Sam proces jest jednak niezmiernie trudny.

GE było prawdopodobnie pierwszym producentem, który zwrócił uwagę na fakt, że technologie cyfrowe mogą zakłócić działalność firmy. Stało się to jednak dopiero po tym, jak zaobserwowano, iż niektórzy operatorzy, tacy jak IBM, i kilka zaawansowanych technologicznie startupów zbierało dane od klientów GE w celu opracowania nowatorskich usług opartych na danych w takich sektorach, jak lotnictwo i energetyka. Osadzając czujniki i oprzyrządowanie w maszynach i procesach, firmy te mogły gromadzić i analizować dane użytkownika w sposób ciągły, a nie okresowy. Analiza tych danych pozwoliła znaleźć sposoby poprawy wydajności i niezawodności maszyn u klientów w czasie rzeczywistym.

Obserwacje poczynione przez Govindarajana i Immelta<sup>8</sup> podczas wdrażania procesu transformacji cyfrowej w GE dowodzą, że jego efektywne wprowadzenie utrudniają bariery, zarówno strukturalne, jak i behawioralne, zawarte w systemach i osadzone w mentalności<sup>9</sup>. Producenci muszą pokonać trzy główne przeszkody, aby uniknąć bezwładności i stać się cyfrowymi wytwórcami. Są to:

1. Dotychczasowe kluczowe kompetencje. Każda firma rozwija możliwości i modele biznesowe w celu uzyskiwania przychodów. Ale te kompetencje, które stają się kluczowe dla ich wydajności i trudne do naśladowania przez konkurentów, mogą z czasem hamować zmiany. Liderzy biznesu trzymają się istniejących modeli biznesowych, ponieważ one „działają”. Tradycyjne wskaźniki wydajności, takie jak wzrost sprzedaży i marże zysku netto pogłębiają ten problem, koncentrując się na wynikach krótkoterminowych i zapobiegają inwestycjom w niepewne, długookresowe projekty. Przekonanie dochodowych działów biznesowych do poparcia inwestycji w cyfrową transformację, która może przynieść owoce w dłuższym okresie (zamiast finansowania projektów innowacyjnych, które szybciej generują zyski) może być trudne.
2. Umiejętności. Większość producentów traktuje technologię cyfrową jak funkcję zaplecza wspierającą ich podstawowy biznes i decyduje się na outsourcing jej rozwoju. Z drugiej strony producenci mają zazwyczaj trudności z pozyskaniem wysokiej klasy specjalistów w dziedzinie nowoczesnych technologii. Firmy takie jak GE i Ford Motor wciąż nie są uważane za pracodawców z wyboru dla inżynierów oprogramowania w przeciwieństwie do przykładowo firmy Apple. Dodatkową komplikacją jest to, że producenci zmuszeni są integrować tych specjalistów ze swoimi mechanikami, chemikami etc., aby stworzyć pełny zestaw możliwości wykorzystania ich potencjału. Wydaje się, że łatwiej to sobie

---

<sup>7</sup> Producenci tacy jak GE czy Siemens w dużym stopniu polegają na usługach posprzedażnych, uzyskując z nich ponad połowę swoich przychodów, a nawet więcej zysków. Na przykład w 2010 r. umowy o świadczenie tego typu usług stanowiły około 75% niezrealizowanych zamówień GE o wartości ponad 225 mld dol., co oznacza ponad 18 miesięcy przychodów i około 80% zysku (Govindarajan, Immelt 2019).

<sup>8</sup> Vijay Govindarajan, profesor w Tuck School of Business w Dartmouth College, główny konsultant ds. Innowacji w General Electric, Jeffrey R. Immelt, wieloletni dyrektor generalny GE.

<sup>9</sup> Zarządzanie zmianami zostało szeroko opisane w książce Berta Spectra *Wprowadzanie zmiany w organizacji* (2018).



wyobrazić, niż zrealizować; inżynierowie w naukach wirtualnych uczą się, myślą i funkcjonują zupełnie inaczej niż w naukach fizycznych. Jako ciekawostkę można przytoczyć to, iż GE (a także Procter & Gamble, Lufthansa czy Axa) stosuje tzw. mentoring odwrócony, w którym cyfrowi specjaliści (najczęściej ludzie młodzi) uczą starszych kolegów cyfrowych kompetencji, takich jak szybkie pozyskiwanie informacji, korzystanie z aplikacji, mediów społecznościowych czy chmury.

3. Kultura organizacyjna. Kultura organizacyjna firmy przemysłowej często okazuje się ogromną przeszkodą. Producenci historycznie bazują na długim cyklu rozwoju produktu, wydajności Six Sigma i długim cyklu sprzedaży. Zwykle koncentrują się na inwestowaniu dużych sum pieniędzy w rozwój, produkcję i sprzedaż produktów, najczęściej opartych na zastrzeżonych technologiach. W przeciwieństwie do tego firmy produkujące oprogramowanie pracują z krótkimi cyklami rozwoju produktu, są elastyczne i mają krótkie cykle sprzedaży. Lubią tworzyć oprogramowanie we współpracy z innymi firmami i zarabiać, dostarczając oprogramowanie jako usługę oprócz sprzedaży produktów. Ich produkty mają krótszy okres trwałości niż produkty producentów<sup>10</sup>, ale koszt awarii jest niższy. Producenci wierzą w ciągłe doskonalenie, a firmy cyfrowe w ciągłe innowacje. Aby stać się bardziej cyfrowym, organizacje przemysłowe muszą stosować takie koncepcje, jak zwinność, prostota, reaktywność i szybkość. To trudne zadanie dla przedsiębiorstw nastawionych na dostarczanie opłacalnych produktów w przewidywalnych odstępach czasu. Konfigurowanie funkcji cyfrowej w firmie produkcyjnej zwiększa również wewnętrzną rywalizację, kreując postawę „my-kontra-oni”.

### 3. LEKCJA Z TRANSFORMACJI CYFROWEJ W GE

Rozpoczęcie cyfrowej transformacji może być długim i pracochłonnym procesem. Odpowiedzialni za wdrożenie kierownicy stosują zazwyczaj ostrożne podejście, zadając sobie mnóstwo pytań, które najczęściej krążą wokół meritum. Nie prowadzą one do rozwiązania i w rezultacie utrudniają proces, zanim jeszcze się zacznie. Przejście do sedna, zdaniem Govindarajana i Immelta, wymaga odpowiedzi na poniższe pytania.

#### **Czy nie byłoby szybsze i mniej kosztowne wykorzystanie outsourcingu lub nawiązanie współpracy w procesie transformacji cyfrowej firmy?**

Zdaniem praktyków, odpowiedź brzmi: nie. Outsourcing rozwoju technologii cyfrowych lub powiązanie z partnerem cyfrowym może wydawać się opcją o niskim poziomie inwestycji i niskim ryzyku, ale w rzeczywistości może to doprowadzić do „zwarcia” procesu transformacji cyfrowej. Istnieje wiele przypadków, w których zakup ma sens, na przykład przetwarzanie w chmurze lub przechowywanie danych, ale producenci lepiej by zrobili, inwestując w rozwój technologii cyfrowych, które odróżnią ich na rynku, zwłaszcza że już są właścicielami maszyn i mają swoich klientów.

---

<sup>10</sup> Podczas gdy GE wypuszcza kilka wersji oprogramowania każdego roku, projekty maszyn zmieniają się tylko raz na trzy lub cztery lata (Govindarajan, Immelt 2019).

Firmy powinny najpierw zdecydować, co chcą posiadać, zanim zaczną myśleć o partnerstwie; w przeciwnym razie będą wybierać niewłaściwych partnerów. Co gorsza, partnerstwo od samego początku lub po prostu inwestowanie w cyfrowe przedsiębiorstwa nigdy nie zmieni podstawowych możliwości firmy, technologii i modeli biznesowych nawet na tyle, by położyć fundament pod przyszłą transformację, doda tylko cienką warstwę cyfrową do istniejących produktów, procesów i modeli biznesowych. Niektóre technologie nowej generacji mogą wydawać się zbyt odległe, ale firmy przemysłowe muszą zdawać sobie sprawę, że opanowanie ich będzie niezbędne do przetrwania.

Zdaniem Govidarajana i Immelta, autorów publikacji *The Only Way Manufacturers Can Survive* (2019), firmy osiągną lepsze wyniki, rozwijając własne możliwości cyfrowe. Dzięki temu nie tylko trwale poprawią swoje podstawowe możliwości, ale także zmienią kulturę firmy, ponieważ pracownicy przemysłowi będą współpracować z ludźmi z branży cyfrowej przy opracowywaniu usług opartych na oprogramowaniu.

GE odmówił zawarcia sojuszy lub związków partnerskich przez pierwsze pięć lat cyfrowej transformacji. Zamiast tego zatrudnił (spoza firmy) dyrektora generalnego ds. cyfryzacji, założył centralny dział oprogramowania w Kalifornii, a następnie podpisał kontrakt z ponad 2000 inżynierów zajmujących się tworzeniem oprogramowania, co było gigantycznym przedsięwzięciem. W miarę zdobywania specjalistycznej wiedzy GE powoli zaczęło współpracować z dużymi cyfrowymi graczami, takimi jak Microsoft, Amazon, Accenture i in., a także – w zakresie aplikacji – z niewielkimi startupami. Było to kluczowe dla stworzenia cyfrowej otoczki dla oferowanych produktów. Do grudnia 2018 roku, kiedy GE wydzieliła GE Digital w pełni zależną spółkę, firma była już w posiadaniu znacznej wiedzy, która wzmocniła jej siłę przetargową i zaufanie, pozwalając przetrwać się w giganta w przemysłowym Internecie Rzeczy.

**Czy nie lepiej korzystać z pracowników aktualnie zatrudnionych, zamiast przyjmować nowych? Czy nie lepiej powierzyć inicjatywę dotyczącą transformacji cyfrowej osobie aktualnie zarządzającej obszarem informatyki w firmie (CIO, *Chief Information Officer*), zamiast mianować nowego dyrektora ds. cyfrowych (CDO, *Chief Digital Officer*)?**

Odpowiedź na oba pytania brzmi: nie. Ponieważ większość producentów zignorowała pierwszą falę cyfryzacji, nie mają innego wyboru, jak zatrudnić specjalistów z zewnątrz, gdy zaczynają cyfrowe transformacje w firmie. Czyniąc to, często próbują zaoszczędzić na kosztach, łącząc rolę CIO i CDO. Jednak jedna osoba nie jest w stanie skupić się na obu funkcjach. CIO musi koncentrować się na zwiększaniu produktywności wewnątrz firmy. CDO, który koncentruje się na rynkach zewnętrznych, powinien martwić się produktywnością klientów. Oddzielenie tych dwóch ról ma kluczowe znaczenie dla sukcesu; połączenie ich zapewni, że jedna z dwóch ról stanie się nieskuteczna. W przeciwieństwie do informatyków, inżynierowie ds. technologii cyfrowych mogą wplatać swoją wiedzę w kontekst biznesu klienta, pomagając mu uświadomić sobie wartość komercyjną tych technologii.

Po przeanalizowaniu danych od klientów jeden z zespołów cyfrowych GE zorientował się, że każda farma wiatrowa ma unikalny profil wytwarzania energii oparty na lokalizacji, krajobrazie i przeważających wiatrach. Zdając sobie sprawę ze znaczenia tego odkrycia, zespół cyfrowy współpracował z konstruktorami w zakresie projektowania niestandardowych

turbin dla każdej farmy wiatrowej. To zwiększyło wydajność energetyczną każdej turbiny o 20% rocznie i wygenerowało 100 milionów dolarów dodatkowych przychodów w całym okresie jej użytkowania.

**Czy nie lepiej sprawić, aby każda z firm funkcjonujących w ramach wieloczołowej organizacji rozwijała własne funkcje cyfrowe dostosowane do potrzeb klientów, zamiast tworzyć centralną jednostkę cyfrową, która zaspokoi wszystkie firmy?**

Odpowiedź brzmi: nie. W praktyce trzy aspekty decydują o tym, że funkcja cyfrowa powinna być jednostką centralną.

Po pierwsze, tak jak jest w przypadku większości innowacji, dominujący biznes nigdy nie pozwoli, aby raczkująca funkcja cyfrowa rozwinęła się powyżej pewnego poziomu. Dawny sposób myślenia będzie nieustannie dążył do potwierdzenia swojej dominacji; jednostka cyfrowa nigdy nie zyska wsparcia potrzebnego do przekształcenia firmy. Ponadto, jeśli inicjatywa cyfrowa nie będzie scentralizowana, każda firma będzie działać we własnym tempie i wymiana najlepszych praktyk będzie niewielka.

Właśnie dlatego GE Digital od samego początku był postrzegany jako niezależny biznes w odległej Dolinie Krzemowej. Jednostka kierowana przez CDO, który podlegał bezpośrednio dyrektorowi generalnemu GE, rozpoczęła działalność inwestycją w wysokości 200 milionów dolarów polegającą na osadzeniu czujników i oprzyrządowania w maszynach GE, przechwytywaniu i badaniu danych klientów oraz opracowywaniu aplikacji dla wszystkich firm GE.

Po drugie, przemysł cyfrowy dąży do uzyskania efektu skali. Będzie to możliwe, gdy funkcja cyfrowa będzie w przedsiębiorstwie funkcją poprzeczną.

Z biegiem czasu GE Digital opracował pierwszą platformę operacyjną dla przemysłowego Internetu Rzeczy, GE Predix, która stała się podstawą jego strategii. Platforma ustanowiła szereg standardów technologicznych dla przemysłowego Internetu Rzeczy, które znalazły zastosowanie we wszystkich maszynach wyprodukowanych przez GE, a także w maszynach sprzedawanych przez rywali. Jest to bowiem platforma wspierająca gromadzenie i przetwarzanie danych przemysłowych, która – w zamyśle twórców – ma standaryzować sposób, w jaki firmy wykorzystują informacje generowane przez najróżniejsze sensory działające w rozwiązaniach produkcyjnych.

Wreszcie, po trzecie, aby pozyskać specjalistów z zakresu inżynierii cyfrowej, należy stworzyć „centra doskonałości” z uprawnieniami w zakresie zarządzania zasobami ludzkimi. Kolokacja wszystkich specjalistów pozwoli im uczyć się od siebie nawzajem i budować świetne oprogramowanie. Liczy się też „pierwsze wrażenie”. Duże, nowoczesne centrum cyfrowe, widoczne dla rynku, przyciągnie partnerów do stworzenia ekosystemu, zdobycia klientów i zwiększenia wartości.

### **Ewolucja czy rewolucja?**

Odpowiedź: ewolucja, w przypadku gdy firmy wystarczająco wcześniej dostrzegą szanse lub zagrożenia cyfrowe. Będą wówczas w stanie skonfigurować kilka cyfrowych pilotów (w firmie lub linii produktów), uczyć się na ich błędach, a następnie powoli rozszerzać transformację cyfrową w całym przedsiębiorstwie. Zbyt późne podjęcie działań zazwyczaj utrudnia podejście etapowe.

GE musiało działać stosunkowo szybko, aby wykorzystać cyfrową szansę, ponieważ musiało stawić czoła poważnemu zagrożeniu ze strony cyfrowych rywali. Rozpoczęło to transformację we wszystkich obszarach działalności firmy, aby podkreślić fakt, że transformacja cyfrowa była strategicznym priorytetem dla całej firmy.

#### 4. WNIOSKI

Opracowanie strategii wykorzystania technologii cyfrowych w celu przekształcenia firmy przemysłowej to dopiero początek. Jak wykazano powyżej, najtrudniejsze wyzwania dotyczą realizacji strategii. Aby to osiągnąć, należy przemyśleć praktycznie wszystko i stworzyć nowe modele biznesowe, opracować nowe struktury organizacyjne i działać zupełnie inaczej. Wsparcie i zrozumienie dla konieczności wprowadzania zmian ze strony zarządzających firmą jest w każdym przypadku konieczne. Kierowanie transformacją cyfrową polega na gotowości do rzucenia wyzwania agresji, ignorancji i *status quo*.

Cyfrowa transformacja opiera się na zmianie modeli biznesowych, a to trudniejsze niż odejście od starszych technologii. Podczas gdy tradycyjny model biznesowy przedsiębiorstw przemysłowych polegał na sprzedaży sprzętu i świadczeniu usług naprawczych, nowe cyfrowo-przemysłowe modele biznesowe wymagają sprzedaży spersonalizowanych rozwiązań zwiększających wydajność (*software i hardware*); dostarczania wyników i dodatkowych wartości dla klientów. W przypadku firm produkcyjnych wartość ta pochodzi najczęściej z zastosowania przemysłowego Internetu Rzeczy (IoT). Analizując wszystkie dane o tym, jak klienci używają, konserwują i naprawiają swoje urządzenia, producenci mogą tworzyć bardziej niezawodne produkty. Korzystając z analizy predykcyjnej, firmy mogą migrować w kierunku świadczenia usług opartych na zaawansowanych systemach zarządzających obsługą serwisową, wyposażonych w algorytmy diagnostyczne, które dokonują bieżącej oceny poprawności funkcjonowania układu (CBS – *condition-based service*), redukując przykładowo nieplanowane przestoje<sup>11</sup>.

Poszukując wzrostu wartości dla siebie, mogą sprzedawać subskrypcje i licencje na oprogramowanie przez nich oprogramowane, rozszerzając swoje ekosystemy. Mogą także oferować „sukces jako usługę” dzięki gwarancji poprawy wyników u klienta, np. w zakresie bezpieczeństwa, oszczędności paliwa, ograniczeniu błędów operatora, likwidacji nieplanowanych przestoju itp. Większość producentów jeszcze nie wie, jak to wszystko zrobić. Z pewnością będą musieli przekwalifikować pracowników zatrudnionych obecnie w działach sprzedaży. Strategia cyfrowo-przemysłowa doprowadzi do kanibalizacji tradycyjnej sprzedaży na kilka sposobów. Cyfrowa technologia pomaga uzyskać wzrost produktywności (maszyn, urządzeń, pojazdów), co paradoksalnie może prowadzić do spadku ich sprzedaży. Wzrost niezawodności może zmniejszyć przyszłe przychody z usług; subskrypcje oprogramowania i licencje mogą umożliwić klientom samodzielną obsługę ich urządzeń; obecni klienci mogą rozwiązać lub

---

<sup>11</sup> Według badań McKinsey & Co. prewencyjna konserwacja urządzeń przemysłowych wspomagana przez sztuczną inteligencję przyczyni się do 10-procentowej redukcji rocznych kosztów konserwacji, skrócenia przestoju nawet do 20% i 25% i zmniejszenia kosztów kontroli (Rzeźnicki 2019).

renegocjować umowy o świadczenie usług, a potencjalni klienci, którzy wybrali starsze oferty, mogą nie zawierać żadnych umów serwisowych z producentami.

Z wymienionych wyżej powodów tradycyjne przedsiębiorstwa będą zapewne walczyć z cyfrową transformacją.

GE zastosował kilka metod przewidywania i przeciwdziałania temu oporowi. Jego początkowe posunięcia miały na celu ochronę przychodów z usług posprzedażnych. Firma zebrała dane, aby pokazać, że przemysłowy IoT znacznie rozszerzy rynek<sup>12</sup>. Wykazano również, że transformacja cyfrowa może wywołać efekty sieciowe w sprzedaży sprzętu. GE zaprojektowało zmiany strukturalne, które umożliwiły powiązanie pionowych przedsiębiorstw i poziomej funkcji cyfrowej przy jednoczesnym wzroście opłacalności dla każdej ze stron, podczas gdy prezes GE stale podkreślał, że koszt kanibalizacji będzie niższy niż koszt wynikający z zaniechania wprowadzenia zmian związanych z transformacją cyfrową.

Niemniej jednak coraz więcej firm dostrzega wagę przejścia do epoki cyfrowej i coraz odważniej sięga po nowe technologie. Nie ulega wątpliwości, że – mimo barier i trudności – ze względu na wymóg bycia konkurencyjnym i szereg korzyści, jakie niesie ze sobą cyfrowa transformacja, wdrożenie tej strategii stanie się koniecznością. Planując więc strategię rozwoju, przedsiębiorstwa produkcyjne zamiast pytać „czy”, powinny raczej pytać „kiedy” i „w jaki sposób” rozpocząć proces transformacji cyfrowej.

## LITERATURA

- Govindarajan V., Immelt J.R., 2019, *The Only Way Manufacturers Can Survive*, <https://sloanreview.mit.edu/article/the-only-way-manufacturers-can-survive/> [dostęp: 10.11.2019].
- Hess T., Matt C., Benlian A., Wiesböck F., 2016, *Options for Formulating a Digital Transformation Strategy*, *MIS Quarterly Executive*, 15, 2, s. 123–139.
- Jagielska M., 2017, *Sztuczna inteligencja w zarządzaniu – stan aktualny a perspektywy*, *Przedsiębiorczość i Zarządzanie*, 18, 2, II, s. 94–104.
- Kane G.C., Palmer D., Philips A.N., Kiron D., Buckley N., 2015, *Strategy, not Technology, Drives Digital Transformation*, MIT Sloan Management Review, Research Report.
- Maternowska M., 2018, *Nowe technologie i ich wpływ na łańcuchy dostaw. Sztuczna inteligencja*, Referat wygłoszony na konferencji „Budowanie łańcuchów dostaw jutra”, Uniwersytet Ekonomiczny, Katowice [artykuł przyjęty do druku w *Zeszytach Naukowych UE w Katowicach*].
- Rzeźnicki D., 2019, *Jak sztuczna inteligencja rewolucjonizuje produkcję*, <https://www.computerworld.pl/news/Jak-sztuczna-inteligencja-rewolucjonizuje-produkcje,411693.html> [dostęp: 18.11.2019].
- Savastano M., Amendola C., Bellini F., D’Ascenzo F., 2019, *Contextual Impacts on Industrial Processes Brought by the Digital Transformation of Manufacturing: A Systematic Review*, *Sustainability*, <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/3/891> [dostęp: 9.10.2019].

---

<sup>12</sup> Zagadnienie to poruszone zostało m.in. w publikacji *Internet of Things. Nowy paradygmat rynku* (Sułkowski, Kaczorowska-Spychalska 2019).

- Seamans R., Raj M., 2018, *AI, labor, productivity and the need for firm-level data*, NBER, Cambridge.
- Segars A.H., *Seven Technologies Remaking the World*, <https://sloanreview.mit.edu/projects/seven-technologies-remaking-the-world/> [dostęp: 15.05.2018].
- Spector B., 2018, *Wprowadzanie zmiany w organizacji*, PWN, Warszawa.
- Sułkowski Ł., Kaczorowska-Spychalska D., 2018, *Internet of Things. Nowy paradygmat rynku*, Difin, Warszawa.
- Schwab K., 2018, *Czwarta rewolucja przemysłowa*, Studio Emka, Warszawa.
- Wiecka A., *Dokąd zmierza analityka w biznesie*, 2016, Harvard Business Review Polska, <https://www.hbrp.pl/b/dokad-zmierza-analytyka-w-biznesie/PiWBab13H> [dostęp: 10.11.2019].

DIGITAL TRANSFORMATION IN PRODUCTION COMPANIES. OPPORTUNITY OR THREAT  
(ON THE EXAMPLE OF GENERAL ELECTRIC)

**Summary:** Digital transformation is mentioned as one of the main trends in the development of enterprises. Most often, the digital transformation is spoken of in the theoretical context. In this article, using the example of General Electric a pioneer in the implementation of digital transformation in the US, an attempt was made to outline the practical aspects of this issue (opportunities and threats) in relation to manufacturing enterprises operating within the supply chains GE's experience can provide useful information and tips for the management of companies facing this challenge.

**Keywords:** digital transformation, industry 4,0, change management, business processes

*Publikacja została sfinansowana przez Akademię Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie (subwencja na utrzymanie i rozwój potencjału badawczego).*



## WZORNICTWO JAKO NARZĘDZIE KONKRETYZACJI ZNACZENIOWOŚCI PRODUKTU INNOWACYJNEGO NA PRZYKŁADZIE SEKTORA NOWYCH TECHNOLOGII

**Streszczenie:** Rosnący nacisk na innowacyjność przedsiębiorstw przyczynia się do wzrostu znaczenia innowacji radykalnej jako kluczowego czynnika uzyskania przewagi rynkowej. Istotnym warunkiem skuteczności komercjalizacji staje się nowa znaczeniowość produktu zwłaszcza w świetle wykorzystania nowych technologii. Interesującym narzędziem takiej conceptualizacji staje się wykorzystanie nowego wzornictwa produktu. Powiązanie designu z procesem innowacyjnym w sposób interesujący rozbudowuje proces rozwoju nowego produktu i daje również możliwość tworzenia nowych modeli biznesowych, co stanowi istotny obszar badawczy w aspekcie teoretycznym i praktycznym.

**Słowa kluczowe:** innowacja radykalna, wzornictwo przemysłowe, rozwój nowego produktu, nowa znaczeniowość produktu, nowe technologie

### 1. WPROWADZENIE

Rozwój innowacji technologicznych małych przedsiębiorstw często przybiera postać procesu inkrementalnego lub radykalnego. Radykalny przebieg tego procesu opiera się na wprowadzeniu nowego produktu jako pochodnego innowacji endogenicznej. Innowacja radykalna występuje zatem, gdy organizacja jest odpowiednio przygotowana w zakresie zasobów kadrowych i technicznych. Do tej pory w przypadku innowacji inkrementalnej większą uwagę zwracano na zmianę zastosowanego wzornictwa wyrobu. W dużej mierze powstaje ona jako reakcja na zmianę potrzeb klienta (Subrahmanya 2005). Radykalna innowacja leży u podstaw strategii wzrostu przedsiębiorstwa, a innowacja inkrementalna odpowiada bardziej strategii przetrwania. Już od lat 50. XX wieku wiadomo było, że oprócz ceny i jakości równie istotna jest znaczeniowość nabywanego produktu (Levy 1959). Produkty nabywane dziś mają zatem dla klienta znaczenie osobiste i społeczne, co uzupełnia ich funkcje użytkowe. Taka symbolika produktów jest nie do pominięcia ze względu na jej ważną rolę w marketingu i procesach komunikacyjnych przedsiębiorstwa. Analiza symboliki produktów ma kluczowe znaczenie. W takim ujęciu symbolika użytkowa produktu to ogólne pojęcie związane z obiektem,

---

\* AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Zarządzania, Katedra Zarządzania Przedsiębiorstwem

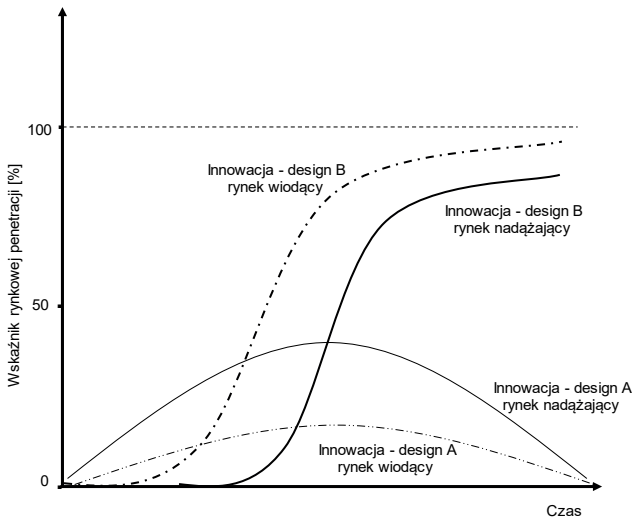


działaniem, słowem, obrazem lub zachowaniem, które rozumiane jest jako ich znaczenie nie tylko dosłowne, ale odwołujące się do uczuć lub idei kojarzonych z nimi. Znaczenie produktu jest właściwe, kiedy jego symbolika jest pozytywna dla użytkownika, kiedy jego konsumpcja przyczynia się do wzrostu jego satysfakcji, czy też wzrostu poczucia własnej wartości. Stąd waga stosowanego wzornictwa, gdyż w przypadku innowacji radykalnych to właśnie ono stoi u podstaw konceptualizacji znaczenia nowego produktu oraz projektowania jego funkcji użytkowych. Zakres interakcji występujących na tym etapie procesu innowacyjnego może stać się źródłem tworzenia wartości dla klienta. Określenie roli i miejsca wzornictwa przemysłowego w kształtowaniu produktów innowacyjnych, a w szczególności w inkorporacji nowych technologii, staje się dziś interesującym wyzwaniem. Stąd potrzeba zwrócenia uwagi na ten obszar badawczy zwłaszcza w aspekcie projektowania nowego produktu.

## 2. NOWE TECHNOLOGIE A ZNACZENIOWOŚĆ PRODUKTU

Od lat 80. ubiegłego wieku konkurowanie w zakresie badań przemysłowych było postrzegane jako źródło potencjalnej przewagi konkurencyjnej, możliwej następnie do wykorzystania na rynku produktu. Powszechne stało się stwierdzenie, że gospodarka danego kraju może zwiększyć swoją konkurencyjność w wyniku rozwoju działalności badawczo-rozwojowej, dzięki której następuje szybkie rozprzestrzenianie się wiedzy pomiędzy poszczególnymi przedsiębiorstwami. Należy zwrócić uwagę na to, że transfer wiedzy technicznej jest wolniejszy w przypadku przepływów międzynarodowych. Fakt skutecznego przepływu wiedzy technologicznej pomiędzy poszczególnymi państwami przyczynia się do obniżenia konkurencyjności gospodarek narodowych. Stąd wniosek, że przewaga konkurencyjna w wymiarze narodowym jest oparta na czasowym monopolu technologicznym. Ten z kolei jest powodem tworzenia się luki technologicznej między gospodarkami poszczególnych państw czy też regionów świata. Zatem odkrycia naukowe w związku z prędko następującym procesem dyfuzji nie mają dużego wpływu na wzrost przewagi konkurencyjnej danego kraju (Beise 2004). Następnym tak sformułowanej koncepcji luki technologicznej jest stwierdzenie, że wszystkie czynniki narodowe związane z dynamiką innowacyjności gospodarki danego kraju kształtują również jej konkurencyjność. Równocześnie w latach 90. szeroko propagowane było stwierdzenie, iż konkurencyjność przedsiębiorstw zależy od natury rynku, na którym funkcjonują. M.E. Porter przedstawił tę zależność, posługując się jakościową analizą popytu i udowadniając, iż klienci w ramach danego kraju lub obszaru mogą charakteryzować się bardziej wyrafinowanymi potrzebami niż gdzie indziej (Porter 1990). To z kolei ma olbrzymi wpływ na oferty handlowe lokalnych przedsiębiorstw – muszą one być coraz bardziej innowacyjne. Klient funkcjonujący na konkurencyjnym rynku lokalnym staje się coraz bardziej wymagający. Zatem wzrost konkurencyjności na danym rynku przyczynia się do wzrostu innowacyjności producentów. Wzrost konkurencji lokalnej przyczynia się dalej do rozwoju eksportu. Wynika stąd waga rynku lokalnego dla przedsiębiorstwa, gdyż jego wzrost jest powiązany bezpośrednio z dyfuzją i zastosowaniem handlowym nowych technologii. Kraje wiodące w zakresie innowacji i ich zastosowania prowadzą rozwój gospodarczy świata, aż

do momentu ogólnej propagacji wprowadzanej technologii. Niemniej jednak światowa różnorodność rynków wywiera wpływ na lokalne dostosowanie innowacji. Według M. Beise, czynnikiem dostosowawczym danej innowacji do lokalnych potrzeb jest jej wzornictwo (Beise 2005). Wzornictwo innowacji uwzględnia całość specyfiki danego rynku klienta oraz związanych z nim uwarunkowań prawnych. W wyniku tej koncepcji rozprzestrzeniania się innowacji na rynkach międzynarodowych możliwe jest konkurowanie między sobą różnych wzorów danej innowacji. Międzynarodowa konkurencja różnych wzorów użytkowych danej innowacji prowadzi w konsekwencji do przyjęcia kraj po kraju jednego standardu innowacji (rys. 1). Zatem pojawia się pojęcie innowacji globalnej – realizowanej przez przedsiębiorstwo międzynarodowe. Jest to innowacja, która zainicjuje proces międzynarodowej standaryzacji nowego produktu lub nowej usługi.



**Rys. 1.** Międzynarodowa dyfuzja konkurencyjnego wzornictwa innowacji

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Beise 2005: 312)

Umieędzynarodowienie przedstawionej powyżej innowacji zakłada użycie dwóch odmiennych wzorów użytkowych A i B. W przypadku propagacji obydwu tych wzorów można mówić o zaistnieniu dwóch modelowych rynków – wiodącego i nadążającego. Rynek wiodący to taki, na którym innowacja w danej formie jest wdrażana jako pierwsza. Rynek nadążający to rynek, na którym wdrożenie innowacji zachodzi później i ma charakter wtórny w porównaniu z rynkiem wiodącym. Zaproponowana koncepcja propagacji innowacji bazująca na układzie rynek wiodący – rynek nadążający stanowi bardzo interesujące narzędzie opracowywania rynkowych strategii wprowadzanych innowacji zwłaszcza w wymiarze międzynarodowym. Rynek wiodący można opisać za pomocą pięciu czynników przewagi: popytowej, cenowej,

transferowej, strukturalnej rynku i eksportowej. Warto zwrócić uwagę na zmieniającą się rolę zastosowanego wzornictwa w przypadku poszczególnego czynnika. Przewaga popytowa rynku wiodącego odnosi się do zaistniałych lokalnie warunków sprzyjających wzrostowi zapotrzebowania na innowacje – przykładowo wzrost dochodu ludności. Może ona też wynikać z ogólnych trendów rozwojowych danego rynku w obszarze specyfiki popytu – przykładowo nasilająca się dyferencjacja popytu wynikająca z ogólnie pojmowanego indywidualizmu jako lansowanej postawy społecznej. Innym stymulatorem przewagi popytowej może być rozwijanie popytu komplementarnego – powszechne stosowanie karty kredytowej przyczyniło się do rozwoju zakupów przez internet. Często dość trudno jest określić globalny trend, który stoi u podstaw międzynarodowej dyfuzji danej innowacji. Przewaga cenowa rynku wiodącego wynika z jego znacznej wielkości. Znaczna wielkość rynku jest w tym przypadku pojęciem względnym i jest spowodowana masowym charakterem konsumpcji powodowanej lokalnym wprowadzeniem innowacji. Masowa konsumpcja umożliwia szybkie uzyskanie efektu skali, co ma wpływ na obniżenie przyszłych kosztów wytworzenia i może sprzyjać niskiej cenie w przypadku wejścia na rynki międzynarodowe. Koszty innowacji zależą zarówno od cen zakupu materiałów i surowców, jak i od cen dóbr komplementarnych. Jednak obniżenie tych kosztów niekoniecznie musi mieć przełożenie na niższą cenę sprzedaży innowacji. Ciekawe jest, że w skali globalnej podwyżka kosztów może prowadzić do tworzenia się nowych rynków wiodących. Przewaga cenowa powinna być zatem, niezależnie od jej specyfiki dla konkretnej innowacji, postrzegana jako jeden z najważniejszych nośników rozwoju rynków wiodących. Przewaga transferowa wiązana jest ze specyfiką danego rynku, która ma wpływ na przyjmowane postawy konsumenckie względem danej innowacji. Pojmowana jest ona jako zdolność danego rynku do kreowania, a następnie przekazywania swoich preferencji konsumenckich innym rynkom. Chodzi zatem o sytuację rozpowszechnienia na rynku wiodącym danego wzoru użytkowego innowacji, który następnie pozostaje bez modyfikacji przyjmowany na rynkach nadążających. Brak adaptacji do potrzeb lokalnych niesie ze sobą istotne oszczędności dzięki znacznemu obniżeniu prawdopodobieństwa rynkowego odrzucenia innowacji. Istotnym warunkiem uzyskania przewagi transferowej są intensywne procesy wymiany informacji między rynkiem wiodącym a rynkami nadążającymi. Przewaga strukturalna rynku powiązana jest z intensywną konkurencją przedsiębiorstw lokalnych. Jej efektem jest wymagający rynek, który przyjmie wyłącznie wartościowe innowacje – o wysokim nasyceniu technologią lub stwarzające korzystny stosunek ceny do kosztu. Wysoki stopień konkurencyjności jest atrybutem rynków wiodących. Na rynkach konkurencyjnych łatwiej można przełożyć przewagę technologiczną na rynkową głównie dzięki przejmowaniu udziałów rynkowych mniej kreatywnych konkurentów. Przewaga eksportowa, ostatni czynnik charakteryzujący rynki wiodące, nadaje im specyfikę związaną z cechami rynku lokalnego, które będą sprzyjały eksportowi innowacji na inne rynki. Przewagę eksportową danego rynku można opisać za pomocą trzech czynników: istnieje małe zróżnicowanie pomiędzy rynkami; natura lokalnego popytu odzwierciedla potrzeby klientów międzynarodowych; ośrodki opiniotwórcze wywierają presję na rozwój działalności eksportowej przedsiębiorstw. W przypadku podejmowania działalności eksportowej bardzo trudne staje się opracowanie wzoru użytkowego danej innowacji odpowiadającego specyfice wszystkich rynków. Ta konfrontacja

z wysokim zróżnicowaniem rynków międzynarodowych często stwarza sytuację, w której „design” rynku wiodącego traktowany jest jako baza adaptacyjna dla innych rynków – wzór dominujący – nie podejmuje się zatem rozwoju indywidualnych wzorów użytkowych dla każdego kraju. Identyfikacja i określenie rynków wiodących stanowi istotny czynnik strategii innowacyjnej przedsiębiorstwa. Z wykorzystaniem doświadczenia zdobytego na rynkach wiodących przedsiębiorstwo może zdefiniować i uzyskać trwałą przewagę konkurencyjną, kontynuując wprowadzenie innowacji na rynki nadążające. Uzyskana w ten sposób przewaga konkurencyjna na rynkach nadążających jest wynikiem organizacyjnego procesu uczenia. W przypadku prowadzenia działalności międzynarodowej analiza rynku wiodącego może się okazać cennym źródłem zarówno nowo powstałych potrzeb klientów, jak i ciekawych pomysłów innowacyjnych.

Przedstawiona koncepcja w sposób jednoznaczny wiąże nowe wzornictwo z innowacją technologiczną i w sposób spójny przedstawia jego rozpowszechnienie na nowych rynkach. Jednak nie odnosi się do momentu wprowadzenia na rynek innowacji technologicznej oraz do warunków i mechanizmu powstawania wzornictwa takiego produktu. Dzisiejsze przedsiębiorstwa muszą być bardziej wrażliwe na zmianę technologiczną, umieć wykorzystywać swoje aktywa technologiczne w wymiarze strategicznym. Często w takich warunkach brakuje kontaktu między ośrodkiem strategicznym przedsiębiorstwa a osobami odpowiedzialnymi za produkty. Dlatego też proces integracji posiadanych technologii z oferowanymi liniami produktów jest często nieskoordynowany. Jednym z istotnych narzędzi tej integracji staje się dziś planowanie rozwoju technologicznego, którego praktycznym przejawem są techniki mapowania (Kappel 2001). Stąd też postulat objęcia takim mapowaniem rozwoju stosowanego wzornictwa. Rozwój ten jest procesem przebiegającym równoległe i dotąd rzadko uwzględnianym. Mapowanie umożliwi dalej ustalenie priorytetu działań rozwojowych w obrębie tych wyznaczników – technologii, wzornictwa, ich przyszłych trendów rozwojowych w aspekcie ustalania celów gospodarczych do zrealizowania. Istotną stanie się wówczas koordynacja tych działań z naciskiem na rozwój funkcji badawczo-rozwojowej przedsiębiorstwa. Natomiast prognozowanie rozwoju technologii powinno również objąć nie tylko identyfikację racjonalnych celów do osiągnięcia w ramach prowadzonych programów badawczych dążących do zróżnicowania w obrębie oferty, ale również nowe trendy sztuki użytkowej.

Ostatnie lata rozwoju procesu projektowania nowego produktu wydają się potwierdzać powyższe uwagi i w praktyce sprzyjają przypisywaniu coraz większego znaczenia działaniom projektowym w zakresie kształtowania formy i wyglądu nowego produktu. Ciekawe i atrakcyjne wzornictwo może prowadzić przedsiębiorstwo do uzyskania innowacji radykalnych (Gasparin 2018). Design ma być elementem stymulującym proces innowacyjny, staje się on narzędziem zrozumienia niezaspokojonych potrzeb społecznych. Tak prowadzony proces innowacyjny rozpoczyna się od określenia, w jaki sposób dzięki sztuce użytkowej można połączyć wzornictwo i innowację, aby stworzyć nowe, oryginalne i przełomowe produkty. Dzięki takiemu podejściu rozwija się zatem nową znaczeniowość, stającą się powodem wyboru i stosowania nowego produktu (Šmid 2017). Znaczeniowość jest pojmowana wtedy jako sens, postrzeganie, jak można doświadczać danej rzeczy. Znaczeniowość nie jest pojęciem stałym, ulega zmianom w zależności od osoby zdobywającej konkretne doświadczenie

z zastosowaniem produktu. Wdrożenie takiej koncepcji wymaga, aby wzornictwo stało się kluczowym składnikiem procesu innowacyjnego przez zrozumienie potrzeb klienta tak, aby móc stworzyć zrozumiałą wizję nowego znaczenia produktu, którego klienci jeszcze nie znają lub jakiego oczekują. Wzornictwo stymuluje strategię przedsiębiorstwa opartą na określeniu, pogłębieniu i sformalizowaniu aspektów emocjonalnych i symbolicznych produktu.

Wówczas wprowadzana koncepcja masowej indywidualizacji skutkuje w praktyce zastosowaniem elastycznych systemów produkcji i gotowości do wytwarzania produktów w krótkich seriach (Doustmohammadi i in. 2014). Produkty zaczęłyby być projektowane na podstawie uśrednionych wyników badań opinii i preferencji klientów. Klienci nie są wtedy jednak źródłem koncepcji produktu i jego wzornictwa, nie biorą udziału w jego projektowaniu, nie są jego współtwórcami, lecz wyłącznie odbiorcami gotowej koncepcji wcześniej zaprojektowanej przez przedsiębiorstwo. Nowe podejście przedsiębiorstw do masowej indywidualizacji pojawia się również w przypadku komercjalizacji nowych technologii. Umożliwia ono dziś wytworzenie produktu zaprojektowanego w szczególności do ściśle określonych, indywidualnych potrzeb klienta na podstawie jego fizycznej i psychologicznej charakterystyki. Taki produkt jest współprojektowany i współwytwarzany, aby zaspokoić szczegółowe potrzeby konkretnego klienta. Z takiej perspektywy potencjalnym problemem aktualnie stosowanej masowej indywidualizacji jest jej faza wdrożeniowa, która realizowana jest na końcu procesu produkcyjnego z powodu oczekiwanej skali partii produkcyjnej. Aktualne potrzeby rynku, czyli klienta, są bardziej pogłębione, wynikają ze specyfiki potrzeb konkretnej osoby, a nie uśrednienia wyników ankiety. Wprowadzenie takiej pogłębionej indywidualizacji będzie odwoływało się już nie tylko do czynników materialnych charakteryzujących potrzeby, ale również tych leżących w indywidualnej sferze odczuć i przekonań, co będzie miało znaczenie dla konkretnego procesu tworzenia wartości nowego produktu (Filipowicz 2019). Indywidualizacja odczuć i przekonań powinna zostać ujęta w fazie wdrożeniowej przez propozycję wzornictwa odzwierciedlającego potrzeby klienta (Wicher-Bałuta 2013). Powinna ona również wykorzystywać w procesie projektowania możliwości, jakie dają zastosowania innowacyjnych technologii w obszarze kształtowania oryginalności wyglądu oraz nowych funkcjonalności nowego produktu.

Masowa indywidualizacja produktu w przypadku komercjalizacji nowych produktów powinna nie tylko oferować produkt zróżnicowany, ale produkt dedykowany konkretnej osobie, odpowiadający na osobowo zindywidualizowaną potrzebę. Stąd rosnąca rola zaawansowanych technologii, które mają również wpływ na stosowane wzornictwo już na poziomie procesu wytwórczego, umożliwiając wprowadzenie zmian, począwszy od tych małych, a kończąc na zmianach radykalnych. Z perspektywy interdyscyplinarnej interesująca staje się interakcja między sztuką a techniką, zwłaszcza w aspekcie procesu rozwoju nowego produktu. Dotychczasowe podejście do tego procesu charakteryzowało się podziałem dychotomicznym na obszar techniczny i obszar marketingowy – widoczny zwłaszcza w przypadku procesów innowacyjnych, przekładający się na brak spójności między opisem ilościowym i rosnącą ilością danych jakościowych charakteryzujących aspekt rynkowy innowacji – przykładowo w zakresie procesu tworzenia wartości produktów innowacyjnych. Nowe technologie są zatem katalizatorami innowacji i mają bez wątpienia wpływ na zmiany wzornictwa, jednak

nie są jej kluczowymi czynnikami. Samo wzornictwo przemysłowe jest dziś traktowane jako szeroki obszar wiedzy odwołujący się do różnych dziedzin, takich jak kultura, społeczeństwo czy też technologia.

### 3. DESIGN A STRATEGIA ROZWOJU PRODUKTU INNOWACYJNEGO

Rosnąca świadomość rozdźwięku między designem a techniką może prowadzić do pojawienia się potrzeby określenia nowego obszaru wiedzy integrującego wzornictwo i inżynierię jako podstawę procesu projektowania nowego produktu. Takie podejście staje się również źródłem konceptualizacji strategii innowacji opartej na rozwoju wzornictwa (ang. *Design-Driven Innovation Strategy*), odwołującej się do wiedzy o potrzebach klientów i użytkowników, trendach rynkowych i modzie oraz o możliwościach technologicznych (Figueiredo i in. 2015). Celem takiego konceptu strategii będzie już nie analiza aktualnych potrzeb klientów i optymalizacja ich zaspokojenia, ale identyfikacja zupełnie nowych potrzeb i zaprojektowanie produktów, które będą im odpowiadać. Tego typu produkty mają zatem odwoływać się do technologii, których nie było dotychczas. Kluczowym etapem projektowania takiego produktu ma być nowe, atrakcyjne wzornictwo. Zastosowanie nowego designu ma stymulować powstawanie nowych technologii, które mają zapewnić techniczne możliwości działania nowych produktów oraz umożliwić ich wytwarzanie. Wprowadzenie nowego, awangardowego wzornictwa ma inicjować w zamyśle prace nad rozwojem i wdrożeniem nowych technologii. To design będzie ciągnąć rozwój technologiczny. Takie ujęcie procesu innowacyjnego zmienia oblicze strategiczne podejmowanych działań. Podstawą takiego podejścia jest właśnie epifania technologiczna, której zaistnienie w takich przypadkach umożliwia rozwój technologiczny przedsiębiorstwa niezbędny do materializacji na skalę przemysłową nowego wzornictwa. Dlatego też można stwierdzić, iż epifania ma wpływ na radykalne innowacje technologiczne i staje się dzięki temu również składnikiem racjonalnego procesu projektowania i rozwoju nowego produktu. Stąd można założyć, że przedsiębiorstwo innowacyjne będzie szukało powtarzalnych metod uzyskiwania epifanii technologicznych jako źródła nowych produktów budowanych na bazie nowych technologii (Verganti 2011). Wzornictwo nie jest w takim ujęciu traktowane jako narzędzie zróżnicowania produktów w fazie dojrzałości lub schyłkowej rynku, ale staje się źródłem wartości pochodzącej od określenia nowych znaczeniowości użytkowych, które są tworzone w fazie projektowania nowego produktu, a zatem długo przed wprowadzeniem go na rynek. Stąd też ograniczona rola klienta w tak skonfigurowanym procesie innowacyjnym.

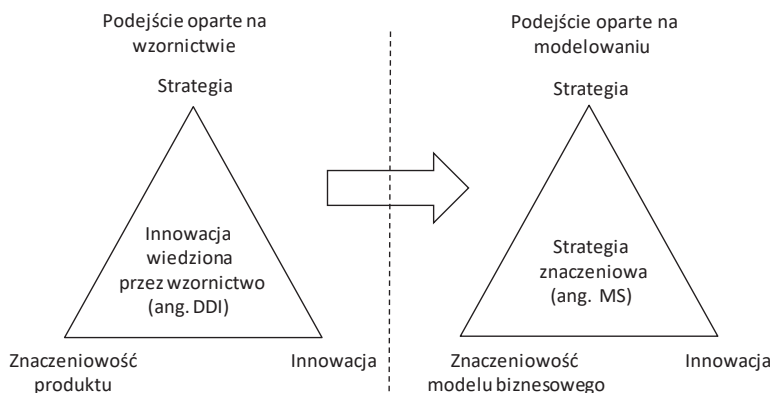
Aktualnie wydaje się, że nowe technologie umożliwiają zwiększenie możliwych funkcji użytkowych produktów, przez co znacznie poszerzają możliwości wykorzystania wzornictwa przemysłowego. Samo zastosowanie nowej technologii jest wynikiem pewnej jej interpretacji wykorzystanej w nowym produkcie. Nowe funkcje użytkowe są zatem następstwem takiej interpretacji polegającej na określeniu nowego lub odmiennego zastosowania nowej technologii (Redstrom 2006). W analizie dotychczasowych funkcji użytkowych produktu możliwa jest również ich reinterpretacja, czyli określenie nowego sposobu wykorzystania istniejącego już produktu. Nowe technologie zwiększają znacznie możliwości określenia funkcji użytkowych



w zależności od konkretnych potrzeb klienta przez ich indywidualny mix. Konfiguracje nowych funkcji użytkowych produktu powiększają zatem pole możliwych reinterpretacji zastosowania danego produktu. Dokonanie ponownej reinterpretacji zastosowania produktu może w znaczny sposób zwiększyć jego sprzedaż w porównaniu z dotychczasowym zastosowaniem lub nawet przyczynić się do powstania zupełnie nowego rynku.

Proces projektowania nowego produktu zorientowany na jego użytkownika wpisuje się w logikę prosumpcji. Umożliwiają to nowe technologie stosowane w takim przypadku jako atrybut procesu komunikacji z klientem i jako obszar poszukiwań innowacyjnych rozwiązań. W takim ujęciu wzornictwo jest katalizatorem rozpowszechniania się nowych funkcji użytkowych, ale nie jako pogłębiona dyferencjacja, lecz jako czynnik umożliwiający poszerzenie istniejących rynków lub tworzenie zupełnie nowych. Efektywne wzornictwo produktu ma być katalizatorem i ma sprawić, iż użytkownik będzie intuicyjnie odnajdywał w produkcie potrzebne mu funkcje użytkowe. Tak rozumiany design ma prowadzić do nadania formy nowemu produktowi. Forma ta stanie się zwieńczeniem wcześniejszych doświadczeń użytkownika.

Tworzenie znaczenia z perspektywy użytkownika polega na tworzeniu kultury materialnych artefaktów. Wzornictwo jako komunikacja jest rozumiane jako proces, dzięki któremu przypisuje się obiektowi prezentowane idee. Produkt stanie się wtedy narzędziem perswazji, argumentem z perspektywy retorycznej (Jutatnt i in. 2019). Produkt jest częścią systemu znaków, za pomocą którego jego użytkownicy tworzą znaczenie. Istotą kształtowania nowego obszaru teorii jest zatem określenie, jak ludzie nadają sens rzeczom poza już istniejącą ich interpretacją. Semiotyka wzornictwa jest tu istotnym elementem nadawania rzeczom symbolicznych wartości. Tworzone jest zatem uzasadnienie sensu istniejących rzeczy przez interakcję materialną i społeczną, wiedzę kulturową i umiejętności komunikacyjne. Elementy te umożliwiają określenie sposobu projektowania antycypującego tworzenie pożądanego znaczenia. Z takiej perspektywy semiotyka określa możliwe zmiany znaków, które umożliwiają przeprowadzenie kreatywnego procesu eksponującego właściwości obiektów, sytuacji, odczuć powiązanych ze stałym sposobem postrzegania, czym jest dana rzecz, wychodząc poza znane aktualnie sytuacje czy też przyzwyczajenia i prawa. Istotny będzie zatem sposób, w jaki symbol innowacji może być zinterpretowany przez adresata (klienta docelowego). Istotna z perspektywy użytkownika staje się symbolika przypisana innowacji radykalnej i tworzone wtedy znaczenie nowego produktu. W przypadku innowacji radykalnych i projektowania pochodnych im produktów stosowane wzornictwo nie ma żadnego odniesienia do dotychczasowego stanu rzeczy. Musi ono powstać dzięki wyobraźni i interpretacji (nowej technologii). Zwiększenie nacisku na rozwój wzornictwa może owocować nowym potencjałem dla konceptualizacji strategii przedsiębiorstwa. Ciekawym sposobem rozwoju tego potencjału jest wykorzystanie procesu innowacyjnego zorientowanego na wzornictwo. Będzie to istotne zwłaszcza w aspekcie poszerzenia obszaru zastosowania wzornictwa do kreowania rozwoju nowych modeli biznesowych (Battistella i in. 2012). To poszerzenie opiera się na określeniu zależności pomiędzy tak określonym procesem innowacyjnym a innowacyjnym modelem biznesowym – przy założeniu, że oprócz implementacji nowego znaczenia produktu można stworzyć nową znaczeniowość modelu biznesowego. Stąd można określić pojęcie strategii znaczeniowości, która kształtowałaby model biznesowy przekazujący nową znaczeniowość (rys. 2).



**Rys. 2.** Poszerzenia pojęcia znaczeniowości

Źródło: (Battistella i in. 2012: 719)

Potrzeba kształtowania nowych znaczeniowości modelu biznesowego często staje się konsekwencją myślenia sieciowego i otwartych innowacji, czyli konceptualizacji sieci powiązań wokół innowacyjnej technologii. Pozostaje ona jednym z czynników warunkujących skuteczną innowację wiedzioną wzornictwem, gdyż zapewnia wzajemne dostosowanie potrzeb i sposobów ich zaspokojenia oraz właściwy proces komunikacyjny wprowadzający nowe wspólne znaczeniowości lub modyfikujący stare. Stanowi to istotny aspekt działalności gospodarczej, ponieważ skuteczny model biznesowy służy przejmowaniu wartości różnego typu. Skutkuje to analizą zależności między innowacjami a pojawianiem się nowego typu wartości i w rezultacie prowadzi do poszukiwania nowych skutecznych znaczeniowości, które przyczyniają się do powstawania nowych modeli biznesowych przekazywanych następnie otoczeniu.

#### 4. WNIOSKI

Hiperkonkurencyjna gospodarka, a w konsekwencji ujednocianie się oferty biznesowej stawia przed przedsiębiorstwami nowe wyzwania w obszarze rozwoju innowacyjności. Nie wystarcza już dziś pogłębiona dyferencjacja. Wymóg przewagi rynkowej odwołuje się dziś do procesu stymulowania popytu i tworzenia nowych rynków. Szczególnej wagi dla tak określonych warunków sukcesu nabiera znaczenie innowacji radykalnej. Racjonalizacja warunków jej powstawania stawia dziś wyzwanie przed praktykami i teoretykami, stąd też wynika coraz większe znaczenie obszaru badawczego związanego z tworzeniem znaczeniowości dla nowych produktów, zwłaszcza tych opracowanych na podstawie wykorzystania innowacji technologicznych. Rozwój nowych technologii powinien być oparty na konceptualizacji nowych funkcji użytkowych jako alternatywa dla prac nad substytucją czy obniżeniem cen wytwarzania istniejących już produktów. Poszukiwanie nowego sensu danego



wyrobu wydaje się istotnym czynnikiem przyszłych koncepcji tworzenia wartości dla klienta. Dotychczasowe doświadczenia przedsiębiorstw jednoznacznie wskazują na wzornictwo jako bardzo obiecującą dziedzinę wspomagania procesu innowacyjnego, a nawet jako czynnik kluczowy w stymulacji innowacji radykalnych. Szczególną rolę wzornictwa przemysłowego będzie wstępna wizualizacja znaczeniowości takich innowacyjnych produktów i określenie w konsekwencji odpowiadającej jej symboliki. Taki sposób postrzegania wzornictwa jako katalizatora innowacji radykalnych w przypadku wykorzystania nowych technologii nadaje nie tylko większą skuteczność ekonomiczną działalności badawczo-rozwojowej przedsiębiorstwa, ale może stanowić perspektywiczny obszar procesu zarządzania.

## LITERATURA

- Battistella C., Biotto G., De Toni A.F., 2012, *From design driven innovation to meaning strategy*, Management Decision, 4, s. 718–43.
- Beise M., 2005, *Lead markets, innovation differentials and growth*, International Economics and Economics Policy, 1, s. 305–328.
- Beise M., 2004, *Lead markets: country-specific drivers of the global diffusion of innovations*, Research Policy, 33, s. 997–1018.
- Doustmohammadi S., Valamanesh R., Sandres E., 2014, *Meaning-driven customization A Bio-inspired approach to the customization*, Industrial Design Society of America, Education Symposium 2014 [materiały konferencyjne], Austin, s. 245–289.
- Figueiredo J.F., Correia N.C., Ruivo I.S. Alves J.L., 2015, *Transdisciplinary knowledge for innovation Blurring the design disciplines boundaries*, Proceedings of UD15: Periphery and Promise 4 PHD in design Forum [materiały konferencyjne], University of Porto, Porto, s. 158–168.
- Filipowicz P., 2019, *Conceptualization of product development model based on use function evolution*, Central and Eastern European Journal of Management and Economics, 7, 1, s. 9–20.
- Gasparin M., 2018, *Role of designers in developing new product: an innovation turn in transformational economies*, Journal of Asian Business and Economic Studies, 2, s. 205–220.
- Jutant C., Gentes A., Bejean M., Mivielle C., 2013, *Design, meaning making and construction fixation: conceptualizing semiotic conditions to the process of designing*, Consilience and Innovation in Design, IASDR Conference [materiały konferencyjne], Tokyo, Japan, hal-01133769.
- Kappel T.A., 2001, *Perspectives on roadmaps: how organizations talk about the future*, The Journal of Product Innovation Management, 18, s. 39–50.
- Levy S.J., 1959, *Symbols for sale*, Harvard Business Review, 37, s. 117–12.
- Porter M.E., 1990, *The Competitive Advantage of Nations*, Free Press, New York.
- Redstrom J., 2006, *Towards user design? On the shift from object to user as the subject of design*, Design Studies, 27, s. 123–139.
- Śmid W., 2017, *Umysł technologiczny*, CeDeWu, Warszawa.

- Subrahmanya M.H.B., 2005, *Pattern of technological innovations in small enterprise: a comparative perspective of Bangalore (India) and Northeast England*, *Technovation*, 25, s. 269–280.
- Verganti R., 2011, *Radical Design and Technology Epiphanies: A New Focus for Research on Design Management*, *Journal of Product Innovation Management*, 28, s. 384–388.
- Wicher-Baluta A., 2013, *Design jako narzędzie innowacji*, *Kwartalnik Kolegium Ekonomiczno-Społecznego Studia i Prace*, 4, s. 179–190.

DESIGN AS INNOVATIVE PRODUCT MEANING CONCRETIZATION –  
CASE OF NEW TECHNOLOGY SECTOR

**Summary:** Growing emphasis on companies' innovativeness contributes to radical innovation importance reinforcement as market advantage key factor key. Also, the product meaning becomes the important condition of effective commercialization, particularly in case of new technologies use. Thus the product new design utilization of seems to be powerful tool of this conceptualization. The association of design with the innovation process is the interesting way of new product development and gives the possibility of new business model creation, both become a significant practical and theoretical research area.

**Keywords:** radical innovation, industrial design, new product development, product new meaning, new technologies

*Publikacja została sfinansowana przez Akademię Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie (subwencja na utrzymanie i rozwój potencjału badawczego).*



**Anna MICHNA\*, Krzysztof BRZOSTEK\*\***

## MEDIACJA JAKO NARZĘDZIE ZARZĄDZANIA KONFLIKTEM W PRZEDSIĘBIORSTWIE – DESKRYPTYWNO-TEORETYCZNE STUDIUM PRZYPADKU

**Streszczenie:** Wobec następującego wzrostu złożoności struktur społecznych coraz bardziej istotną rolę odgrywają konsensualne formy rozwiązywania sporów. Jedną z nich jest mediacja, która może zostać wykorzystywana w organizacji do rozwiązywania i zapobiegania konfliktom. Ponadto może być jednym z elementów budowania kultury organizacyjnej opartej na dialogu i zaufaniu. Niestety w Polsce system mediacji jest wciąż niewystarczająco wykorzystywanym instrumentem na rzecz rozwiązywania konfliktów organizacyjnych. Celem rozdziału jest przedstawienie wykorzystania mediacji jako narzędzia rozwiązywania konfliktów, w tym sporów zbiorowych na przykładzie rozwiązań wprowadzonych w Oddziale KGHM Polska Miedź S.A. Zakłady Górnicze Polkowice-Sierszowice.

**Słowa kluczowe:** konflikt, mediacja, zaufanie, kultura organizacyjna

### 1. WPROWADZENIE

Występowanie konfliktów w organizacji jest nieuniknione, ale konflikt, który zostanie umiejętnie rozwiązany, może przyczynić się do poprawy jej efektywności i skuteczności. Natomiast konflikt o charakterze dysfunkcyjnym może zakłócać komunikację członków zespołu czy organizacji, powodować osłabienie więzi grupowej, dekoncentrację czy chaos (Więcek-Janka 2006). Źródłem konfliktów są: ludzka natura, sprzeczne interesy, brak wspólnych informacji albo niejasne czy destruktywne zasady (Moore 2009; Baran, Książek 2015).

Konflikt może zostać rozwiązany przez arbitralną decyzję pracodawcy lub osób do tego wskazanych, może też zostać rozwiązany dzięki wspólnie wypracowanym przez uczestników konfliktu metodom. Organizacja może w tym przypadku wykorzystać narzędzia, jakie daje proces mediacji.

Mediacja została rozwinięta w USA oraz krajach należących do tradycji *common law*, a następnie w Europie. W Stanach Zjednoczonych zinstytucjonalizowane formy mediacji odnosiły się do praw pracowniczych, co wiązało się z utworzeniem *Federal Mediation and*

---

\* Politechnika Śląska, Wydział Organizacji i Zarządzania, Katedra Ekonomii i Informatyki

\*\* KGHM Polska Miedź S.A.

*Conciliation Service* przy Departamencie Pracy w 1947 r. Na podstawie *Civil Rights Act* z 1964 r. powstały w USA instytucje państwowe wykorzystujące mediację w ramach prowadzonej przez siebie działalności oraz zostały wprowadzone w życie programy promowania mediacji wśród społeczności lokalnych (Morek 2006). Alternatywne sposoby rozwiązywania sporów (*Alternative Dispute Resolution*) można zdefiniować jako polubowne sposoby rozwiązywania konfliktów i sporów oparte na idei dążenia do zawarcia porozumienia oraz na próbie odnalezienia kompromisowego rozwiązania sytuacji konfliktowej. Wśród podstawowych form można wyróżnić: arbitraż, mediację, koncyliację i negocjację (Kalisz, Zienkiewicz 2015). Alternatywne metody rozwiązywania sporów są dziś obecne w wielu dziedzinach stosunków społecznych (Korybski 1993; Morek 2004; Ślęzak 2003). Komisja Europejska w opublikowanej w 2002 r. *Zielonej Księdze Komisji Europejskiej o alternatywnych metodach rozwiązywania sporów cywilnych i handlowych* (Bobrowicz 2008) zainicjowała dyskusję dotyczącą uregulowania mediacji i innych metod pojednawczych w prawie wspólnotowym. W polskim systemie prawnym mediacja występuje w postępowaniu karnym (kodeks postępowania karnego), postępowaniu w sprawach nieletnich (*Ustawa o postępowaniu w sprawach nieletnich*), postępowaniu sądowoadministracyjnym (*Prawo o postępowaniu przed sądami administracyjnymi*), w sporach zbiorowych z zakresu prawa pracy (*Ustawa o rozwiązywaniu sporów zbiorowych*). Sprawy mediacyjne z zakresu prawa pracy w sądach rejonowych są już trwałym elementem polskiego systemu prawnego. Obowiązujące od dnia 1 stycznia 2016 r. zmiany w kodeksie postępowania cywilnego przyczyniają się do wzrostu znaczenia mediacji w rozstrzyganiu spraw cywilnych, w tym zwłaszcza z zakresu prawa pracy.

Nie ma jednej powszechnie akceptowanej definicji mediacji. Definicja prawna określa mediację jako proces porozumienia o charakterze etycznym, który oparty jest na odpowiedzialności oraz autonomii uczestników. W procesie tym bierze udział osoba bezstronna bez kompetencji decyzyjnej lub doradczej, mająca jedynie zakres uprawnień przyznany jej przez strony mediacji i działająca na zasadzie prowadzenia poufnych rozmów na rzecz stworzenia i odnowienia więzi społecznej, prewencji lub uregulowania zaistniałej sytuacji. W definicji wychowawczej mediacja jest przestrzenią wymiany pomiędzy stronami mającymi trudności we wzajemnych relacjach. Definicja psychologiczna określa mediację jako przestrzeń i moment, gdy szanse i ryzyko są wyrównane w komunikacji i gotowości do wysłuchania, w obdarzaniu uznaniem i szacunkiem, w ocenie możliwych rozwiązań.

Mediacje można zdefiniować „jako postępowanie, w którym neutralna osoba trzecia, zwana mediatorem, pomaga i zachęca strony do rozstrzygnięcia sporu między nimi, mediator ma pomóc skonfliktowanym stronom w zawarciu wzajemnie akceptowalnej i całkowicie dobrowolnej ugody” (Gmurzyńska 2007). Natomiast zdaniem R. Cebuli „mediacja to dobrowolne i poufne porozumiewanie się stron znajdujących się w konflikcie w obecności bezstronnej i neutralnej trzeciej osoby – mediatora” (Cebula 2011; Gmurzyńska 2007; Sobczak 2017). Zgodnie z *Dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/WE z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie niektórych aspektów mediacji w sprawach cywilnych i handlowych* sformułowanie „mediacja” oznacza zorganizowane postępowanie o dobrowolnym charakterze, bez względu na jego nazwę lub określenie, w którym przynajmniej dwie strony sporu próbują osiągnąć

porozumienie w celu rozwiązania ich sporu, korzystając z pomocy mediatora (*Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008*).

Mediacja jest często utożsamiana z koncyliacją, wybrani autorzy uznają te pojęcia za identyczne lub bliskoznaczne (Baran 2013; Flejszar, Świątkowski 2010; Marek 2008). Rola mediatora nieco się różni od roli koncyliatora, choć istota funkcji, którą pełnią, jest ta sama. W związku z tym mediacji nadaje się szerokie znaczenie, uznając koncyliację za jedną z jej postaci. Na potrzeby niniejszych rozważań przyjęto następującą definicję mediacji w organizacji:– mediacja to polubowna metoda rozwiązywania sporów w ramach organizacji, w której neutralny i bezstronny mediator pomaga stronom (pracownikom) we wzajemnej komunikacji, określeniu interesów oraz wypracowaniu obojętnie akceptowalnego porozumienia. Analizując cele mediacji, można odwołać się do klasyfikacji zaproponowanej przez Riskina, który przedstawił następujące zakresy mediacji:

- prawny (*Litigation Issues*) – rozwiązanie sporu następuje przez zawarcie porozumienia, istotne jest ustalenie prawdopodobnego wyniku postępowania;
- biznesowy (*Business Interests*) – zaspokojenie interesów stron przez poprawę ich relacji w celu zapewnienia im dalszej współpracy;
- personalny (*Personal Interests*) – uzyskanie wewnętrznej przemiany stron, nawet jeśli nie zawarto porozumienia;
- społeczny (*Community Interests*) – uwzględnienie interesów społeczeństwa (Zienkiewicz 2007).

Mediacja wspiera atmosferę dialogu, która stanowi element kultury organizacyjnej (Khan, Rasli 2015; McKenzie 2015) budującej pozytywne relacje zarówno pomiędzy pracownikami, jak i pracownikiem i pracodawcą oraz wzajemną komunikację, może również ograniczać negatywne emocje (McKenzie 2015; Wojtkowiak, Potaczała-Perz 2014) i mobbing (Einarsen i in. 2018). Ponadto wzmacnia upewnienie pracowników i przekształca przywództwo w kierunku transformacyjnego, co w rezultacie prowadzi do wzrostu satysfakcji z pracy (Choi i in. 2016; Elnaga i in. 2014).

OECD zaleca m.in. monitorowanie i zarządzanie potencjalnymi konfliktami oraz stworzenie w organizacjach punktu kontaktowego dla pracowników chcących zgłosić swoje obawy w związku z nienależytym funkcjonowaniem organizacji (OECD 2015).

Mimo że mediacja jest generalnie instytucją relatywnie nową (jak wcześniej zasygnalizowano, również często niedocenianą w praktyce sądowniczej), to można wskazać pewne przykłady jej zastosowania w przedsiębiorstwach. „Program rozwiązywania konfliktów” to rozwiązanie, które zostało zaimplementowane w amerykańskiej korporacji Levi Strauss & Company. Autorzy programu zakładali, iż miał on być dostępny i jasny dla pracowników, pozwalać na reagowanie u źródła konfliktu, zapewniać poufność, dawać wybór rozwiązania i być realizowany w godzinach pracy (Markert 2009). Określono następujące etapy rozwiązywania konfliktów: (I) rozwiązanie konfliktu przez strony, (II) coaching (i powrót do etapu I), (III) mediacje, (IV) arbitraż. Choć program nie został w pełni wdrożony, to pracownicy wykorzystują nabyte umiejętności w relacjach zarówno wewnątrz przedsiębiorstwa, jak i w kontaktach z klientami.

## 2. STUDIUM PRZYPADKU – WDROŻENIE I REZULTATY

Narzędzia stosowane w procesie mediacji mogą zostać wykorzystane przy próbach rozwiązania kwestii spornych tam, gdzie zaangażowana jest duża liczba uczestników. Przy dużej liczbie uczestników sporu bez usystematyzowania i ustrukturyzowania rozmowy trudno wyodrębnić kwestie istotne i wskazać cele stron, a w efekcie doprowadzić do akceptowalnego porozumienia.

Badaniami objęto Oddział KGHM Polska Miedź S.A. Zakłady Górnicze Polkowice-Sieroszowice. To jedna z trzech kopalń miedzi w Polsce – jej roczne wydobycie wynosi około 12 mln ton rudy miedzi rocznie (produktami powiązаныmi są: srebro, ołów, sól kamienna). W analizowanym Oddziale pracuje ponad 4700 pracowników (KGHM Polska Miedź S.A. zatrudnia ponad 18 000 osób).

Rozwiązania przyjęte w Oddziale w zakresie dobrowolności mediacji mają źródło w regulacjach prawnych. Zgodnie z brzmieniem art. 1831 § 1 k.p.c. podstawową cechą mediacji, odróżniającą ją od postępowania sądowego, jest jej dobrowolność. Z zasady dobrowolności korzystają w postępowaniu cywilnym wszystkie strony, co skutkuje tym, że ani wniosek o przeprowadzenie mediacji złożony przez jedną ze stron (pracownika lub pracodawcę), ani skierowanie sprawy do postępowania mediacyjnego przez sąd nie ma charakteru wiążącego. Zasada dobrowolności w rozwiązaniach przyjętych przez Oddział, a także w postępowaniu cywilnym realizowana jest na każdym etapie postępowania.

Wśród przesłanek, które skłoniły do wdrożenia i praktykowania mediacji, należy wymienić m.in.:

- poszukiwanie nowych rozwiązań w obszarze HR, które eliminowałyby potencjalnie konfliktowe sytuacje i były zgodne z misją i wizją organizacji,
- potrzeba rozwiązywania zaistniałych już konfliktów;
- poprawa komunikacji między uczestnikami organizacji (pomiędzy pracownikami oraz pomiędzy pracownikami i przełożonymi);
- konieczność lepszego zrozumienia potrzeb i oczekiwań pracowników, a w konsekwencji wzrostu motywacji;
- przewyżczanie trudności w procesie komunikacji wynikających m.in. z wielkości przedsiębiorstwa (ponad 4700 pracowników);
- bariery w komunikacji wynikające z różnic pokoleniowych;
- promowanie konciliacyjnej kultury organizacyjnej opartej na dialogu;
- wsparcie i uzupełnienie obowiązujących procedur antymobbingowych;
- zagadnienia o charakterze organizacyjnym i proceduralnym;
- zagadnienia o charakterze społecznym, w tym niewystarczający poziom świadomości średniego i wyższego szczebla kierowniczego odnośnie do rangi elementów kulturowych i tzw. miękkiego HR w zarządzaniu tak złożoną organizacją.

Wdrażana koncepcja wpisuje się ponadto w system wartości Grupy Kapitałowej KGHM Polska Miedź S.A., wyrażony w kodeksie etyki. Dialog z pracownikami jest istotnym elementem zarządzania Grupą. Koncepcja ponadto stanowi uzupełnienie obowiązujących procedur antymobbingowych.

Kultura dialogu wpisana jest w wartości i zobowiązania Spółki. Wskazuje się, iż współdziałanie jest dla organizacji podstawą osiągnięcia sukcesów i obejmuje m.in.:

- pracę zespołową, dzielenie się wiedzą i doświadczeniem,
- szanowanie poglądów innych, otwarcie na nowe spojrzenia,
- korzystanie z doświadczenia pracowników,
- różnorodność, w tym wielokulturowość.

Przyjęte w Oddziale rozwiązania z zakresu mediacji opierają się na wypracowanych przez zespół pracowników rozwiązaniach oraz wskazówkach i doświadczeniu zdobytym w trakcie warsztatów zorganizowanych przez Polskie Centrum Mediacji. Przy opracowywaniu wewnętrznych uregulowań i zasad mediacji wspierano się rozwiązaniami Polskiego Centrum Mediacji w zakresie etyki pracy mediatora oraz standardów mediacji.

W Oddziale KGHM Polska Miedź S.A. powołano wewnętrznych mediatorów, tzw. liderów dialogu. Biorąc pod uwagę wysokie wymagania kompetencyjne liderów dialogu oraz specyfikę i złożoność procesu mediacji, który często dotyczy relacji interpersonalnych, założono, że osoby będące mediatorami muszą wyrazić zgodę na objęcie tej funkcji. Wszyscy mediatorzy przechodzą szkolenie organizowane przez zawodowych mediatorów. Lider dialogu prowadzi swoje działania na podstawie stosownych unormowań wdrożonych w Oddziale oraz obowiązków wpisanych w zakresie czynności. Osoba będąca mediatorem w Oddziale powinna mieć stosowną wiedzę i doświadczenie w prowadzeniu mediacji, cieszyć się autorytetem i zaufaniem. Istotna jest znajomość elementów prawa, psychologii, etyki oraz technik umożliwiających polubowne rozwiązanie sporu. Sprawowanie funkcji lidera dialogu odbywa się w ramach stosunku pracy oraz w godzinach pracy.

Zadania lidera dialogu:

- pomoc w zdefiniowaniu kwestii spornych między stronami,
- pomoc w określeniu potrzeb i interesów stron,
- zmniejszenie barier komunikacyjnych między stronami sporu,
- dążenie do opracowania przez strony propozycji rozwiązań wzajemnie akceptowalnych,
- dzielenie się wiedzą w zakresie rozwiązywania konfliktów,
- budowanie przyjaznej atmosfery w środowisku pracy,
- propagowanie kultury dialogu,
- pomoc w odbudowywaniu relacji interpersonalnych.

Rolą mediatora jest również wsparcie grupy lub pojedynczych osób w jednoznacznym określeniu problemów oraz wybór odpowiednich modeli, narzędzi i technik, które będą zastosowane do rozwiązania problemu w praktyce. Istotnym elementem pracy mediatora w organizacji staje się pomoc w komunikacji interpersonalnej między członkami grupy, szczególnie w sytuacjach rosnącego napięcia i możliwości konfliktu. W trakcie realizacji projektów czy prac wymagających zaangażowania zespołowego istotnym elementem będzie zapobieganie konfliktom, które przeszkadzają w realizacji zadania. Działania takie pozwalają na kształtowanie kultury dialogu. Przyjęte rozwiązania przybliżają wdrażaną metodę do facylitacji, a mediator staje się w określonych sytuacjach facylitatorem. Tym samym lider dialogu staje się osobą, która w pracy nad złożonym problemem podnosi efektywność



pracy grupowej, pomaga we współpracy i umiejętnie interweniuje, szczególnie w sytuacji potencjalnego konfliktu. Jednocześnie osoba taka nie jest zaangażowana w merytoryczne zagadnienia.

Określono następujące standardy mediacji w Oddziale ZG Polkowice-Sieroszowice:

- zasada dobrowolności i zakaz wywierania przez mediatora nacisku na strony,
- zasada poufności (obowiązek zachowania w tajemnicy informacji pozyskanych w związku z przeprowadzoną mediacją),
- zasada bezstronności,
- zasada bezpieczeństwa stron i dbania o zachowanie ich równowagi,
- zasada neutralności (zakazu wysuwania przez mediatora konkretnych propozycji rozwiązania sporu),
- zasada szybkości i efektywności postępowania.

Mediator w Oddziale nie ma władzy podejmowania decyzji merytorycznych. Jego celem jest pomoc stronom w dobrowolnym osiągnięciu ich własnego, wzajemnie akceptowanego porozumienia w spornych kwestiach. Jest osobą moderującą dyskusję stron, dążących do wypracowania wspólnego porozumienia.

Dodatkowo mediacja cechuje się budowaniem atmosfery szacunku stron do siebie, a także poczucia bezpieczeństwa, satysfakcją rozstrzygnięć dla stron konfliktu. Z wnioskiem o przeprowadzenie postępowania mediacyjnego może wystąpić pracownik, przełożony pracownika i pracodawca. Pracownik dokonuje wyboru dwóch mediatorów. Przebieg działań związanych z mediacją w Oddziale KGHM Polska Miedź S.A. obejmuje następujące działania:

- Mediator ma siedem dni roboczych na zapoznanie się z przedmiotem sprawy.
- Spotkanie wstępne/informacyjne z każdą ze stron.
- Spotkanie wspólne stron z mediatorami. Na spotkaniach wstępnych/informacyjnych mediatorzy informują strony o tym, jak będzie przebiegał proces mediacji, jakie są korzyści dla stron z takiego sposobu rozwiązania konfliktu, wyjaśniają, jaka będzie ich rola, odbierają zgodę stron na udział w mediacji.
- Miejsce prowadzenia mediacji musi być neutralne (np. sala konferencyjna), a jego gospodarzami na czas prowadzenia mediacji są mediatorzy, zarządzający wszelkimi procedurami. Mediatorzy są pomocni w udrażnianiu procesu komunikacji, przez zadawane pytania pomagają uczestnikom uwzględnić punkt widzenia drugiej strony konfliktu, jej potrzeby, cele i korzyści. Mediatorzy diagnozują typ konfliktu, przeciwdziałają impasowi, dbają o równowagę stron, nie przyjmując żadnych korzyści od uczestników i nie wchodząc ze stronami w relacje mogące budzić wątpliwości co do ich bezstronności i neutralności. Mediator dba o równowagę między stronami w trakcie mediacji i w równym stopniu wspiera strony w rozwiązywaniu sporu.
- Po zakończeniu mediacji mediatorzy sporządzają i podpisują protokół z posiedzeń mediacyjnych.
- Uгода między stronami sporu jest dokumentem kończącym mediację.

Mediatorzy czuwają nad poprawnością spisanej ugody pod względem prawnym. Dbają o to, by ugoda była czytelna, zrozumiała i spójna wewnętrznie. Istnieje możliwość przygotowania akceptowanego przez strony protokołu rozbieżności. Na życzenie stron może powstać

również ugoda dla pracodawcy, będąca świadectwem rozwiązanego konfliktu, a także ugoda regulująca warunki wzajemnych relacji pomiędzy stronami. Mediator w Oddziale ZG Polkowice-Sieroszowice powinien:

- prowadzić postępowanie mediacyjne oparte na zasadzie samodzielności i autonomii stron konfliktu;
- kierować się przede wszystkim dobrem i interesami stron, dbać o zapewnienie dobrowolności udziału stron w postępowaniu mediacyjnym;
- tak postępować, aby wszystkie strony sporu знаły i rozumiały istotę procesu mediacji, rolę lidera dialogu i warunki ewentualnego porozumienia;
- nie powinien podejmować się pomocy w rozwiązaniu konfliktu, gdy nie ma pełnego przekonania o swoich kompetencjach, które pozwolą mu prowadzić postępowanie rzetelnie;
- nie powinien prowadzić postępowania mediacyjnego, jeśli nie jest w stanie zachować bezstronności lub usunąć wątpliwości co do swojej bezstronności;
- powinien zachowywać poufność postępowania mediacyjnego, zarówno przed jego rozpoczęciem, w trakcie, jak i po jego zakończeniu;
- powinien unikać konfliktu interesów ze stronami i bezzwłocznie rozwiewać wszelkie wątpliwości co do tej kwestii;
- nie powinien wprowadzać w błąd stron co do swoich kwalifikacji, kompetencji, doświadczenia;
- powinien dostarczać stronom jasnych i jednoznacznych informacji związanych z postępowaniem, w którym uczestniczą;
- powinien pogłębiać swoje kompetencje zawodowe w celu jak najlepszego służenia uczestnikom mediacji (*Kodeks etyki mediatora 2006*).

### 3. WNIOSKI

Wdrożenie zaprezentowanych rozwiązań w Oddziale KGHM Polska Miedź S.A. wymagało przekonania pracowników do instytucji mediacji przez podjęcie działań o charakterze informacyjnym, szkoleniowym i edukacyjnym. Ujawniły się bariery stosowania mediacji, przykładowo: (1) brak wiedzy na temat tego, czym jest mediacja i jakie wynikają z niej korzyści; (2) opór przed samodzielnym decydowaniem o sposobie rozstrzygnięcia konfliktu; (3) oczekiwanie, że przełożony podejmie decyzję ostateczną; (4) konieczność „otworzenia się” na osoby trzecie (mediatorów). Niwelowanie tych barier jest możliwe dzięki szkoleniom i zapewnieniu jak najwyższej klasy mediatorów (bezstronnych i kompetentnych).

W procesie mediacji akcentowana jest zasadnicza rola uczestników, a rola mediatora ograniczona jest do funkcji pomocniczej, oznacza to, że w mediacji wskazuje się na odpowiedzialność stron za proces podejmowania decyzji. Prowadzi to do zwiększenia poczucia własnej wartości i kompetencji. Mediacja pozwala na wymianę informacji pomiędzy stronami i dostosowanie rozwiązywania konfliktu do oczekiwań stron. Wykorzystanie mediacji pozwoli na budowanie relacji opartych na zaufaniu i może wyprzedzająco ograniczyć polaryzowanie się poglądów i zaognianie konfliktu (Kmieciak, Michna 2018). Dialog z pracownikami stanowi we współczesnych organizacjach faktyczne współuczestnictwo w zarządzaniu przedsiębiorstwem,

pozwala pracownikom wpływać na kształt organizacji i jej kierunek rozwoju (Michna i in. 2015). Ukształtowanie organizacji opartej na dialogu powinno pozwolić na sprawniejszą komunikację, wspomagać organizację we wdrażaniu zmian, a co najistotniejsze – pozwolić na efektywne zarządzanie zespołami. Zaimplementowanie mediacji może pomóc w pozyskaniu wysokiej klasy specjalistów, którzy oczekują od pracodawcy zapewnienia wysokich standardów pracy. Mediacja może stanowić element ładu korporacyjnego również w relacjach z interesariuszami zewnętrznymi.

Mediacja jest dla stron konfliktu wewnątrz organizacji (zarówno w stosunkach między pracownikami lub pracownikami i pracodawcą) rozwiązaniem korzystnym, ponieważ pozwala poprawić relacje stron konfliktu oraz skierować wysiłki w celu znalezienia istoty konfliktu, a następnie go rozwiązać. Ważne jest zapobieganie eskalacji konfliktu w miejscu pracy i ograniczanie możliwości powrotu do sytuacji konfliktowej. Dzięki mediacji konflikt jest rozwiązywany wewnątrz organizacji, a jego strony oraz cała organizacja mogą zachować poufność w stosunku do otoczenia bez narażania reputacji.

Długofalowe efekty wdrożonych w Oddziale KGHM Polska Miedź S.A. Zakłady Górnicze Polkowice-Sieroszowice rozwiązań w zakresie mediacji będą przedmiotem dalszych badań i być może zostaną one implementowane w kolejnych oddziałach.

## LITERATURA

- Baran K., 2013, *Z problematyki wykonalności ugód zawieranych w sprawach z zakresu prawa pracy*, [w:] *Aktualne zagadnienia prawa pracy i polityki socjalnej: zbiór studiów*, red. B.M. Cwiertniak, t. 3, Oficyna Wydawnicza Humanitas, Sosnowiec, s. 235–240.
- Baran K., Książek D., 2015, *Postępowanie mediacyjne w sprawach z zakresu prawa pracy*, [w:] *Pozasądowe sposoby rozwiązywania sporów pracowniczych*, red. A. Góra-Błaszczkowska, K. Antolak-Szymanski, Dom Wydawniczy Elipsa, Warszawa, s. 33–43.
- Bobrowicz M., 2008, *Mediacja. Jestem za*, Wolters Kluwer, Warszawa.
- Cebula R., 2011, *Mediacja w polskim prawie cywilnym*, Ministerstwo Sprawiedliwości, Warszawa.
- Choi S.L., Goh C.F., Adam M.B.H., Tan O.K., 2016, *Transformational leadership, empowerment, and job satisfaction: the mediating role of employee empowerment*, *Human Resources Health*, 14, 1, s. 73.
- Einarsen S., Skogstad A., Rørvik E., Lande Å.B., Nielsen M.B., 2016, *Climate for conflict management, exposure to workplace bullying and work engagement: a moderated mediation analysis*, *The International Journal of Human Resource Management*, 29, 3, s. 549–570.
- Elnaga A.A., Imran A., 2014, *The impact of employee empowerment on job satisfaction: theoretical study*, *American Journal of Research Communication*, 2, 1, s. 13–26.
- Flejszar R., 2010, *Ugodowe rozwiązywanie sporów z zakresu prawa pracy*, [w:] *Studia z zakresu prawa pracy i polityki społecznej*, red. A. Świątkowski, Kraków, s. 315–328.
- Gmurzyńska E., 2007, *Mediacja w sprawach cywilnych w amerykańskim systemie prawnym – zastosowanie w Europie i w Polsce*, C.H. Beck, Warszawa.

- Kalisz A., Zienkiewicz A., 2015, *Polubowne rozwiązywanie konfliktów w pomocy społecznej*, Wyższa Szkoła Humanitas, Sosnowiec.
- Khan M.M., Rasli A.M., 2015, *Relationship between organization culture, empowerment and conflict*, International Journal of Economics and Financial Issues, 5, 1S, s. 324–329.
- Kłusek-Wojciszke B., 2012, *Metody zarządzania konfliktem w organizacjach*, Studia i Materiały Instytutu Transportu i Handlu Morskiego, 9, s. 17–32.
- Kmiecik R., Michna A., 2018, *Knowledge management orientation, innovativeness, and competitive intensity: evidence from Polish SMEs*, Knowledge Management Research & Practice, 16, 4, s. 559–572.
- Kodeks etyki mediatora*, 2006, Polskie Centrum Mediacji, Warszawa.
- Korybski A., 1993, *Alternatywne rozwiązywanie sporów w USA*, Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin.
- Macyszyn M., Śledzikowski M., 2015, *Umowa o mediację w prawie polskim – wybrane zagadnienia*, ADR. Arbitraż i Mediacja, 3, s. 5.
- Marek A., 2008, *Mediacja – sposób rozwiązywania sporów pracowniczych*, Służba Pracownicza, 3, s. 12.
- Markert K., 2009, *Lepiej się dogadać – Program Rozwiązywania Konfliktów w Levi Strauss & Co*, Kompendium Kadry, marzec, s. 1–6.
- Michna A., Grygiel K., Grygiel P., 2015, *Rekrutacja oraz system motywacyjny pracowników jako element zarządzania zasobami ludzkimi w wybranej jednostce administracji publicznej*, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej: Organizacja i Zarządzanie, 78, s. 278–292.
- Moore C.W., 2009, *Mediacje. Praktyczne strategie rozwiązywania konfliktów*, Wolters Kluwer, Warszawa.
- Morek R., 2006, *Mediacja i arbitraż (art. 1831–18315, 1115–1277 KPC). Komentarz*, Wolters Kluwer, Warszawa.
- Morek R., 2004, *ADR alternatywne metody rozwiązywania sporów w sprawach gospodarczych*, C.H. Beck, Warszawa.
- OECD, 2015, *G20/OECD Principles of Corporate Governance*, OECD Publishing, Paris.
- Sobczak E., 2017, *Społeczny rozwój mediacji*, Zeszyty Naukowe Politechniki Częstochowskiej: Zarządzanie, 25, 2, s. 167–175.
- Sołtysiak P., 2012, *Mediacja jako alternatywna metoda rozwiązywania sporów*, Zeszyty Naukowe Instytutu Administracji AJD w Częstochowie, 2, 6, s. 9–28.
- Ślęzak M., 2003, *Alternatywne sposoby rozwiązywania sporów w sprawach cywilnych i handlowych w pracach CCBE*, Radca Prawny, 2, s. 90.
- Świątkowski A.M., 2012, *Polskie prawo pracy*, LexisNexis, Warszawa.
- Walczak W., 2010, *Nauka o organizacji. Wybrane zagadnienia*, Warszawska Szkoła Zarządzania, Warszawa.
- Więcek-Janka E., 2006, *Zmiany i konflikty w organizacji*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań.
- Wojtkowiak M. Potaczała-Perz K., 2014, *Mediacja w profilaktyce szkolnej*, Resocjalizacja Polska, 6, s. 135–150.
- Zienkiewicz A., 2007, *Studium mediacji. Od teorii ku praktyce*, Difin, Warszawa.

### **Akty prawne**

*Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/52/WE z dnia 21 maja 2008 r. w sprawie niektórych aspektów mediacji w sprawach cywilnych i handlowych*, Dz.Urz. UE L 136 z 24.05.2008.

*Rozporządzenie Ministra Sprawiedliwości w sprawie postępowania mediacyjnego w sprawach karnych*, Dz.U. z 2015 r., poz. 716.

*Ustawa z dnia 23 maja 1991 r. o rozwiązywaniu sporów zbiorowych*, Dz.U. z 1991 r. Nr 55, poz. 236, tekst jedn. Dz.U. z 2018 r., poz. 399.

*Ustawa z dnia 26 października 1982 r. o postępowaniu w sprawach nieletnich*, Dz.U. z 1982 r. Nr 35, poz. 228, tekst jedn. Dz.U. z 2010 r. Nr 33, poz. 178.

*Ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. Prawo o postępowaniu przed sądami administracyjnymi*, Dz.U. z 2002 r. Nr 153, poz. 1270, tekst jedn. Dz.U. z 2018 r., poz. 1302.

*Ustawa z dnia 6 czerwca 1997 r. – Kodeks postępowania karnego*, Dz.U. z 1997 r. Nr 89, poz. 555, tekst jedn. Dz.U. z 2017 r., poz. 1904.

#### MEDIATION AS A TOOL FOR CONFLICT MANAGEMENT IN ENTERPRISE. DESCRIPTIVE-THEORETICAL CASE STUDY

**Summary:** In the face of a progressing increase in the complexity of social structures, consensual forms of dispute resolution are playing a more and more important role. One of those forms is mediation, which can be used in the organization to resolve and prevent conflicts. Moreover it can be one of the elements of building an organizational culture based on dialogue and trust. Unfortunately in Poland, the mediation system is still an insufficiently used instrument for resolving organizational conflicts. The purpose of the article is to present the use of mediation as a conflict resolution tool, including collective disputes, on the example of solutions implemented at KGHM Polska Miedź S.A. Mine Polkowice-Sieroszowice Branch.

**Keywords:** conflict, mediation, trust, organizational culture

## MODEL BIZNESOWY GOSPODARKI O OBIEGU ZAMKNIĘTYM NA PRZYKŁADZIE POLSKICH ZAKŁADÓW ZBOŻOWYCH LUBELLA

**Streszczenie:** Model biznesowy oparty na założeniach gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ) powinien być bardziej wydajny niż liniowy w perspektywie długoterminowej nie tylko w kontekście korzyści dla społeczeństwa, ale także dla przedsiębiorstwa i jego udziałowców. Istotą GOZ jest bowiem poszukiwanie rozwiązań minimalizujących zużycie zasobów i ograniczających generowanie odpadów w cyklu produkcyjnym i cyklu życia. Wdrożenie i zrozumienie założeń GOZ jest jednak nadal dużym wyzwaniem dla polskich podmiotów gospodarczych, szczególnie w kontekście opracowania modeli biznesowych, w których analizuje się cały łańcuch wartości. W rozdziale przedstawiono nowy model biznesowy GOZ dla producenta artykułów zbożowych, na przykładzie przedsiębiorstwa PZZ Lubella i prowadzonych przez niego działań. W rozdziale dokonano przeglądu literaturowego modeli biznesowych, pokazano, w jaki sposób można zastosować elementy modelu biznesowego opartego na GOZ w przedsiębiorstwie spożywczym oraz wskazano możliwe kierunki zmian w prowadzonym modelu biznesowym przy przejściu na model biznesowy GOZ.

**Słowa kluczowe:** model biznesowy, łańcuch dostaw, rozwój zrównoważony, gospodarka o obiegu zamkniętym, branża spożywcza

### 1. WPROWADZENIE

Marnotrawienie żywności, straty zasobów produkcyjnych, generowanie nadmiernych odpadów są wyzwaniem współczesnej gospodarki zarówno w skali kraju, jak i świata. Instytucje takie jak Komisja Europejska, Bank Światowy, ONZ czy rządy poszczególnych krajów wdrażają aktywnie instrumenty zachęcające, a nawet mobilizujące przedsiębiorstwa do podjęcia kroków zmierzających do przejścia z modelu zarządzania linearnego do modelu zarządzania zrównoważonego. Rola przedsiębiorstw sektora spożywczego jest szczególna w tej transformacji, z jednej strony przedsiębiorstwa spożywcze mogą bowiem lepiej zarządzać procesami, gospodarką surowcami i łańcuchem dostaw, z drugiej zaś strony mogą edukować i zachęcać konsumentów do niemarnowania żywności, dostosowując swoją ofertę do wymagań rynkowych i GOZ.

Idea GOZ jest obecna w literaturze naukowej od końca lat 60. XX w., jednakże wdrażanie i udoskonalenie jej zasad nastąpiło dopiero na początku XXI w., początkowo w krajach Azji

---

\* AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Zarządzania

(Chiny, Japonia), a obecnie, po rekomendacjach prezentowanych w dokumentach Komisji Europejskiej (od 2014 r.), w wielu krajach członkowskich UE (Kulczycka 2019). Europejskie przedsiębiorstwa stoją przed wyzwaniem przejścia z zarządzania w modelu linearnym na zarządzanie oparte na regułach GOZ. Przedsiębiorcy wdrażający GOZ mogą rozważać zarówno zmianę portfolio produktowego, sposobów zamawiania i przetwarzania surowców, zasad podejmowania decyzji inwestycyjnych na podstawie nowych wskaźników ekonomicznych i finansowych, jak i sposobów zagospodarowania odpadów i pozostałości po procesach produkcyjnych. Oznacza to nie tylko wdrażanie nowych rozwiązań technologicznych, ale i poszukiwanie innych form współpracy zarówno z dostawcami surowców, jak i odbiorcami odpadów, które, jeżeli powstaną, powinny podlegać ponownemu użyciu lub recyklingowi (Yuan i in. 2006; Zhang i in. 2009).

Transformacja w kierunku GOZ będzie wymagała większej aktywności firm w procesach zarządzania, a także intensywnej komunikacji z klientem, dostawcą czy podmiotami sektora publicznego. Idei GOZ nie można wdrożyć bez porozumienia i współpracy trójkąta biznes – nauka – polityka, zwłaszcza że ocenę efektów biznesowych i środowiskowych dla nowych rozwiązań biznesowych prowadzi się w łańcuchu wartości, mając na celu również poprawę stanu środowiska i zadowolenie społeczeństwa. Dlatego też, jak wskazuje Bielecka (2017), modele biznesowe oparte na GOZ umożliwiają przedstawienie wielu wartości, ważnych zarówno z perspektywy interesariuszy organizacji, jak i jej dostawców oraz odbiorców, a w szczególności ogółu społeczeństwa.

## 2. PRZEGLĄD LITERATUROWY MODELI BIZNESOWYCH GOZ

### 2.1. DEFINICJA MODELU BIZNESOWEGO

Model biznesowy jest narzędziem strategicznego zarządzania organizacją. Przy jego określaniu należy odwołać się do definicji strategii, czyli celów długoterminowych przedsiębiorstwa, odpowiadających generalnym kierunkom działania i uwzględniających alokację zasobów, które są niezbędne do realizacji przyjętych celów (Chandler 1962). Model biznesowy stanowi określenie relacji, jakie łączą organizację z jej otoczeniem. Natomiast zakres wzajemnych oddziaływań i powiązań pomiędzy pojęciem strategii a pojęciem modelu biznesu, definiowany w literaturze przedmiotu, jest bardzo zróżnicowany i podlega ciągłej ewaluacji (Gwiazda, Bączkiewicz 2016).

Strategia jako dynamiczny proces dąży do ulepszania i adaptacji działań biznesowych do zmiennych warunków rynkowych oraz działań konkurencji. Natomiast model biznesu, który ma charakter bardziej statyczny, przynajmniej w określonym odcinku czasu, jest układem relacji i sprzężeń pomiędzy wnętrzem organizacji a jej otoczeniem. Należy zatem stwierdzić, że model biznesowy jest systemem bieżących działań organizacji, tzw. mapą jej procesów biznesowych (Gwiazda, Bączkiewicz 2016). W związku z powyższym można przyjąć, że jest narzędziem wdrażania strategii.

Jednym z kluczowych modeli biznesowych dobrze prezentujących zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę przy konstruowaniu sposobu działania przedsiębiorstwa, jest model Canvas Osterwaldera i Pigneura (tab. 1).

Przedsiębiorstwa, definiując swój model biznesu, powinny zadać sobie cztery zasadnicze pytania, które przedstawiono w tabeli 2.



**Tabela 1**  
Model Canvas Osterwaldera i Pigneura

<p><b>Partnerzy</b></p> <p>Propozycja wartości Relacje z klientami Segmenty klientów Kto jest naszym kluczowym partnerem? Jakie zewnętrzne firmy lub organizacje są nam niezbędne do działania? Jakie kluczowe zasoby i działania realizują nasi partnerzy?</p>	<p><b>Kluczowe działania</b></p> <p>Jakie działania musimy podejmować, by dostarczyć naszym klientom propozycję wartości? Jakich działań wymagają nasze kanały dotarcia do klienta i nawiązywane z nim relacje?</p>	<p><b>Propozycja wartości</b></p> <p>Jaką wartość generujemy dla naszych klientów? Za co będą płacić? Co ich boli, a co ma dla nich kluczowe znaczenie? Jakie problemy klientów rozwiązujemy? Jakie produkty i usługi będziemy oferować?</p>	<p><b>Relacje z klientami</b></p> <p>Jakich relacji oczekują od nas nasi klienci? Czy oczekują osobistego wsparcia, a może szybkiej i automatycznej obsługi? Czy sposób nawiązywania relacji z klientami jest zintegrowany z pozostałymi obszarami modelu biznesowego?</p>	<p><b>Segmenty klientów</b></p> <p>Kto jest naszym klientem? Dla kogo budujemy produkt/usługę? Komu oferujemy wartość? Kto będzie płacił?</p>
<p><b>Kluczowe zasoby</b></p> <p>Jakich kluczowych zasobów potrzebujemy, żeby zaoferować naszą propozycję wartości? Jakich zasobów wymagają nasze kanały dotarcia do klienta i nawiązywane z nim relacje?</p>	<p><b>Kanały</b></p> <p>Gdzie bywają nasi klienci? Gdzie chcemy spotkać naszych klientów? Z jakich kanałów będziemy korzystać przy nawiązywaniu kontaktu z klientem?</p>	<p><b>Struktura kosztów</b></p> <p>Jakie koszty generuje nasz model biznesowy? Jakie nakłady finansowe generują kluczowe zasoby, działania, partnerzy?</p>	<p><b>Struktura przychodów</b></p> <p>Za co klienci są w stanie zapłacić? Za co i ile będą płacić? Które elementy naszego produktu/usługi będą darmowe, a które płatne?</p>	

Źródło: (Tomaszewski 2014)



Tabela 2

Cztery podstawowe pytania do modelu biznesu

Lp.	Pytania do modelu biznesu	Pytania pomocnicze	Przykładowa analiza
1.	<i>Who?</i> – Kto?	Kto jest moim klientem? Jakie są potrzeby klienta? Jakie mogą być jego pragnienia? Jaka jest siła nabywcza mojego klienta?	zasięg rynku liczba klientów potencjał rynkowy siła nabywcza
2.	<i>What?</i> – Co?	Co będę oferował? Jaki produkt zaoferuję klientowi? Jak spełnię potrzeby, pragnienia klienta? Za jaką cenę sprzedam produkt?	stan techniki konkurencja nasylenie rynku uregulowania prawne
3.	<i>How?</i> – Jak?	W jaki sposób dostarczę wartość klientowi? Jak stworzę i dostarczę produkt? Jaką strukturę organizacji stworzę? Jakie procesy uruchomię?	niezbędne zasoby infrastruktura logistyka mapa procesów
4.	<i>Why?</i> – Dlaczego?	Jakich zysków spodziewam się? Ile na tym zarobię/zyskam? W jaki sposób klient zapłaci mi?	rachunek zysków i start rachunek przepływów pieniężnych źródła finansowania

Cechą nadrzędną dobrze sparametryzowanego modelu biznesowego jest jego spójność ze zdefiniowaną wcześniej i realizowaną strategią organizacji. Dlatego w strategii przedsiębiorstwa zamierzającego wdrożyć cyrkularny model zarządzania powinny pojawiać się cele, które nie są sprzeczne, a wręcz wynikają z założeń GOZ.

## 2.2. MODEL BIZNESOWY GOZ

Cechą charakterystyczną modelu biznesowego GOZ jest jego zgodność z założeniami gospodarki obiegu zamkniętego. Definicji GOZ jest wiele, natomiast łączy je jedno – maksymalizacja wartości ekonomicznej w gospodarce, przy optymalizacji wykorzystania zasobów. W skali przedsiębiorstwa można tę definicję przełożyć na maksymalizację zysków, przy optymalnym wykorzystaniu posiadanych zasobów, w tym także odpadów. Istnieje wiele metod klasyfikacji modeli biznesowych (Smith, Gillespie 2017), jednak przy analizie dopasowania modelu biznesowego przedsiębiorstwa spożywczego do modelu biznesowego GOZ należy wziąć pod uwagę następujące zagadnienia:

- dostosowanie procesu produkcyjnego do optymalnego wykorzystania surowców i mediów;
- używanie w procesie produkcji opakowań biodegradowalnych, wielokrotnego użytku i/lub pochodzących z recyklingu;
- odzysk i wykorzystanie produktów ubocznych w innych procesach lub sprzedaż innym podmiotom do celów komercyjnych;
- ponowne wykorzystanie produktów nienadających się do sprzedaży z zagwarantowaniem ich jakości, „naprawa” lub „poprawa” cech produktu;
- odzysk surowców lub części w celu ich ponownego wykorzystania;
- wykorzystanie źródeł energii odnawialnej i zamykanie obiegu wody;
- współpraca z lokalnymi dostawcami, optymalizacja łańcucha dostaw.

### 2.3. RYZYKA W MODELU BIZNESOWYM GOZ

Zmiana modelu gospodarczego z gospodarki linearnej, przez zrównoważoną, na gospodarkę obiegu zamkniętego jest długotrwałym i żmudnym procesem, wiążącym się z wieloma ryzykami. Wynika to m.in. z konieczności zmiany obecnych rozbudowanych procesów w samym przedsiębiorstwie, jak i z rozbudowanych, stale zmieniających się uwarunkowań zewnętrznych, m.in. innowacje technologiczne, zmiany nawyków konsumenckich, zmiany systemowe i legislacyjne. Tempo zmian w kierunku modelu GOZ ma charakter ewolucyjny, dlatego ryzyko jego wdrożenia jest mniejsze niż w przypadku, gdyby ten rozwój miał przebiegać w rewolucyjny sposób. Ryzyka związane z wdrożeniem GOZ można podzielić następująco:

- ryzyko rynkowe,
- ryzyko operacyjne,
- ryzyko biznesowe,
- ryzyko prawne,
- ryzyko społeczne.

W przypadku GOZ w branży spożywczej opartej w dużej mierze na surowcach rolnych istotne zidentyfikowane i specyficzne ryzyka to ryzyko wzrostu cen surowca, ryzyko walutowe oraz ryzyko niekorzystnych zmian prawnych.

Przedsiębiorstwa, które jeszcze nie zaczęły wdrażać u siebie modelu zrównoważonego, uwzględniającego potrzeby otoczenia, np. środowiska, mogą stanąć przez ryzykiem niedostosowania do wymogów prawnych GOZ. Bardzo istotny jest dobór odpowiednich modeli biznesowych GOZ do specyfiki gospodarki i rodzaju sektora, w którym działa dany przedsiębiorca. Dlatego niezbędne jest prowadzenie dialogu w trójkącie przedsiębiorcy – sektor nauki – politycy, aby opracować ogólnie obowiązujące wytyczne, w ramach których będzie działać biznes oparty na odpowiednim modelu biznesowym.

## 3. ELEMENTY MODELU GOZ NA PRZYKŁADZIE PRODUCENTA PRZEMYSŁU ZBOŻOWEGO PZZ LUBELLA

Przetwórstwo rolno-spożywcze stanowi jeden z priorytetowych sektorów gospodarki w kontekście wdrażania GOZ. Produkcja żywności obejmuje zużycie surowców, opakowań, wody, energii oraz wytwarzanie produktów ubocznych i odpadów.

### 3.1. SUROWCE I OPAKOWANIA

Zakłady Lubella używają w procesach produkcyjnych przede wszystkim surowce rolne, takie jak pszenicę miękką i pszenicę durum, a także wodę oraz inne dodatki spożywcze. Zagwarantowanie odpowiedniej jakości surowca do produkcji jest etapem bardzo istotnym w kontekście idei GOZ. Surowiec wytworzony i dostarczony do zakładu, który nie spełnia norm jakościowych, jest odsyłany do dostawcy lub w przypadku surowców rolnych odbierany bezpośrednio przez dostawcę. Dlatego badanie jakości surowców rolnych i ich przydatności dla przetwórstwa powinno odbywać się, o ile to możliwe, bezpośrednio u rolnika

czy dostawcy. Przy produkcji rolnej ryzyko wystąpienia chorób czy zdarzeń powodujących spadek jakości powinno być minimalizowane. Spółka Lubella w celu zagwarantowania jakości surowca na każdym etapie, już od produkcji rolnej, po zbiór i dostarczenie do zakładu, współpracuje z rolnikami-dostawcami i dostarcza narzędzia minimalizujące konieczność utylizacji nieodpowiedniej jakości surowca. W 2019 roku spółka wspólnie z firmą John Deer oraz Universität Hohenheim prowadziła prace badawcze nad opracowaniem rozwiązań, które byłyby narzędziem do walki z fuzariozą – jedną z najgroźniejszych chorób pszenicy. Fuzarioza kłosów przyczynia się do ograniczenia plonu ziarna oraz obniżenia jego jakości, przede wszystkim ze względu na wytwarzanie przez grzyby rodzaju *Fusarium* licznych mykotoksyn groźnych dla zdrowia człowieka. Szkodliwe działanie mykotoksyn ujawnia się w niewielkich stężeniach, często na poziomie niższym niż jeden miligram w kilogramie. Minimalna dopuszczalna zawartość mykotoksyn w ziarnie zbóż jest ściśle unormowana prawnie. Produkty skażone tymi toksynami nie powinny być spożywane przez człowieka i zwierzęta hodowlane. W ramach projektu testowano opracowane urządzenie pomiarowe, którego w przyszłości rolnik będzie mógł używać bezpośrednio na polu. Zastosowanie tego rozwiązania mogłoby przyczynić się niewątpliwie do wykrywania chorób już we wczesnej fazie i szybkiego reagowania na zmiany. Jednocześnie do zakładu nie trafiałoby ziarno, które nie może być przyjęte do procesu produkcyjnego.

Drugim ważnym aspektem związanym z wdrażaniem GOZ w przedsiębiorstwie jest budowa lokalnego rynku dostawców, głównie pszenicy, wokół zakładu produkcyjnego. Zakup surowca od lokalnych dostawców oznacza nie tylko skrócenie logistyki i zmniejszenie strat powodowanych zniszczeniami w transporcie, ale także zapewnienie krótkich łańcuchów dostaw dla zakładu. Od 2017 roku spółka prowadzi we współpracy z lokalnymi rolnikami projekt badawczy pod nazwą *Opracowanie linii wyrobów makaronowych długich i krótkich o wysokiej jakości z dodatkiem polskiej pszenicy durum charakteryzującej się wysoką zawartością białka (glutenu), wyższą szklistością, odpowiednią złocistożółtą barwą (wyższa zawartość barwników karotenoidowych) oraz niską zawartością mykotoksyn*, którego celem jest m.in. upowszechnienie uprawy durum na Lubelszczyźnie. Cel ten zostanie zrealizowany przez:

- wyselekcjonowanie dziewięciu odmian durum o największym na etapie początkowym potencjale;
- uprawa tych odmian wielkopowierzchniowa i na poletkach kontrolnych, gdzie testowane są również różnorodne zabiegi „opryskowe”;
- dostawy zboża z upraw wielkopowierzchniowych i produkcję z nich makaronów,
- badanie dostarczonego ziarna i wyrobu gotowego w celu selekcji najlepszych z dziewięciu odmian;
- selekcję najlepszych nowych odmian z mikropoletek i uzyskanie materiału siewnego do obsadzenia większych poletek badawczych w nadchodzącym sezonie;
- powtórzenie cyklu uprawy wielkopowierzchniowej z udziałem najlepszych odmian spośród przetestowanych.

### 3.2. PROCES PRODUKCYJNY – ZARZĄDZANIE ŻUŻYCIEM SUROWCÓW I MEDIÓW

Duże straty i odpady są generowane przede wszystkim w trakcie procesu produkcyjnego. W celu zmniejszenia strat produkcyjnych, zużycia wody i energii niezbędne jest opomiarowanie

ich zużycia, następnie takie dobranie parametrów procesów produkcyjnych, aby optymalizować wykorzystanie zasobów.

Spółka Lubella rozważa wyposażenie nowych linii w systemy, czujniki i modele optymalizacyjne, które mogą zapewnić inteligentne planowanie, organizację oraz przeprowadzenie procesów technologicznych na modelu wirtualnym tzw. DIGITAL TWIN, co jest zgodne z trendami Przemysłu 4.0. Według mojej wiedzy, w Europie i na świecie nie wdrożono dotychczas technologii Digital Twin w żadnym zakładzie z branży spożywczej. Jednak podążając za oczekiwanymi korzyściami wynikającymi z jej stosowania, takimi jak m.in.: powtarzalność procesu, redukcja błędów, oszczędność w zużyciu materiałów, ograniczenie emisji, bardzo prawdopodobne jest, że ten kierunek rozwoju może wpłynąć pozytywnie nie tylko na wyniki finansowe firm, ale jest też zbieżny z założeniami GOZ.

Kolejnymi elementami wpisującymi się w założenia GOZ jest zamykanie obiegów wody czy zmniejszenie energochłonności procesu, jak również korzystanie ze źródeł odnawialnych, takich jak np. ogniwa fotowoltaiczne. Spółka Lubella również analizuje możliwości i opłacalność wdrożenia tych rozwiązań.

### 3.3. ZAGOSPODAROWANIE ODPADÓW I PRODUKTÓW UBOCZNYCH

Głównym odpadem powstałym z przemiału zbóż pszenicy, owsa lub żyta są otręby. W skład otrębów wchodzi przede wszystkim zewnętrzna warstwa ziarna, tzw. warstwa owocowo-nasienna. Głównymi produktami przemiału w zakładach Lubella są makarony, mąka oraz kasze. Otręby zawierają dużą ilość błonnika, witamin oraz makro- i mikroelementów. Poprawiają funkcjonowanie układu pokarmowego oraz pomagają w profilaktyce schorzeń przewodu pokarmowego. Otręby mogą stanowić dodatek do pieczywa, także cukierniczego, płatków, musli itp. Używane są też jako swoisty „wypełniacz” dla osób stosujących diety niskokaloryczne, ponieważ w dużej części są nieprzyswajalne przez organizm, a powodują uczucie sytości.

Spółka Lubella analizowała możliwość wykorzystania otrębów w zależności od ich jakości, aktualnych trendów rynkowych, cen i możliwości logistycznych. Analizowano zastosowanie otrębów jako:

- preparat błonnikowy jako nowy produkt w ofercie wnioskodawcy,
- pasza dla zwierząt,
- materiał opakowaniowy, np. do produkcji folii ekologicznych, naczyń biodegradowalnych,
- materiał grzewczy zastępujący np. węgiel w kotłowni zakładowej.

W ramach prowadzonych projektów B+R spółka badała możliwość wykorzystania otrębów jako dodatku funkcjonalnego w produkcji biodegradowalnych materiałów opakowaniowych. Niestety koszt przetworzenia produktów przemiału zbóż był zbyt duży w stosunku do ceny materiału powstałego po procesie. Rynek w tym czasie (2014 r.) nie był zainteresowany produktami biodegradowalnymi, zwłaszcza że ich koszt był kilkukrotnie wyższy od ceny tradycyjnych materiałów opakowaniowych. Obecnie obowiązujące i czekające na wejście w życie dyrektywy KE w zakresie opakowań sprzyjają rozwojowi rynku opakowań tzw. biodegradowalnych, które są wykonane z odpadów. Najefektywniejszym sposobem zagospodarowania otrębów przy obecnej sytuacji gospodarczej jest ich wykorzystanie w skarmianiu zwierząt.

### 3.4. KOMUNIKACJA Z KONSUMENTEM – EKOPROJEKTOWANIE

Straty i marnotrawienie żywności są jednym z kluczowych problemów i wyzwań współczesnej gospodarki. Jak pokazują badania przeprowadzone w 28 krajach UE, straty żywności w 2020 roku mogą wzrosnąć do poziomu 126 mln ton rocznie, jeśli nie zostaną uruchomione i wdrożone dodatkowe instrumenty polityki gospodarczej i społecznej (Xu i in. 2018). Jednym z instrumentów wdrażanych przez przedsiębiorstwa może być ekoprojektowanie oparte na dobrze zdefiniowanych potrzebach konsumenta. Podstawą GOZ powinno być dostarczanie potrzebnych produktów, które będą w całości konsumowane przez gospodarke. Dlatego spółka Lubella przykładą dużą wagę do badania postaw konsumenta i oferowania produktów dopasowanych do rynku. Portfolio produktowe jest tak dopasowane, aby wszystkie produkty wprowadzane na rynek znalazły swojego odbiorcę. Spółka w tym celu planuje rozwój narzędzia digitalowego, tzw. planer posiłków, badającego na bieżąco preferencje konsumentów i tworzącego za pomocą metod *machine learningu* plany handlowo-produkcyjne. Projekt jest w trakcie opracowywania i nie został jeszcze rozpoczęty.

## 4. WNIOSKI I KIERUNKI ZMIAN W CELU PRZEJŚCIA NA MODEL BIZNESOWY GOZ

Rozwój nauki, gospodarki i biznesu zmierza w kierunku ograniczania zużycia surowców i wytwarzania odpadów, a jeżeli już odpady powstaną, to do efektywnego ich zagospodarowania i ponownego ich użycia (recykling). GOZ i jej wdrożenie to kolejny etap nie rewolucji, ale ewolucji środowiskowej. Nowe potrzeby związane z eliminacją negatywnego oddziaływania człowieka na środowisko, a także chęć optymalizacji ekonomicznej wymuszają zmiany w gospodarkach narodowych, gospodarce światowej i w działalności przedsiębiorstw. Przedsiębiorstwa przemysłu spożywczego to interesariusze i uczestnicy tych przemian. Od doboru odpowiedniego modelu biznesowego oraz jego sprawnej implikacji zależy dochodowość firmy oraz jej przyszłość rynkowa. W wielu firmach brak wdrożonych modeli GOZ może się wiązać z koniecznością zawieszenia działalności. Model GOZ wymaga od przedsiębiorców wprowadzenia nowych rozwiązań biznesowych. Pomimo konieczności poniesienia dodatkowych nakładów i pracy, uwzględniając zmiany na rynku globalnym i politykę UE (Zielony Ład), można wskazać na siedem następujących wniosków:

1. Model biznesowy GOZ jest bardziej efektywny i mniej ryzykowny w działalności niż model linearny. Wiąże się z oszczędnościami w kosztach (zmniejszenie zużycia materiałów), opłatach środowiskowych, a także często ze zwiększeniem przychodów.
2. Dla wdrożenia modelu biznesowego GOZ niezbędne jest opomiarowanie zużycia energii, wody, surowców czy generowanych odpadów w poszczególnych fazach procesu produkcyjnego, co często prowadzi do zdefiniowania na nowo planów inwestycyjnych przedsiębiorstwa.
3. Odpady czy produkty uboczne mogą stać się nowym źródłem dochodu, w niektórych dziedzinach znaczną pozycją przychodową. Przy ocenie zastosowania odpadów/ produktów

ubocznych w działalności przedsiębiorstwa należy kierować się kolejno następującymi obszarami wykorzystania:

- żywność/ dodatek do żywności dla człowieka,
  - żywność/ dodatek do żywności dla zwierząt,
  - składnik przy produkcji rolnej, np. jako nawóz, środek ochrony,
  - materiał opakowaniowy lub kompozytowy,
  - materiał energetyczny/ do spalania.
4. Konieczne jest tworzenie lokalnych łańcuchów dostaw. Firmy branży spożywczej powinny inwestować w rozbudowę bazy surowcowej w pobliżu zakładu, a także wspierać rolników w rozwoju ekstensywnym gospodarstw. Nowe przedsiębiorstwa powinny lokować zakłady przetwórcze w regionach z odpowiednią bazą surowcową.
  5. Dla gospodarki zrównoważonej oraz GOZ niezmiernie ważne jest efektywne zarządzanie zasobami środowiska naturalnego. Projektowanie wyrobów powinno być prowadzone w sposób ekonomiczny i zgodnie z poszanowaniem środowiska. Dlatego ważne jest dostarczanie takich produktów konsumentowi i tak zapakowanych, aby zostały one w całości wykorzystane i skonsumowane przez klienta lub powtórnie przez niego przetworzone.
  6. Jednym z elementów modelu GOZ w przedsiębiorstwach powinno być przechodzenie na odnawialne źródła energii, takie jak np. instalacje fotowoltaiczne, wykorzystanie biogazu w oczyszczalniach ścieków, użycie pomp ciepła oraz tworzenie zamkniętych obiegów wody i rozwój przyzakładowych oczyszczalni.
  7. Rozwój i wykorzystanie w gospodarstwach domowych druku 3D stanie się w przyszłości jednym ze sposobów zmniejszenia odpadów i rozwoju recyklingu bez konieczności stosowania skomplikowanych i nie zawsze wydajnych systemów zbiórki i segregacji śmieci.

Sformułowane tezy mogą stanowić podstawę do opracowania wzorcowego modelu biznesu opartego na GOZ dla branży przetwórstwa zbóż, co z pewnością skłania do prowadzenia badań w tym kierunku i dalszych wdrożeń na bazie ich wyników.

## LITERATURA

- Bielecka A., 2017, *Cyrkularne modele biznesowe w energetyce*, Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Humanitas. Zarządzanie, 2, s. 99–107.
- Bukowski H., 2019, *Metodologia dopasowania cyrkularnych modeli biznesowych do priorytetowych sektorów wdrażania gospodarki o obiegu zamkniętym w Polsce*, [w:] *Gospodarka o obiegu zamkniętym w polityce i badaniach naukowych*, red. J. Kulczycka [materiały konferencyjne], IGSMiE PAN, Kraków, s. 56–57.
- Joyce A., Paquin R.L., 2016, *The triple layered business model canvas: A tool to design more sustainable business models*, *Journal of Cleaner Production*, 135, s. 1474–1486.
- Chandler A.D., 1962, *Strategy and structure: chapters in the history of the industrial enterprise*, M.I.T. Press, Cambridge.
- Geissdoerfer M., Morioka S.N., Marly Monteiro de Carvalho M.M., Evans S., 2018, *Business models and supply chains for the circular economy*, *Journal of Cleaner Production*, 190, 1, s. 712–721.

- Gwiazda A., Bączkowiec M., 2016, *Model biznesowy jako narzędzie strategicznego zarządzania innowacją* [materiały konferencyjne], Politechnika Śląska, Gliwice, s. 318–328.
- Kulczycka J., 2019, *Przedmowa*, [w:] *Gospodarka o obiegu zamkniętym w polityce i badaniach naukowych*, red. J. Kulczycka [materiały konferencyjne], IGSMiE PAN, Kraków, s. 5.
- Osterwalder A., Pigneur Y., 2004, *Anontology for e-Business models*, Elsevier, s. 65–97.
- Osterwalder, A., Pigneur, Y., Tucci C.L., 2005, *Clarifying Business Models: Origins, Present, and Future of the Concept*, Communications of the Association for Information Systems, 16, s. 1–25.
- Smith-Gillespie, *Defining the Concept of Circular Economy Business Model*. R2Pi consortium, 2018 [projekt w ramach programu Horyzont 2020], <http://www.r2piproject.eu/wp-content/uploads/2017/04/Defining-the-Concept-of-Circular-Economy-Business-Model.pdf>.
- Xu F., Li Y., Ge X., Yang L.Y., 2018, *Anaerobic digestion of food waste e challenges and opportunities*, Bioresource Technology, s. 1047–1058.
- Yuan Z., Bi J., Moriguchi Y., 2009, *The Circular Economy: A New Development Strategy in China*, Journal of Industrial Ecology, 10, 1–2, s. 4–8.
- Zhang H., Hara K., Yabar H., Yamaguchi Y., Uwasu M., Morioka T., 2009, *Comparative analysis of socio-economic and environmental performances for Chinese EIPs: case studies in Baotou, Suzhou, and Shanghai*, Sustainability Science, 4, 2, s. 263–279.

#### CIRCULAR BUSINESS MODEL – CASE OF PZZ LUBELLA

**Summary:** Circular business model can be more efficient than linear business model in long term perspective, not only for society but also for the business and shareholders. Moreover, understandings of the circular economy concept is still difficult for polish companies: as an idea, policy, and business model. Based on the case of Lubella, pasta producer, a new business model of the circular economy is presented, indicating that CE is a global economy model promoting resource efficiency.

**Keywords:** circular business models, circular supply chain, sustainable development, circular Economy, business model

*Publikacja została sfinansowana przez Akademię Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie (subwencja na utrzymanie i rozwój potencjału badawczego).*

CZEŚĆ II

WPLÝW

DECYZJI KONSUMENTÓW

NA RYNEK





## KRYTYCZNA ANALIZA ZAPOTRZEBOWANIA SPOŁECZEŃSTWA NA WYROBY POLIMEROWE

**Streszczenie:** W rozdziale przedstawiono w sposób krytyczny potrzebę zmian świadomości ekologicznej polskiego społeczeństwa w zakresie stosowania oraz zagospodarowywania odpadów z tworzyw sztucznych. Rozpowszechniana przez celebrytów i populistów wiedza o tworzywach sztucznych jako najgorszym materiale konstrukcyjnym mija się z prawdą co do ich szkodliwości w czasach dążenia do dobrobytu i komfortu życia społeczeństwa.

Obecnie realizowana koncepcja gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ) wpisuje się w minimalizację zużycia surowców pierwotnych oraz przekształcenie i dalsze zagospodarowanie powstających odpadów, w szczególności polimerowych. Uświadomienie społeczeństwa w obszarze postępowania z odpadami zmieni naszą świadomość ekologiczną z pozytkiem dla ochrony środowiska.

Analiza SWOT, której wyniki w syntetycznym ujęciu przedstawiono w rozdziale, stanowi podstawę do określania dalszego pola działania w zakresie recyklingu i odzysku surowców wtórnych w Polsce.

**Słowa kluczowe:** GOZ, recykling, odzysk, odpady polimerowe, edukacja ekologiczna

### 1. WPROWADZENIE

Rozwój gospodarczy w celu spełnienia coraz większych potrzeb społeczeństwa oraz tempo obecnego życia spowodowały nagromadzenie się odpadów powstałych m.in. z tworzyw sztucznych (polimerów). Powstające odpady gromadzone są nie tylko w wyznaczonych do tego miejscach, ale także są wyrzucane na dzikie wysypiska bądź zaśmiecają drogi i miejsca publiczne. Taka duża ilość odpadów stanowiących zasoby w celu pozyskania w sposób ekonomicznie uzasadniony surowców wtórnych do produkcji wyrobów użytkowych jest nie do zignorowania.

Odpadowe tworzywa polimerowe powinny zostać poddane w pierwszej kolejności recyklingowi, a w następnej odzyskowi produktowemu, materiałowemu lub odzyskowi energii. W ten sposób unieszkodliwiane odpady poprodukcyjne i poeksploatacyjne wykonywane z materiałów polimerowych zmniejszą ilość odpadów zbieranych na wysypiskach lub segregowanych w wyznaczonych miejscach składowania (Kijeński i in. 2011; Żakowska 2008).

---

\* AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Zarządzania

Głównym powodem, dla którego powinno się dążyć do zmiany postrzegania stosowania polimerów oraz zagospodarowania odpadów, są zauważalne w ostatnich latach zmiany klimatyczne. Bardzo powoli odchodzi się od składowania ich na wysypiskach. Koszty recyklingu są wysokie i obecnie mało opłacalne, ponieważ w większości przypadków przewyższają koszty produkcji nowych surowców.

Kraje Europy Zachodniej kierują nawet 80% odpadów do odzysku. We wschodniej części Europy jest odwrotnie. W Polsce unieszkodliwianiu/ utylizacji zostaje poddanych zaledwie kilka procent tworzyw sztucznych (<https://edition.cnn.com/2014/01/23/business/paper-bag-empire-andrew-upuya/index.html>).

Najpopularniejszym sposobem odzyskiwania energii, a zarazem najmniej korzystnym są miejskie spalarnie odpadów. Natomiast produkcja paliw alternatywnych RDF to jeden z korzystniejszych sposobów odzysku energii również z odpadowych tworzyw sztucznych. Najkorzystniejszym natomiast sposobem jest recykling w procesie odzysku materiałowego, ponieważ wykorzystuje on odpady tworzyw polimerowych w uzyskanej formie granulatu, co ogranicza popyt na nowo wytwarzane surowce polimerowe z ropy i gazu.

Zasygnalizowane zostały cele zastosowania polimerów na produkty rynkowe dla potrzeb społeczeństwa (zwiększenia komfortu życia, bezpieczeństwo, niezawodności użytkowania, minimalizacja masy itp.), które w wyniku przeprowadzonych analiz odpowiadają na nurtujące społeczeństwo hipotetyczne pytania:

- Czy ludzkość powinna dalej (w takich ilościach) wytwarzać produkty z tworzyw sztucznych?
- Czy jesteśmy w stanie (w obecnym stanie techniki) większość odpadów zagospodarować na surowce wtórne z przeznaczeniem do produkcji wyrobów rynkowych?
- Czy jesteśmy w stanie całkowicie zrezygnować z wyrobów wykonywanych z tworzyw sztucznych?
- Czy nasza świadomość ekologiczna (wiedza) w obszarze wykorzystania polimerów jest wystarczająca?

## 2. ZASTOSOWANIE TWORZYW SZTUCZNYCH

Ludzkość od lat odczuwała potrzebę posiadania trwałego materiału charakteryzującego się lekkością, odpornością na kwasy i zasady, odpornego na zużycie, łatwością kształtowania nawet skomplikowanych kształtów, o niskim koszcie wytwarzania. Dlatego próbowała stworzyć materiał o nadzwyczajnych właściwościach i zaletach. Początkowo zaczęto eksperymentowanie z materiałami naturalnymi o właściwościach plastycznych, takimi jak szelak czy kauczuk. Kolejna faza w historii polimerów to chemiczna modyfikacja naturalnych substancji, między innymi galalitu, kauczuku, nitrocelulozy czy kolagenu. Syntetycznie wytwarzane materiały to tworzywa sztuczne, które powstały około dwustu lat temu.

Współczesny człowiek jest otoczony przez wyroby wytworzone z udziałem tworzyw sztucznych (albo nazwa stosowana w przemyśle chemicznym: polimery syntetyczne). Wystarczy tylko rozejrzeć się po własnym domu i zastanowić się, co jest wykonane z tworzyw sztucznych lub które produkty je zawierają, przynajmniej częściowo. Wtedy naprawdę

można zdać sobie sprawę, w jakim „sztucznym świecie” żyjemy dzisiaj oraz jaka czeka nas przyszłość (Stachurek 2012).

Obecnie świat (w szczególności ludzi młodych) nie może istnieć bez wykorzystania tworzyw sztucznych zwłaszcza w tzw. smartfonach, komputerach, AGD/IT itp. Aż trudno sobie wyobrazić młodzież bez przekazów internetowych, pozyskiwania na bieżąco wiadomości, a także możliwości przemieszczania się (mobilność) itd. Bez polimerów nie rozwinęłyby się w takim stopniu przemysł kosmiczny, wojskowy, lotnictwo, jachting, motoryzacja, rekreacja, medyczna (Olszówka, Maciąg 2015), opakowania, nauka (aparatura badawcza), konstrukcje termoizolacyjne oraz lekkie (kompozyty), tekstylia, kosmetologia itd.

### 3. NIEZAGOSPODAROWANE ODPADY

Jednym z największych globalnych problemów na świecie są odpady, które nie dość, że prowadzą do kryzysu ekologicznego (zmiany klimatyczne), to na dodatek są źródłem wielu epidemii. Dobrym tego przykładem jest Afryka, gdzie każdego roku produkuje się około 70 milionów ton odpadów i gdzie z powodu epidemii umiera mnóstwo ludzi (<https://www.kierunekwodkan.pl/plan-odpadowy-dla-europy,4066,art.html>).

Dzięki procesom recyklingu i odzysku większość odpadów polimerowych i mieszanych nadaje się do dalszego zagospodarowania i ponownego wykorzystania.

O niejednoznaczności możliwych zachowań świadczy np. fakt, że konsumenci mają problem ekologiczny związany z wykorzystaniem opakowań, takich jak torby z papieru (celuloza) czy z polimeru (potocznie plastik), który w głównej mierze zależy od miejsca zamieszkania.

Tak zwane „plastikowe” torby w szczególności zagrażają dzikiej faunie i florze, więc w takich obszarach nie powinno się nadmiernie stosować toreb i opakowań plastikowych. Jednak w innym przypadku, np. w miastach, gdzie występuje wyższa świadomość ekologiczna społeczeństwa oraz są narzucone wymagania segregacji odpadów, powinny to być opakowania i torby polimerowe we właściwy sposób zbierane, segregowane i zagospodarowywane w procesach recyklingu i odzysku.

Ponadto klienci zakładają, że papier jest lepszym wyborem. Jest to spowodowane ciągłym nagłaśnianiem błędnego myślenia o tym, że stosowanie tworzyw sztucznych jest bardzo złe, bo to główny winowajca ocieplania klimatu. Społeczeństwo nie zdaje sobie sprawy, jak duży wpływ na środowisko ma przemysł papierniczy (Paśko 2011).

Aby wyprodukować wszystkie użyte każdego roku torby, potrzeba 14 milionów drzew na papier lub 12 milionów baryłek oleju na plastik. Produkcja toreb papierowych powoduje o 70% większe zanieczyszczenie powietrza niż w przypadku toreb plastikowych, natomiast torebki plastikowe wytwarzają cztery razy więcej odpadów stałych. Mogą one trwać nawet do kilkuset lat. Dlatego tak ważna jest ich utylizacja/ unieszkodliwianie ([https://www.oregonlive.com/environment/2007/05/paper\\_or\\_plastic\\_which\\_is\\_best.html](https://www.oregonlive.com/environment/2007/05/paper_or_plastic_which_is_best.html)).

W przypadku obu rodzajów toreb metoda obchodzenia się z nimi powinna być taka sama – ponowne użycie i proces recyklingu oraz procesy odzysku. A spalanie paliwa w samochodzie po to, aby dotrzeć do sklepu, jest bardziej szkodliwe niż którakolwiek z używanych typów toreb na zakupy.

Każda torba, papierowa czy foliowa, ma swoje wady. Takie wnioski można wysnuć zgodnie z analizami surowców i energii, które są potrzebne do ich wyprodukowania przedstawionych w tabeli 1.

**Tabela 1**

Porównanie toreb papierowych i plastikowych

Torby papierowe	Torby tzw. plastikowe (wykonane z polimerów)
<b>Zalety</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– wykonane są z materiału odnawialnego – drewno</li> <li>– łatwo poddają się recyklingowi i biodegradacji</li> <li>– papier jest częściej poddawany recyklingowi, a mniej energii potrzeba na produkcję torby z recyklingu niż nowej</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– mniejsza masa, więc do ich transportu potrzeba mniej paliwa</li> <li>– są tańsze</li> <li>– około 80% klientów wybiera tworzywa sztuczne, które często są wygodniejsze w transporcie i bardziej wytrzymałe – zwłaszcza podczas deszczu</li> <li>– na jedną papierową torbę przypada dziesięć plastikowych toreb</li> <li>– im lżejsze i mniejsze jest coś, tym mniej energii oraz surowców potrzeba do ich wytworzenia</li> <li>– do produkcji potrzeba mniej energii, a co z tym ściśle związane wystąpi mniejsza emisja tzw. gazów cieplarnianych</li> <li>– powoduje mniejsze zanieczyszczenie powietrza i wody</li> <li>– opakowania foliowe do przewozu zużywają mniej miejsca niż kartonowe pudełka, co za tym idzie – można zmieścić ich więcej podczas transportu</li> </ul>
<b>Wady</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– do ich produkcji przeznaczona jest więcej energii – więcej węgla lub gazu ziemnego – niż w przypadku toreb plastikowych</li> <li>– wiele z nich trafia na wysypisko, gdzie często są odcięte od procesu biodegradacji</li> <li>– jeśli ulegają degradacji, emitują gazy cieplarniane</li> <li>– pomysł, że papier jest produkowany wyłącznie z drewna, jest mylący, ponieważ do jego produkcji wykorzystuje się paliwa kopalne</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– są koszmarem śmieciowym – osadzają się na drzewach, pływają po oceanie, niszczą dziką przyrodę</li> <li>– sieją spustoszenie w zakładach recyklingu, unieruchamiając sprzęt sortujący</li> <li>– jeśli nieumyślnie trafią do innych opakowań przeznaczonych do recyklingu, mogą zanieczyścić (zrujnować) całą partię</li> </ul>

Źródło: opracowanie własne na podstawie:

[https://www.oregonlive.com/environment/2007/05/paper\\_or\\_plastic\\_which\\_is\\_best.html](https://www.oregonlive.com/environment/2007/05/paper_or_plastic_which_is_best.html)

Torba foliowa jest wykonana z polietylenu (LDPE – *low density PE*), cechuje ją niska przepuszczalność pary wodnej, brak odporności na węglowodory oraz substancje chloro-pochodne. Ponadto odznacza się wysoką odpornością na roztwory soli, kwasów i zasad, a także na niską temperaturę.

Z powodzeniem jest stosowane wytwarzanie nowych toreb z regranulatu stanowiącego do 40% całości wyrobu. Granulat jest bowiem surowcem wtórnym, jedna wytworzona torebka może zostać użyta przy produkcji następnej.

Plastikowe torby, tzw. reklamówki, są bezpieczniejsze niż powszechnie uznawane za ekologiczne torby bawełniane. Dzieje się tak dlatego, że dopiero po tysiącokrotnym użyciu torby materiałowej jej produkcja byłaby mniej szkodliwa dla środowiska od produkcji torby plastikowej. Tak wynika z raportu przeprowadzonego w 2018 roku przez duńskie Ministerstwo Środowiska (Ministry of Environment and Food of Denmark 2018).

To oznacza, że użycie torby bawełnianej musi następować codziennie przez prawie trzy lata, by stała się bardziej opłacalna. W 2011 roku do podobnego wniosku doszła Brytyjska Agencja Środowiska. Przy czym jest możliwość wielokrotnego stosowania torby foliowej. Zatem jeden zakup torby plastikowej i stosowanie jej przez dłuższy czas jako torbę zakupową, a następnie pozbycie się jej, wykorzystując ją jako worek na odpady – to optymalne rozwiązanie, dzięki temu zostaje przedłużona jej żywotność.

Opcją bardziej przyjazną dla środowiska jest stosowanie mniejszej liczby toreb lub ich ponowne wykorzystanie, co pozwala zaoszczędzić energię potrzebną do produkcji toreb i ich recyklingu. Główną zaletą recyklingu jest nie tyle oszczędność miejsca na składowisku, ile oszczędność energii potrzebnej do produkcji nowych przedmiotów, które zastąpią to, czego ludzie się pozbywają.

Ponadto można zastosować szereg procesów służących zagospodarowaniu odpadów tworzyw sztucznych poza pozyskiwaniem regranulatu z czystych odpadów, jak choćby beztlenowy rozkład termiczny (odzysk materiałowy) w celu odzyskania oleju, gazu i karbonizatu służących jako surowce wtórne (paliwa) do dalszego ich zagospodarowania.

#### 4. GOSPODARKA O OBIEGU ZAMKNIĘTYM (GOZ)

Problemem Unii Europejskiej jest deficyt energii i surowców naturalnych oraz coraz wyższe koszty ich importu (pozyskania). Wiele surowców naturalnych można zastąpić surowcami z odzysku (wtórnymi) zawartymi w odpadach. Znacznie więcej energii elektrycznej, ciepłej oraz wytwarzania paliw alternatywnych można uzyskać z odpadów polimerowych i elastomerycznych (organicznych i mieszanych), gdyż w gospodarce komunalnej GOZ wymaga wysokiej kultury segregacji odpadów u źródła, następnie ich separacji i przygotowania w pierwszej kolejności do recyklingu, a następnie do odzysku materiałowego lub przetworzenia na paliwa (ciekłe, gazowe i stałe) ukierunkowane na dywersyfikację źródeł energii.

W gospodarce materiałowej coraz większego znaczenia nabierają surowce i materiały pochodzące z odzysku. Wiele materiałów pochodzenia mineralnego i surowców organicznych powraca do produkcji w postaci surowca wtórnego w wyniku realizacji koncepcji przejścia do gospodarki zamkniętego obiegu materiałowego (GOZ).

Tendencje obserwowane w krajach uprzemysłowionych wskazują, że odzysk większości surowców wynosi 40–50%. Dzięki coraz lepszemu systemowi sortowania odpadów i konsekwentnej polityce preferującej ich wykorzystywanie w niektórych przypadkach „wskaźnik zwrotu” materiałów sięga powyżej 85%.

W Polsce coraz większe znaczenie przypisuje się ze względów gospodarczych, ekologicznych i ekonomicznych procesom wykorzystania odpadów m.in. przez odzysk surowców wtórnych (odpady poprodukcyjne i poeksploatacyjne) (Witkowski 2015).

W GOZ każdy produkt po zużyciu powinien zostać przetworzony, aby na nowo został zagospodarowany i mógł posłużyć społeczeństwu do wytwarzania produktów rynkowych, co szczególnie wpływa na ukrócenie bytu wysypisk odpadów (śmieci).

W obecnie obowiązującej ramowej dyrektywie o odpadach szczególną rolę odgrywa hierarchia postępowania z odpadami, w której główne znaczenie przypisuje się zapobieganiu powstawaniu odpadów oraz przygotowywaniu ich do ponownego użycia. Dopiero w dalszej kolejności realizowany powinien być recykling, inne metody odzysku oraz w ostateczności zastosowany proces energetycznego unieszkodliwiania odpadów spalania – jako najmniej preferowany sposób ich zagospodarowania. Wspomnianym celom nie towarzyszy jednak odpowiednia konkretyzacja w przepisach ramowej dyrektywy o odpadach. W rezultacie sformułowania „zapobieganie powstawaniu odpadów” oraz „przygotowywanie do ich ponownego użycia” stanowią jedynie deklarację polityczną czy wręcz pewną mglistą ideę.

Teraz ma się to zmienić. Zgodnie z projektem zmiany ramowej dyrektywy o odpadach państwa członkowskie mają zostać zobowiązane do wprowadzania konkretnych rozwiązań i takich środków, które zachęcą do korzystania z produktów zasobooszczędnych, trwałych oraz nadających się do naprawy.

#### 4.1. OCENA WPŁYWU GOZ NA ŻYCIE I ZDROWIE LUDZKIE

Niejednokrotnie dochodzi do sytuacji, że ludzie, nie mając własnego zdania, kierują się przesłankami, które usłyszą od celebrytów i populistów (kryptoreklamy), przez co podążają za tłumem, przez co wygrywa populizm, a nie konkretna wiedza.

Aby kolejne osoby kierowały się poprawną drogą obchodzenia się z odpadami pochodzenia polimerowego, jak również elastomerowego niezmiernie ważne jest, aby osoby z autorytetem naukowym miały stosowne możliwości przedstawiania wartościowych faktów dla „szerzenia kaganka oświaty” wśród społeczeństwa.

Czy ważniejszy jest zysk koncernów i innych podmiotów gospodarczych realizujących potrzeby dla komfortu człowieka, szybki rozwój gospodarki, czy ekologia i ochrona środowiska, które wprost wpływają na długość naszego życia i zdrowie m.in. przez minimalizację negatywnych skutków rozwoju przemysłu, ograniczenie zmian klimatycznych (biosfery) oraz ochronę bioróżnorodności?

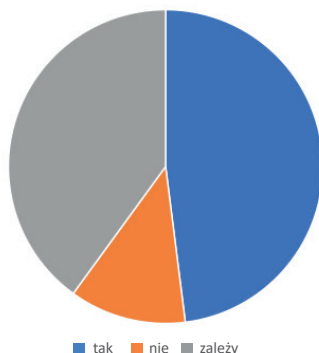
#### 4.2. PRZYBLIŻENIE POSTRZEGANIA POLIMERÓW PRZEZ SPOŁECZEŃSTWO.

##### ANKIETA WŚRÓD OSÓB DOROSŁYCH

Badania ankietowe zostały przeprowadzone na grupie 300 dorosłych osób. Przeważająca ich część to osoby przed trzydziestym rokiem życia, po studiach bądź jeszcze studiujący. Pytania miały nakreślić zarys, w jaki sposób ludzie patrzą na produkty pochodzenia polimerowego oraz czy w Polsce jest pozytywny, czy negatywny odbiór zastosowania tworzyw

sztucznych (rys. 1). Niektórzy ankietowani pozostawili cenne wskazówki, w jaki sposób nie rezygnując z tzw. plastiku, można maksymalnie przyczynić się do oczyszczania Ziemi z odpadów. Mniejsza część głosiła poglądy populistyczne o tym, że plastik to zło i powinno się z niego zrezygnować w całości, niezależnie od branży, w jakiej mógłby być używany.

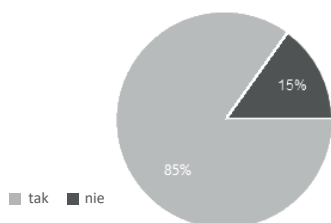
Czy plastik jest Pani/Pana zdaniem zły?



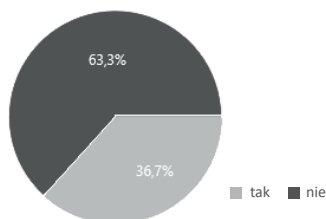
Rys. 1. Wykres przedstawiający opinię ankietowanych o szkodliwości plastiku

Ankietowani w dużej części twierdzili, że tzw. plastik jest zły. Prawie 50% badanych opowiedziało się za wyłączną szkodliwością tworzyw sztucznych. Nieco ponad 40% uważało, że nie jest to jednoznaczne. W sekcji przeznaczony na uwagi odnośnie do opcji „zależy” pojawiły się odpowiedzi, że polimery są niezbędne do przeprowadzania operacji i innych zabiegów zdrowotnych, ułatwiają nam funkcjonowanie oraz że pozytywne skutki są zależne od tego, co zostanie zrobione ze zużytymi przedmiotami wykonanymi z plastiku. Trzydzieści osób (10%) jasno stwierdziło, że tworzywa sztuczne są dobre.

Czy jest Pani/Pan obywatelem świadomym ekologicznie?



Czy właściwie zagospodarowane odpady tworzyw sztucznych wpływają Pani/Pana zdaniem negatywnie na środowisko?



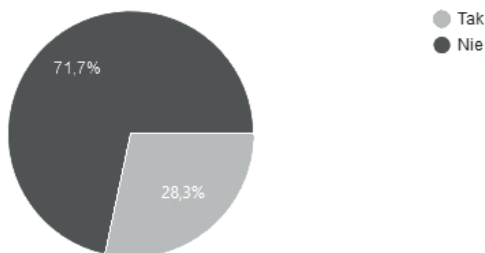
Rys. 2. Wykres przedstawiający świadomość ekologiczną wśród ankietowanych oraz opinię badanych o negatywnym wpływie właściwie zagospodarowanego odpadu

85% badanych stwierdziło, że są osobami świadomymi ekologicznie (rys. 2). Świadomość ekologiczna jest zdefiniowana przez Ernesta Haeckla jako wiedza o związkach organizmu ze środowiskiem.



Zdaniem prawie 37% badanych właściwie zagospodarowane odpady tworzyw sztucznych mają negatywny wpływ na środowisko (rys. 2).

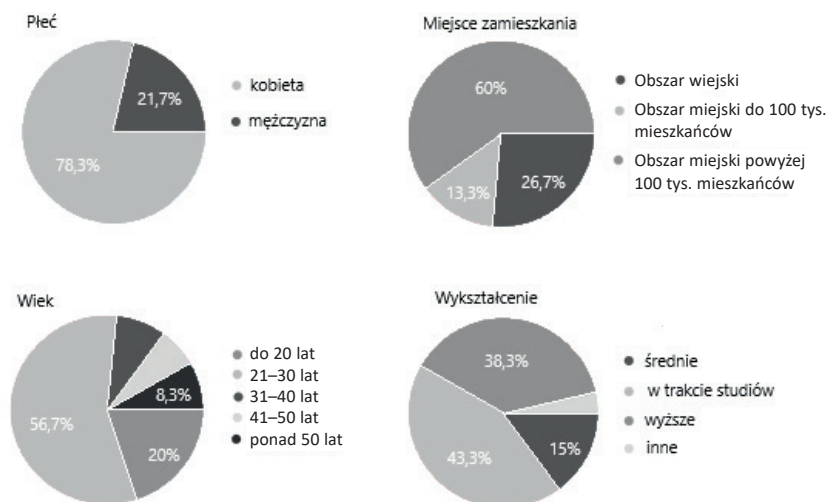
Składowanie odpadów Pani/Pana zdaniem jest dobre?



Rys. 3. Wykres przedstawiający opinię ankietowanych o składowaniu odpadów

Zdaniem przeszło jednej czwartej badanych składowanie odpadów to dobre rozwiązanie (rys. 3). Nie zauważyli oni problemu stale nagromadzających się odpadów. Ten pogląd należy także do 17% badanych, którzy równocześnie uważali, że są świadomi ekologicznie.

Wśród badanych przeważały kobiety. Były to osoby głównie wykształcone oraz studiujące, zamieszkujące duże miasta (rys. 4). Niemal połowa badanych osób jasno określiła, że produkty polimerowe są złe, nie dostrzegli oni jednak faktu, że mają ogromny wpływ na nasz komfort życia. Ponadto możemy przetwarzać powstałe odpady za pomocą procesu obróbki termicznej (beztlenowy rozkład termiczny), dzięki temu zyskujemy olej, gaz, co ułatwia produkcję energii. Można również ewentualnie zagospodarować w procesie bezpośredniego spalania odpadów RDF (wysokokaloryczne frakcje odpadów).

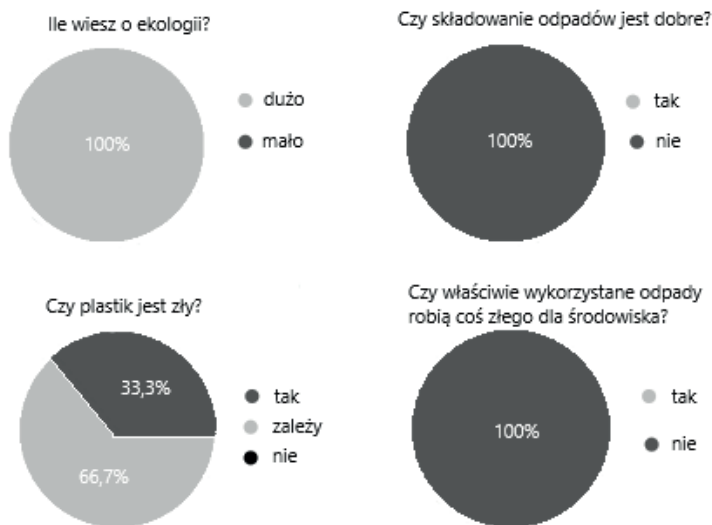


Rys. 4. Wykresy z informacjami o uczestnikach ankiety

Część ankietowanych uważa podobnie do nagłaśnianych informacji, że polimery to zło w czystej postaci, którego jesteśmy zobowiązani się pozbyć. Tak oczywiście nie jest, bardzo ważne jest, by nie podążać za populistami i samodzielnie zaczerpnąć informacji o korzyściach płynących z zastosowania tworzyw sztucznych na produkty rynkowe oraz o możliwości jego zagospodarowania. Powinno stosować się do prawidłowych reguł obchodzenia się po wyeksploatowaniu z tworzywami sztucznymi (segregacja) oraz z nich powstałymi odpadami (technologie recyklingu i odzysku).

#### 4.3. ANKIETA WŚRÓD DZIECI

W celu zbadania opinii społeczeństwa na temat „plastiku” i sprawdzenia, na ile edukacja ekologiczna ma wpływ na postrzeganie produktów polimerowych przez ogół społeczeństwa, została przeprowadzona ankieta wśród trzydzieściora dzieci w wieku od czterech do sześciu lat. Pozyskane wyniki ankietowe przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Wykresy ilustrujące opinie dzieci na temat plastiku

Dzieci są nieskażone przesłankami o wpływie plastiku na życie, którymi próbują manipulować media, celebryci i populiści. Wiedzą, że jeżeli wyrzucą papierek po cukierku do odpowiedniego pojemnika, będzie on w prawidłowy sposób przetworzony i ponownie zagospodarowany na inne produkty. Pozytywny wpływ ma zachowanie pedagoga pokazującego, w jaki sposób obchodzić się z odpadami, jak również nauczyciela prowadzącego zajęcia z edukacji ekologicznej, która jest niezwykle ważna w życiu młodych pokoleń. W tym przypadku powiedzenie ludowe „Czego Jaś się nie nauczył, tego Jan nie będzie umiał” znalazło swoje potwierdzenie.

## 5. ANALIZA SWOT DLA POLSKIEGO RECYKLINGU

Analiza SWOT (tab. 2) jest heurystyczną metodą analityczną, której używa się m.in. do planowania strategicznego. Polega ona na przyporządkowaniu cech rozważanego problemu do czterech kategorii: mocne strony (zalety); słabe strony (wady); szanse (jakie pozytywne zmiany są możliwe); zagrożenia (jakie negatywne zmiany są możliwe).

**Tabela 2**

Analiza SWOT dla polskiego recyklingu

<b>Mocne strony</b>	<b>Słabe strony</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Sieć formalnych i nieformalnych powiązań, które rozwijały się na przestrzeni lat w ramach struktur zajmujących się wymianą wiedzy, przepływem technologii i kooperacją biznesową</li> <li>– Rozległa sieć kontaktów</li> <li>– Uczestnictwo w międzynarodowych programach rozwojowo-badawczych umożliwia szerszy wgląd w światowe technologie i zdobycze nauki</li> <li>– Wsparcie dla małych i średnich przedsiębiorstw w dziedzinie gospodarki odpadami i recyklingu</li> <li>– Wdrożenie programu z zakresu zarządzania środowiskowego oraz standardów zarządzania jakością, dotyczących zarządzania odpadami i recyklingu</li> <li>– Rozległa sieć obejmująca dostawców i odbiorców usług i produktów w obrębie całego systemu wartości</li> <li>– Ogólna wiedza o GOZ, CSR – Społecznej Odpowiedzialności Biznesu, Ocenie Cyklu Życia, Rozszerzonej Odpowiedzialności Producenta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Niedostateczne zaplecze finansowe i zaopatrzeniowe</li> <li>– Słaba współpraca firm i instytucji w ramach sieci wartości</li> <li>– Brak odpowiednio przygotowanego personelu przemysłowego, również w zakresie wdrażania przedsięwzięć międzynarodowych</li> <li>– Za mało firm w łańcuchu wartości posiada w ofercie produkty wytworzone z odpadów przetworzonych</li> <li>– Nieliczne przedsiębiorstwa stosujące technologie zapewniające wydajne przygotowanie odpadów do etapu zastępowania materiału lub podstawowego surowca do produkcji nowych wyrobów</li> <li>– Niewykorzystany dotąd potencjał naukowo-badawczy jednostek nauki</li> <li>– Limitowany przyrost wartości towaru na poszczególnych ogniwach cyklu życia</li> <li>– Brak zainteresowania rządzących innowacyjnymi technologiami zagospodarowania odpadów segregowanych</li> </ul>
<b>Szanse</b>	<b>Zagrożenia</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Przekształcenie gospodarki linearnej w gospodarkę zamkniętą</li> <li>– Wzrastający ogólnokrajowy i globalny popyt na produkty i usługi związane z gospodarką odpadami i recyklingiem</li> <li>– Rosnące wymogi dotyczące przetwarzania odpadów i gospodarowania nimi, w tym zakres zbiórki, przetwarzania oraz recyklingu i odzysku wybranych frakcji odpadów nałożone na każdy kraj UE (koncentracja m.in. na odzyskiwanie surowców krytycznych i rzadkich)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Permanentnie zmieniające się regulacje prawne oraz często kosztowne wymagania wobec firm z branży gospodarki odpadami i recyklingu nie są gwarantem trwałości funkcjonowania łańcucha wartości</li> <li>– Aktywność na czarnym rynku (bez pozwoleń i bez obowiązku spełniania rozmaitych wymogów i norm) zmniejsza konkurencyjność wielu przedsiębiorstw</li> <li>– Brak jednolitych, ogólnokrajowych zasad przetwarzania odpadów na materiały lub surowce, co utrudnia firmom współpracę i przygotowanie kompleksowej oferty</li> </ul>

Tabela 2 cd.

<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zwiększona świadomość ekologiczna mieszkańców kraju i przedsiębiorstw produkcyjnych w zakresie ich wpływu na środowisko oraz potrzeba wdrożenia nowych modeli biznesowych, np. stosowania surowców wtórnych do produkcji dóbr</li> <li>– Sprawne i bezlitosne egzekwowanie naruszeń prawa ochrony środowiska</li> <li>– Szeroki i dobrze prosperujący rynek produktów organicznych z odzysku materiałowego (recykling odpadów) dla gospodarki surowcami wtórnymi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Brak dostosowanego do potrzeb przedsiębiorstw i instytucji w GOZ systemu szkolnictwa zawodowego, średniego i wyższego</li> <li>– Wahania cen surowców pierwotnych i wtórnych nie ułatwiają wspólnych działań w zakresie zaopatrzenia</li> <li>– Duża konkurencja ze strony zagranicznych i krajowych przedsiębiorstw</li> <li>– Ograniczenie dostępu do kapitału zewnętrznego działających placówek finansowych bez przeprowadzenia oceny ryzyka kapitałowego tego rodzaju prowadzonej działalności i problemów związanych z ubezpieczeniem tego typu inwestycji</li> <li>– Nieznaczne zaangażowanie ze strony władz rządowych i lokalnych</li> </ul>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 6. WNIOSKI

Przełom w dziedzinie tworzyw sztucznych rozpoczął się faktycznie dopiero po II wojnie światowej. Wcześniej pierwszym w pełni syntetycznym tworzywem sztucznym był tzw. bakelit. Po wojnie zaczęto wytwarzać na szeroką skalę nowe tworzywa sztuczne, które w ostatnich latach na dobre zagościły w gospodarstwach domowych. I chociaż od niedawna zaczęto sądzić, że tworzywa sztuczne są najgorszym z materiałów wytwarzanych do codziennego użytku, ponieważ długo się rozkładają w naturze, a procesy recyklingu i odzysku nie zawsze są możliwe do zastosowania, to obecnie nie stanowi wiedzy zakazanej, że tworzywa sztuczne (polimery/plastiki) możemy optymalnie zagospodarować, poddając procesowi recyklingu i/lub odzysku, m.in. w procesie rozkładu termicznego, tj. spalania lub beztlenowego rozkładu termicznego metodami termolizy, pirolizy, zgazowania, witrifikacji itd.

Współczesny człowiek jest otoczony przez tworzywa sztuczne (polimery) z każdej strony, co ma ułatwić rozwój oraz zwiększyć komfort życia. Musimy zdać sobie sprawę, w jakim sztucznym świecie obecnie żyjemy i czy eliminowanie polimerów na pewno będzie służyło społeczeństwu. Bez zastosowania tworzyw sztucznych nie byłoby komputerów, smartfonów, sprzętu RTV/IT, AGD, pojazdów itp.

Czy ludzkość, a w szczególności dzieci i młodzież wyobraża sobie świat bez tych urządzeń; bez internetu, telefonii komórkowej, telewizji satelitarnej itp.?

Medycyna to gałąź gospodarki, która niezwykle sprawnie korzysta z produktów pochodzenia polimerowego, to właśnie stosowanie plastiku zapoczątkowało przełomowy czas w dziedzinie leczenia wielu chorób. Dreny, implanty i protezy stawów czy sztucznych naczyń krwionośnych to niebywałe osiągnięcie możliwe tylko dzięki dostępowi do różnych gatunków polimerów.

Na opakowania polimerowe, w tym torby, należy również patrzeć pod kątem ochrony epidemiologicznej, gdyż polimer działa jak membrana niedopuszczająca zarodków pleśni, grzybów, wirusów i bakterii, co jest nie do przecenienia w aspekcie zdrowia społeczeństwa.

Tworzywa sztuczne z powodzeniem są stosowane w najróżniejszych dziedzinach przemysłu. Od opakowań, przez kosmetykę, artykuły spożywcze, włókiennictwo, na budownictwie czy meblarstwie kończąc. Produkty polimerowe usprawniły wiele czynności.

Niezwykle ważna jest edukacja ekologiczna. Polacy nie mają zakorzenionych w sobie wartości dbałości o środowisko. Bezmyślnie wyrzucają niesegregowane odpady. Sytuacja poprawiła się po wprowadzeniu *Ustawy z 13 września 1996 r. o utrzymaniu czystości i porządku w gminach* (Dz.U. z 2019 r., poz. 2010).

Długo toczący się spór na temat szkodliwości torebek foliowych jest nierozsądny. Są one nie tylko wygodniejsze od torebek płóciennych czy papierowych, ale także lżejsze, co przekłada się na mniejsze koszty produkcji i transportu, a co najważniejsze możemy je unieszkodliwiać/utyliзовать za pomocą technologii recyklingu (recyklat) bądź termicznego rozkładu. Dylemat „torby papierowe czy foliowe” jest obecny niemal w każdym kraju, a niektóre z nich wprowadziły zakaz sprzedaży toreb plastikowych. Nie jest to najlepsze wyjście. Należy przetwarzać tworzywa sztuczne metodą obróbki termicznej, dzięki czemu pozyskany zostanie z beztlenowego rozkładu termicznego olej oraz gaz i ewentualnie pozyskana energia z bezpośredniego spalania, co zminimalizuje tworzenie się wielkich wysypisk odpadów.

Opinia społeczna na temat tworzyw sztucznych nie jest zaskoczeniem. Powszechnie w teorii nienawidzony plastik uważa się za surowiec, który powinien zniknąć. Na szczęście w szkołach prowadzi się teraz zajęcia w zakresie ochrony środowiska i GOZ, zmieniając świadomość ekologiczną młodzieży, uczy się, że nie należy wyrzucać śmieci do lasu, że nie wolno palić w piecu odpadami (w szczególności pochodzenia polimerowego i elastomeroowego), że odpad polimerowy powinien trafić do pojemnika przystosowanego wyłącznie do tego rodzaju odpadów, co znacznie ułatwi jego dalsze zagospodarowanie.

Niezwykle ważna jest edukacja wśród młodych ludzi. Należy zmieniać myślenie młodych pokoleń i ich świadomość ekologiczną.

Gospodarka o obiegu zamkniętym zmienia mentalność społeczeństwa w zakresie ekoprojektowania, napraw, segregacji itd. oraz pozwala produkować przedmioty, minimalizując pozostawianie odpadów, a surowce powstałe z wyeksploatowanych produktów znajdują zastosowanie przy produkcji nowych przedmiotów.

## LITERATURA

<https://edition.cnn.com/2014/01/23/business/paper-bag-empire-andrew-upuya/index.html>  
[dostęp: 13.01.2020].

<https://www.kierunekwodkan.pl/plan-odpadowy-dla-europy,4066,art.html> [dostęp: 13.01.2020].

[https://www.oregonlive.com/environment/2007/05/paper\\_or\\_plastic\\_which\\_is\\_best.html](https://www.oregonlive.com/environment/2007/05/paper_or_plastic_which_is_best.html)  
[dostęp: 14.01.2020].

Kijęński J., Błędzki A., Jeziórska R., 2011, *Odzysk i recykling materiałów polimerowych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

- Ministry of Environment and Food of Denmark. *Life Cycle Assessment of grocery carrier bags*, 2018 <https://bioplasticsnews.com/2019/10/31/life-cycle-assessment-of-grocery-carrier-bags-by-danish-government/> [dostęp: 15.01.2020].
- Olszówka M., Maciąg K., 2015, *Nowoczesne trendy w medycynie*, Wyd. Fundacja na rzecz Promocji Nauki i Rozwoju TYGIEL, Lublin.
- Paśko I., 2011, *O świadomości ekologicznej*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Pedagogicznego, Kraków.
- Stachurek I., 2012, *Problemy z biodegradacją tworzyw sztucznych w środowisku*, Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach, 1, 8, s. 74–108.
- Witkowski K., 2015, *Aspekty logistyki odzysku i recyklingu tworzyw sztucznych*, Logistyka, 2, s. 796–803.
- Żakowska H., 2008, *System recyklingu odpadów opakowaniowych w aspekcie wymagań ochrony środowiska*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań.

#### CRITICAL ANALYSIS OF THE SOCIETY'S DEMAND FOR POLYMER PRODUCTS

**Summary:** The article presents in a critical way the need to change the ecological awareness of Polish society in the field of application and management of plastic waste. During times of striving for prosperity, the dissemination of knowledge by celebrities and populists about plastics as the worst construction material are not true in terms of their harmfulness.

The currently implemented concept of the circular economy (GOZ) is part of the minimization of the consumption of primary raw materials as well as the transformation and further management of the generated waste – polymeric in particular. Public awareness in the area of waste management will change our ecological awareness for the benefit of environmental protection.

The synthetic results of The SWOT analysis are presented in the article. It is the basis for determining the further activity in the field of recycling and recovery of secondary raw materials in Poland.

**Keywords:** Circular Economy, recycling, polymer waste, ecological education.

*Publikacja została sfinansowana przez Akademię Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie (subwencja na utrzymanie i rozwój potencjału badawczego).*



## INFLUENCER JAKO ZJAWISKO SPOŁECZNE I SPOSÓB POZYSKIWANIA KLIENTÓW

**Streszczenie:** W ostatnich latach wraz z rozwojem nowych technologii zmieniły się także nawyki i zachowania konsumentów. Życie społeczne w dużej mierze zostało przeniesione do świata wirtualnego, czemu sprzyja rozwój już istniejących, a także powstawanie nowych form komunikatorów, portali i blogów. Zmiany te sprawiły, iż influencer marketing, narzędzie znane już od dawna, w ostatnim czasie zyskało nowe instrumenty. Grupa docelowa, wobec której można zastosować tę formę marketingu, znacząco powiększyła się w stosunku do tego, jak metoda ta niegdyś była stosowana. Współczesna forma pozwala z dużą precyzją trafić w grupę adresatów zainteresowaną konkretnym segmentem rynku. I choć obecnie influencer marketing cieszy się dużym powodzeniem zarówno wśród reklamodawców, jak i osób chętnie promujących znane marki, to wciąż niewiele jest literatury naukowej w języku polskim na ten temat.

Niniejszy rozdział na podstawie analizy literatury przedmiotu, a także na przykładzie wybranych badań wskazuje explicite, jak znaczący wpływ na marketing mają media społecznościowe. Zwrócono także uwagę na postać influencera i jej znaczenie w promowaniu marki, na zależności pojawiające się w tym narzędziu marketingowym, co również w pewnym stopniu pozwala na uporządkowanie wiedzy w tym temacie.

**Słowa kluczowe:** influencer marketing, media społecznościowe, influencer, marka

### 1. WPROWADZENIE

Influencer to zjawisko społeczne, które zwróciło uwagę dużych korporacji, światowych marek, a w końcu także mediów. Od jakiegoś czasu coraz częściej można znaleźć artykuły o tym, jak zostać influencerem, jakie za tym idą korzyści finansowe, a czasem także sława. Bo bycie rozpoznawalnym lub kojarzonym z jakąś marką dla wielu jest już sporym sukcesem i celem samym w sobie.

Ale rynek ten nie tylko ma już dosyć długą historię, lecz także całkiem spore zaplecze finansowe, a także realny wpływ na klienta, a jak pokazują badania, w ostatnich latach jego siła rośnie. Warto wobec tego zadać pytanie, czym obecnie jest ten obco brzmiący trend, dlaczego jest tak popularny, a także jaki ma wpływ na sprzedaż.

Celem rozdziału jest przedstawienie problematyki związanej ze zjawiskiem influencera i influencer marketingiem. Na podstawie przeglądu literatury przedmiotu autorka bada zjawisko influencer marketingu, jego wpływu na konsumenta, a także zależności, jakie występują

---

\* AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Zarządzania, Katedra Informatyki Stosowanej



między liczbą polubień i liczbą osób obserwowanych a wiarygodnością influencera. Ponadto w publikacji nakreślono rys historyczny tego zjawiska, a także wskazano charakterystykę współczesnego influencera i główne cechy, które warto rozważyć przy wyborze tej formy marketingu, by jak najlepiej dopasować ją do charakterystyki marki i produktu.

## 2. CHARAKTERYSTYKA INFLUENCERA. METODY I NARZĘDZIA STOSOWANE W INFLUENCER MARKETINGU

Influencer to osoba popularna, często mająca swoje stałe grono odbiorców, na których ma wpływ. Obecnie influencerami są tzw. celebryci lub osoby bardzo popularne w mediach społecznościowych, a także prowadzące blogi, strony internetowe lub swoje kanały na YouTube, które to (osoby) poprzez prezentowanie treści, opinii czy relacji wpływają na swoich odbiorców. Bardzo często osoby te uważane są za znawców/specjalistów w określonej dziedzinie, jak moda, kulinaria czy np. gry komputerowe (Nielsen 2015). Samo słowo „influencer” pochodzi od ang. *influence*, czyli mieć wpływ/ wpływać na kogoś lub coś (Cambridge Dictionary 2019).

Warto zauważyć, iż zachowania konsumenckie związane z efektem influencera i jego wpływu na otoczenie są jednym z typów zachowań stadnych, w których istotną rolę odgrywają zarówno moda (konsumenci nabywają dane dobro głównie dlatego, że jest ono modne, natomiast realna potrzeba jego nabycia i zasadność zakupu schodzą na dalszy plan), a także chęć naśladownictwa, w tym wypadku osób znanych, lubianych i cenionych. W ekonomii takie działania utożsamiane są z efektem owczego pędu, w psychologii zaś można je odnieść do zachowań właściwych dla psychologii tłumu. W jednym i drugim przypadku, znając cechy konsumentów charakteryzujące te typy zachowań, można tak pokierować kampanią marketingową, by odnieść zamierzony rezultat.

Jak zauważył Gustaw Le Bon (1986), tłum zadziwiająco łatwo ulega sile sugestii, jest łatwowierny. Jeżeli zatem osoba postrzegana jako influencer przedstawi jakiś produkt, a co więcej, zarekomenduje go lub uzna za użyteczny, jest to jasny przekaz dla konsumenta, iż produkt jest warty uwagi odbiorcy.

Influencer marketing natomiast to rodzaj marketingu skierowany do osób indywidualnych, które mają własną grupę odbiorców. Najczęściej ogranicza się on do określonej dziedziny, w której osoby te są postrzegane jako specjaliści (kucharze prowadzący internetowe strony o tematyce kulinarnej, sportowcy, blogerzy zajmujący się modą). Dzięki takim działaniom marka reklamująca swój produkt ma pewność, że dociera do osób, które może on rzeczywiście zainteresować.

Obecnie istnieje wiele narzędzi pozwalających każdemu, kto zechce zastosować tę formę reklamy, na znalezienie odpowiedniego środka przekazu (Bannster 2018; *Influencer Marketing Hub* 2019a). Ważne jest bowiem, aby przy stosowaniu tej metody dobrać odpowiednio osobę, a tym samym jej kanał, stronę czy konto, przez które dociera do swoich odbiorców. Wybranie właściwego influencera pozwoli na dotarcie do tych klientów stanowiących grupę docelową, dla której produkt został stworzony.

Narzędzia wykorzystywane w influencer marketingu nie są już obecnie domeną firm specjalizujących się w działaniach marketingowych. Dziś są dostępne na przysłowiowe wyciągnięcie ręki, trzeba je tylko odpowiednio dobrać i zastosować do swoich potrzeb. Ich wspólną cechą jest szukanie, analiza i optymalizacja danych, a większość z nich działa w bardzo podobny sposób, tj. przeszukuje słowa kluczowe w „linkach bio” użytkowników, a także same konta tweeterowe. Umożliwia wyszukanie najpopularniejszych treści prezentowanych w określonym temacie, osób je udostępniających, a także tych, którzy docierają do dużego grona odbiorców, a co więcej – będąc traktowani jako autorytet w danej dziedzinie – mają na nich wpływ.

Niektóre z narzędzi pozwalają zestawić użytkowników ze względu na wiele czynników, np. ich lokalizację, odnośniki „bio” czy podążających za nimi innych użytkowników, tzw. followersów. Dzięki temu łatwo wyłapać zależności, które pozwolą na zweryfikowanie, co jest, a co nie jest interesujące dla czytelników, i dostosować content tak, by zyskać jeszcze więcej klientów.

### 3. BADANIE WPŁYWU INFLUENCERÓW NA PODEJMOWANIE DECYZJI ZAKUPOWYCH PRZEZ KONSUMENTÓW

W zależności od źródła danych wpływ influencerów na społeczeństwo i decyzje konsumenckie szacuje się od niewielkiego po bardzo duży, choć można zauważyć tendencję wzrostową (*Influencer Marketing Hub* 2019b). Jak wskazują poniżej przytoczone statystyki, influencer odgrywa znaczącą rolę w wyborach konsumenta, choć jest to zależne od sposobu prezentowania produktu (strona marki, strona własna influencera, media społecznościowe, wpis sponsorowany lub zwyczajowy wpis z życia codziennego), związku marki z influencerem (czy jest to stała współpraca, czy też jednorazowy przekaz), a także tego, jak prowadzone jest konto influencera.

Jak pokazują statystyki Influencer Marketing Stats (dane z 2015 i 2016 roku) (*Influencer Marketing Hub* 2019c; Tinuiti 2019):

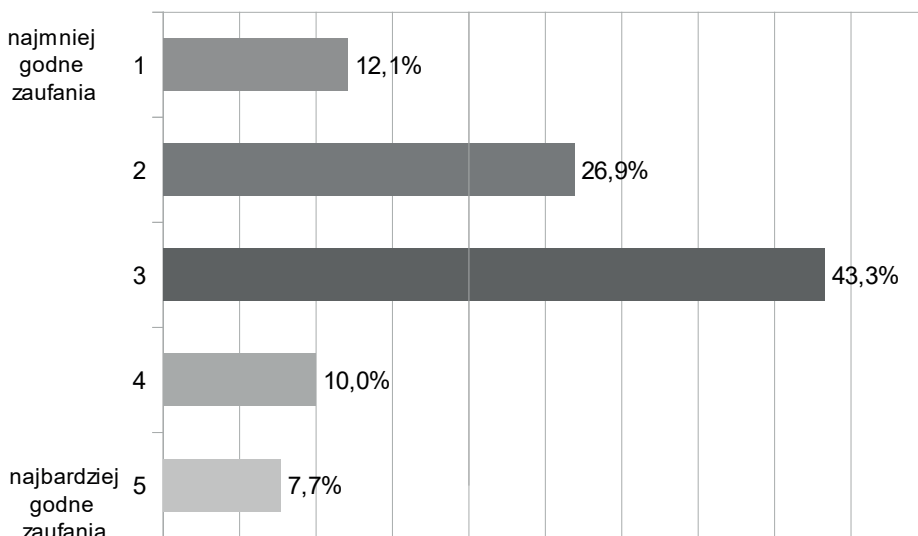
- 49% respondentów polega na rekomendacjach influencerów przy podejmowaniu własnych decyzji zakupowych;
- 40% kupiło produkt przez internet po tym, gdy zobaczyli, że używa go influencer na jednym z portali społecznościowych, takim jak Instagram, Twitter, Vine czy YouTube;
- aż 74% badanych osób korzysta z sieci społecznościowych, by uzyskać wskazówki dotyczące decyzji zakupowych;
- 71% marketerów uważa, że trwałe bycie ambasadorem jest najskuteczniejszą formą influencer marketingu;
- 96% badanych uważa, że branża reklamowa działa uczciwie, z czego 69% deklaruje brak zaufania wobec reklamodawców, którzy dążą do tego, by ich sprzedaż była bardziej skuteczna.

W tym miejscu warto przytoczyć badanie przeprowadzone przez The McCarthy Group dotyczące zaangażowania i uwagi pokolenia tzw. millenialsów (*The ultimate list...*). W badaniu tym sprawdzono, w jakim stopniu osoby z przedziału wiekowego 18–34 lata ufają różnym formom reklamy i skąd pozyskują informacje.

W przypadku źródeł pozyskiwania informacji o bieżących wydarzeniach przeważają źródła cyfrowe, tj. strony internetowe firm (wg 35,3% respondentów), media społecznościowe wskazało 22% badanych, a tradycyjną prasę zaledwie 9%. Na pytanie, jakie źródło informacji uważają za najbardziej wiarygodne w skali od 1 (najmniej) do 5 (najbardziej), raporty informacyjne zostały ocenione na 3 (51% badanych w wieku 25–34 lata i 32% w wieku 18–24 lata), podobnie jak strony internetowe firm (43% badanych) – rysunek 1. 75% badanych najlepiej, bo na 4 i więcej w skali pięciostopniowej, oceniło najbliższych przyjaciół.

Warto zwrócić uwagę, że ta sama grupa zapytana o to, czy lubi reklamy, w 84% odpowiedziała przecząco.

W innej ankiecie badani zostali zapytani o to, jak wiarygodne ich zdaniem są strony internetowe firm. Swoją ocenę badani mieli wyrazić w skali od 1 (niewiarygodne) do 5 (bardzo wiarygodne). Jak wskazano na rysunku 1, najwięcej respondentów oceniło strony internetowe należące do konkretnych firm jako średnio lub mało wiarygodne źródło.

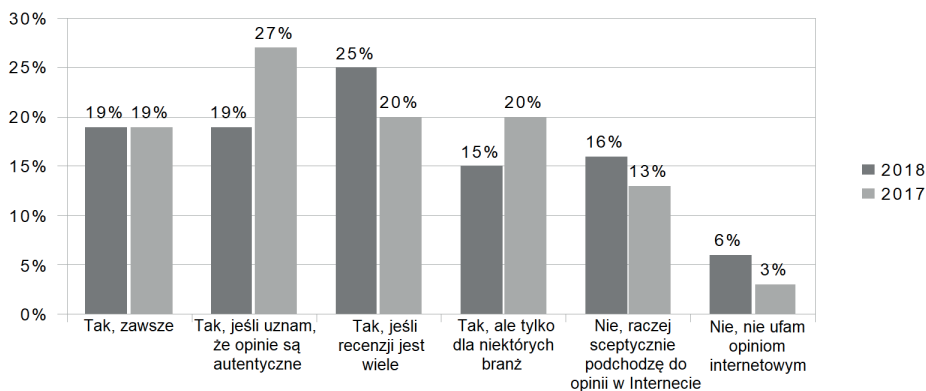


Rys. 1. Wiarygodność stron internetowych należących do firm (dane z I kwartału 2014 r.)

Źródło: [www.themccarthygroup.com](http://www.themccarthygroup.com) (tłumaczenie własne) [dostęp: 22.01.2019]

Dlaczego w rozdziale zwrócono uwagę właśnie na pokolenie milenialsów? Bo jak podaje Tinuiti<sup>1</sup> (Tinuiti b.d.), milenialsi stanowią obecnie największą grupę konsumencką, a według szacunków do roku 2020 będą mieli 1,4 biliona dolarów siły nabywczej (Tinuiti 2019).

Innym zjawiskiem wartym uwagi jest to, jak respondenci oceniają wiarygodność opinii umieszczanych w internecie, a także, czy chętnie po nie sięgają. Jak pokazuje rysunek 2, jeszcze w 2017 roku największy procent badanych ufał opiniom internetowym, jeśli uznał je za autentyczne (27% badanych). Podobna liczba badanych pozytywnie oceniła opinie internetowe tylko dla niektórych branż lub gdy opinii było wiele (20%). Trend ten uległ zmianie i już rok później tylko 19% respondentów zaufało opinii z internetu, gdy uznali je za prawdziwe, wzrosła natomiast liczba osób, które zwróciły uwagę na liczbę opinii – jeśli było ich wiele, wówczas budziły zaufanie.



**Rys. 2.** Wyniki badania ankietowego „Czy ufasz opiniom internetowym tak samo, jak personalnym rekomendacjom?”

Źródło: [www.brightlocal.com](http://www.brightlocal.com) (tłumaczenie własne) [dostęp: 22.01.2019]

Skoro wiadomo już, co wzbudza zaufanie odbiorców, warto się także zastanowić, jaki rodzaj reklamy trafia do nich w najbardziej przekonujący sposób. Jak widać na rysunku 1, wśród milenialsów najbardziej wiarygodne są rekomendacje osób im znanych, zaraz potem strony internetowe, a następnie opinie konsumentów umieszczane w internecie. Pokolenie X wykazuje podobny trend jak pokolenie Z, z tą różnicą, że dla osób z tej ostatniej grupy (przedział wiekowy 15–20 lat) artykuły w prasie są bardziej wiarygodne od opinii internetowych. Co ciekawe, osoby z grupy wiekowej 50+ na pierwszym miejscu, tak jak pozostali stawiali rekomendacje osób, które znają, lecz na drugim miejscu wskazywali artykuły w prasie, miejsce trzecie natomiast jest już inne niż w przypadku poprzednich grup respondentów, co można zaobserwować w tabeli 1.

<sup>1</sup> Tinuiti, jedna z firm specjalizujących się w strategii zarządzania w biznesie cyfrowym, z której korzystają największe marki [przyp. aut.].

Tabela 1

Jaki procent [%] respondentów ufa określonemu typowi reklamy (dane z III kwartału 2015 r.)

Rodzaj reklamy	Pokolenie Z (wiek 15–20)	Milennials (wiek 21–34)	Pokolenie X (wiek 35–49)	Boomersi (wiek 50–64)	Pokolenie ciszy (wiek 65 +)
Rekomendowane przez ludzi, których znam	83	85	83	80	79
Strony internetowe firm	72	75	70	59	50
Opinie konsumentów w internecie	63	70	69	58	47
Artykuły w prasie	68	68	66	60	55
Reklamy w telewizji	58	67	64	55	48
Sponsorowane przez markę	62	66	62	52	42
Reklamy w magazynach	57	62	61	50	46
Reklamy w prasie codziennej	57	62	62	55	53
Reklamy puszczone przed filmem	54	60	55	42	31
Bilbordy i inne zewnętrzne reklamy	59	60	57	46	38
Lokowanie produktów w programach TV	51	60	56	42	39
E-maile z reklamami, na które wyraziłem (-am) zgodę	54	57	56	53	54
Reklamy radiowe	51	55	57	49	42
Filmiki reklamowe w internecie	45	53	50	37	27
Reklamy w wyszukiwarkach internetowych	43	52	50	41	33
Reklamy w serwisach społecznościowych	45	51	47	35	26
Reklamy na urządzeniach mobilnych	42	48	45	31	20
Bannery reklamowe w internecie	36	47	43	34	25
Reklamy wysyłane SMS'ami	32	41	38	27	18

Źródło: Nielsen Global Trust in Advertising Survey, <https://www.nielsen.com/content/dam/nielsen-global/apac/docs/reports/2015/nielsen-global-trust-in-advertising-report-september-2015.pdf> [dostęp: 20.01.2019]

Jak wskazano w przytoczonych powyżej badaniach, opinie innych osób stanowią ważny element kampanii marketingowych. Jeśli dodatkowo osoby te dają się poznać jako wiarygodne i mocno ugruntują swój wizerunek, jest to doskonałym narzędziem do tego, by wykorzystać ich osobę do promowania produktów marek.

Dobranie właściwej grupy docelowej, do której trafia influencer, a tym samym grupy, do której skierowany będzie przekaz reklamowy danej marki, to ważna rzecz, choć nie jedyna. Równie istotne jest wybranie odpowiedniego influencera, który dany produkt zareklamuje. O wyborze tego drugiego decyduje wiele czynników, które firma dobiera w zależności od swoich potrzeb.

Z pewnością pomóc w tym mogą wspomniane już wcześniej narzędzia. Istotne jest także to, czy sam influencer postrzegany jest jako osoba wiarygodna. Jak podaje Meltwater (Meltwater 2018), jedną z rzeczy, które zwiększają wiarygodność influencerów, jest fakt, iż sami otwarcie informują o współpracy z marką. Na co jeszcze warto zwrócić uwagę, wybierając influencera do promowania produktów marki? Badacze z Ghent University w Belgii, którzy prowadzili badania w tym zakresie, uwzględnili kilka zależności (Veirman i in. 2016). Po pierwsze, zbadali, czy liczba osób obserwujących konto influencera (tzw. followersów) ma wpływ na to, czy jest lubiany i uważany za osobę opiniotwórczą. Czy liczba osób, które obserwuje sam influencer, ma jakieś znaczenie dla jego wiarygodności, a także jak postrzegana jest różnorodność produktów prezentowanych przez influencera.

Jak wskazali autorzy badania, w literaturze tematu funkcjonują pewne zasady, które determinują, kto jest najlepszym kandydatem na osobę reprezentującą markę. Istnieje swego rodzaju „złoty” wskaźnik obserwujących i obserwowanych, który dotyczy głównie Tweetera. Regułą jest, iż powinno się podążać za osobami z pozytywnym wskaźnikiem, tj. gdy liczba obserwujących ich konto jest wyższa niż liczba osób, które sami obserwują. Podobne zasady zdają się funkcjonować także w przypadku innych mediów społecznościowych, jak np. Instagram, gdzie za „prawdziwego” influencera uważa się osobę o wspomnianym wskaźniku. Daje to wrażenie, iż osoba ta rzeczywiście budzi zainteresowanie i ma swoich fanów, a nie tylko otrzymała „polubienie” w zamian za śledzenie profilu innego użytkownika. Co więcej, wysoka liczba osób obserwujących ma świadczyć o tym, iż influencer jest osobą opiniotwórczą. Jako przeciwieństwo podaje się osobę, która ma co prawda wielu obserwatorów, ale sama niewielu obserwuje, co tym samym zmniejsza jej wiarygodność (Siegler 2009). Jak natomiast zauważa Williams (2006), użytkownicy, którzy obserwują także innych, sami mają możliwość zapoznania się z opiniami innych i nowymi tematami, a tym samym tworzenia własnego zdania na nowe tematy.

Wspomniane wcześniej badanie prowadzone na Ghent University wykazało, że użytkownicy postrzegali liczbę followersów jako niską, gdy rzeczywista ich ilość była umiarkowana. W przypadku wysokiej liczby followersów nie stwierdzono takiej zależności. Ponadto dowiedziono, że posiadanie większej liczby followersów zwiększa sympatię do influencera i postrzeganie go jako lubianego. Większa liczba obserwatorów może także wpływać na to, iż influencer postrzegany jest jako osoba opiniotwórcza, z zastrzeżeniem, iż nie należy tego traktować jako stałą zależność, z uwagi na niewielką ilość próbek. W badaniach stwierdzono także negatywne implikacje posiadania dużej liczby obserwujących, które następują, gdy influencer sam obserwuje niewiele osób.

Ostatnim badanym czynnikiem były prezentowane produkty. Jak wskazuje Jin i Phua (2014), w poprzednich badaniach zidentyfikowano dwie sprzeczne potrzeby konsumentów: potrzebę wyjątkowości, a także potrzebę popularności. Potrzeba wyjątkowości wskazuje na to, że konsumenci poszukują produktów wyjątkowych i ekskluzywnych (Berger, Heath 2007), z drugiej strony potrzeba popularności motywuje do poszukiwania produktów, które w danym czasie są bardzo popularne – zwykle determinowana jest przez modę (Berger, Heath 2007). Takie podejście zrodziło obawę, że marka, która chce być postrzegana jako wyjątkowa, i żeby jej produkty były uznawane za unikatowe, gdy zostanie zaprezentowana przez influencera obserwowanego przez dużą liczbę użytkowników, może przywołać na myśl „teorię popularności” i sprawić, iż produkt zostanie potraktowany jako bardziej dostępny (popularny) niż unikatowy. Wiąże się to z faktem, iż produkt ten dociera w równym stopniu do wszystkich osób, które obserwują influencera, a co za tym idzie – każdy z nich może go nabyć. Duża liczba obserwujących jest równa wysokiej liczbie potencjalnych nabywców, co może osłabić unikalność marki.

W przytoczonym badaniu wykazano, że prezentowanie przez influencera różnorodnych produktów ma pozytywny wpływ na postrzeganą wyjątkowość marki, przy czym zależność ta była bardziej widoczna w przypadku umiarkowanej liczby followersów. Przy dużej ilości obserwatorów danego influencera zależność ta znacząco słabła, zgodnie z założeniem, że im więcej obserwatorów (a tym samym potencjalnych nabywców produktu), tym produkt postrzegany jest jako mniej unikatowy. Tym samym potwierdzono odkrycia Hellofsa i Jacobsona (1999) mówiące o tym, że jeśli popyt na towary ekskluzywne wzrasta, prowadzi to do utraty wyłączności i wyjątkowości.

#### 4. WNIOSKI

Jak wykazano w niniejszym rozdziale, influencer marketing jest pożądanym i rozwijającym się rynkiem. Zarówno nowe technologie, jak i możliwości, lecz także zachowania konsumentów, a przede wszystkim ich oczekiwania powodują, iż jest to znakomity sposób reklamowania produktów. Wybranie odpowiedniego influencera nie tylko zawęży grupę docelowych klientów do tych rzeczywiście mogących być realnie zainteresowanych produktem, lecz także może zbudować wiarygodność marki. Ważne jest jednak, by umiejętnie dobrać osobę, która będzie prezentowała produkt/markę. Jak dowiedziono, liczba obserwujących, tj. followersów, nie może być jedynym czynnikiem mającym wpływ na tę decyzję. Co więcej, należy rozważyć, czy marka ma być traktowana jako unikatowa, czy ma w założeniu trafić do większej grupy odbiorców, bo jak pokazują przytoczone badania, te dwa czynniki mogą się wzajemnie wykluczać. Warto zatem przy podejmowaniu decyzji najpierw ustalić oczekiwania co do zastosowania tej formy reklamy, a następnie dobrać tak influencera, by mogły zostać spełnione wszystkie założenia.

#### LITERATURA

- Bannster K., *Top 8 Free Influencer Marketing Tools*, [www.brandwatch.com](http://www.brandwatch.com) [dostęp: 23.02.2018].  
Berger J., Heath C., 2007, *Where consumers diverge from others: Identity signaling and product domains*, *Journal of Consumer Research*, 34, 2, s. 121–134.



- Bright Local Marketing, *Local consumer review survey 2018*, [www.brightlocal.com](http://www.brightlocal.com) [dostęp: 22.01.2019].
- De Veirman M., Cauberghe V., Hudders L., 2016, *Marketing through instagram influencers: Impact of number of followers and product divergence on brand attitude*, Ghent University, Belgia, <https://core.ac.uk/download/pdf/55691871.pdf> [dostęp: 19.01.2019].
- Hellofs L., Jacobson R., 1999, *Market share and customers' perceptions of quality: When can firms grow their way to higher versus lower quality*, *Journal of Marketing*, 63, 1, s. 16–25.
- Influencer Marketing Hub*, 2019a, <https://influencermarketinghub.com/15-free-influencer-marketing-tools-to-find-influencers/> [dostęp: 20.01.2019].
- Influencer Marketing Hub*, 2019b, <https://influencermarketinghub.com/influencer-marketing-statistics/> [dostęp: 20.01.2019].
- Influencer Marketing Hub*, 2019c, <https://influencermarketinghub.com/what-is-an-influencer/> [dostęp: 20.01.2019].
- Influencer Marketing Stats*, <https://www.tapinfluence.com/influencer-marketing-statistics/> [dostęp: 21.01.2019].
- Jasiukiewicz P., *5 aspektów, od których może zależeć sukces Twojej współpracy z influencerami dla Meltwater*, 18.12.2018, <https://www.meltwater.com/pl/blog/sukces-wsp%C3%B3lpracy-z-influencerami/> [dostęp: 24.01.2019].
- Jin S.A., Phua J., 2014, *Following Celebrities' Tweets About Brands: The Impact of Twitter-Based Electronic Word-of-Mouth on Consumers' Source Credibility Perception, Buying Intention, and Social Identification With Celebrities*, *Journal of Advertising*, 43, 2, 4, s. 181–195.
- Le Bon G., 1986, *Psychologia tłumy*, Warszawa, PWN.
- Nielsen Global Trust in Advertising Survey. *Global trust in advertising winning strategies for an evolving media landscape. September 2015*, <https://www.nielsen.com/content/dam/niensenglobal/apac/docs/reports/2015/nielsen-global-trust-in-advertising-report-september-2015.pdf> [dostęp: 21.01.2019].
- Siegler M.G., 2009, *Twitter's golden ratio (That no one likes to talk about)*, 26.02.2016, <https://techcrunch.com/2009/08/26/twitters-golden-ratio-that-no-one-likes-to-talk-about/> [dostęp: 23.01.2019].
- Swan G., *What Is Influencer Marketing & Why It Matters | A Brand's Guide, Influencer Marketing*, 20.04.2018, <https://www.cpcstrategy.com/blog/2018/04/what-is-influencer-marketing/> [dostęp: 22.02.2019].
- The ultimate list of Influencer Marketing Statistics*, <https://www.tapinfluence.com/influencer-marketing-statistics/> [dostęp: 22.02.2019].
- The McCarty Group, *Millennials: Trust & Attention Survey*, <http://www.themccarthysgroup.com/wp-content/uploads/2017/09/millennial-survey.pdf> [dostęp: 22.02.2019].
- Williams D., 2006, *On and off the 'net: Scales for social capital in an online era*, *Journal of Computer-Mediated Communication*, 11, s. 593–628, <https://tinuiti.com/blog/paid-social/what-is-influencer-marketing/> [dostęp: 21.01.2019].



## INFLUENCER AS A SOCIAL PHENOMENON AND A WAY OF ACQUIRING CUSTOMERS

**Summary:** In recent years, along with a new technology development, consumer habits and behavior has changed. Social life largely has transferred to virtual reality, through development already created and raised new messengers, social networks and blogs. Those changes make that influencer marketing, tool known well for a long time, gained new instruments. The target group to whom this form of marketing can be applied has significantly increased compared to how this method has been used to use. The modern form allows to hit the target group interested in a particular market segment with high precision. Although currently influencer marketing is very popular among both advertisers and people willingly promoting well-known brands, there is still little scientific literature in Polish language on this subject.

This article, based on the analysis of the literature on the subject, as well as the example of selected research, shows explicitly how significant impact on marketing are social media. Attention was also paid to the influencer and his role in brand promotion, to the dependencies appearing in this marketing tool, as well as to some extent allows to organize knowledge in this topic.

**Keywords:** influencer marketing, social media, influencer, brand

*Publikacja została sfinansowana przez Akademię Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie (subwencja na utrzymanie i rozwój potencjału badawczego).*

## CHEMIZACJA SEKTORA SPOŻYWCZEGO A DECYZJE KONSUMENTÓW

**Streszczenie:** Wydajność współczesnego przemysłu rolno-spożywczego w dużej mierze zależy od ilości stosowanych środków chemicznych. Najczęściej są wykorzystywane: antybiotyki, nawozy sztuczne, pestycydy, materiały opakowaniowe, substancje dodatkowe do żywności. Pozostałości tych substancji w artykułach spożywczych kupowanych w sklepach są zazwyczaj bardzo małe, ale mogą mieć poważne konsekwencje zdrowotne, związane z ich kumulowaniem się w organizmie człowieka. Ryzyko związane ze spożywaniem zanieczyszczonej żywności wzrasta w zależności od częstotliwości ekspozycji oraz dawki substancji toksycznej. Na podstawie analizy literatury omówiono zagrożenia dla konsumentów związane z chemizacją produkcji i przetwórstwa żywności. Przedstawiono również wyniki własnych badań ankietowych, których celem było poznanie wiedzy konsumentów na temat stosowanych w sektorze spożywczym środków chemicznych.

**Słowa kluczowe:** środki ochrony roślin, antybiotyki, substancje dodatkowe do żywności

### 1. WPROWADZENIE

Celem działalności sektora spożywczego obejmującego produkcję, przetwórstwo i handel żywnością jest dostarczanie konsumentom odpowiedniej ilości i jakości środków spożywczych. *Żywność* (lub środek spożywczy) to „jakiegokolwiek substancje lub produkty, przetworzone, częściowo przetworzone lub nieprzetworzone, przeznaczone do spożycia przez ludzi, lub których spożycia przez ludzi można się spodziewać. »*Środek spożywczy*« obejmuje napoje, gumę do żucia i wszelkie substancje, łącznie z wodą, świadomie dodane do żywności podczas jej wytwarzania, przygotowania lub obróbki” (Dz.U. z 2001 r. Nr 63, poz. 634).

Wśród cech jakościowych żywności na pierwszym miejscu znajduje się jej zdrowotność obejmująca wartość energetyczną i odżywczą oraz bezpieczeństwo. Wartości energetyczna i odżywcza związane są z zawartością w środkach spożywczych składników odżywczych (węglowodanów, tłuszczu, białek, składników mineralnych, witamin), które występują w organizmach roślinnych i zwierzęcych. Bezpieczeństwo natomiast oznacza brak szkodliwych dla zdrowia człowieka drobnoustrojów chorobotwórczych oraz substancji chemicznych i fizycznych, które mogą znajdować się w surowcach lub pojawić się w procesie przetwórstwa i dystrybucji.

---

\* AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Zarządzania, Katedra Zarządzania w Energetyce

Sektor spożywczy, tak jak inne sektory gospodarki, podlega globalizacji wymuszającej dostarczanie konsumentom dużych ilości taniej żywności. Obecnie jest ona produkowana przez wielkoobszarowe gospodarstwa rolne i wielkotowarowe fermy hodowlane, często powiązane (kapitałowo i organizacyjnie) z dużymi przetwórniami surowców roślinnych i zwierzęcych oraz międzynarodowymi sieciami handlowymi. Zarówno surowce, jak i gotowe produkty są przemieszczane po całym świecie transportem lądowym, morskim i powietrznym. Wymaga to produkcji artykułów o długiej przydatności do spożycia i zabezpieczonych przed uszkodzeniami w transporcie. Spełnienie wymagań ilościowych i jakościowych stawianych przed sektorem spożywczym przez globalny rynek wymusza stosowanie różnego rodzaju środków chemicznych, m.in. nawozów mineralnych, środków ochrony roślin, leków weterynaryjnych, substancji dodawanych do żywności. Sektor musi więc współpracować z przemysłem chemicznym, jak również z innymi podmiotami produkującymi materiały opakowaniowe.

Mimo ewidentnych korzyści z takiej współpracy należy zwrócić uwagę na niebezpieczeństwa, jakie niesie współczesny przemysł spożywczy dla konsumentów bezpośrednio oraz przez zanieczyszczenie środowiska – pośrednio. Niektóre środki chemiczne bowiem mogą przedostawać się do gleby, wody i powietrza, a stamtąd do organizmów roślin uprawnych i zwierząt hodowlanych, a w końcu do organizmu człowieka, stwarzając zagrożenie dla jego zdrowia i życia. Dlatego w celu ochrony konsumentów wprowadzane są przepisy określające, które związki chemiczne mogą być stosowane, jakie są dopuszczalne normy ich zawartości w surowcach roślinnych, zwierzęcych i gotowych produktach spożywczych. Niestety dążąc do maksymalizacji zysków, wielu producentów, przetwórców i handlowców nie przestrzega obowiązujących przepisów, a duża liczba podmiotów działających w branży nie pozwala na wykrycie wszystkich nieprawidłowości przez organy urzędowej kontroli żywności. W rezultacie występują coraz liczniejsze przypadki niekorzystnego wpływu substancji szkodliwych na zdrowie konsumentów. Sytuację pogarsza niewiedza konsumentów o występujących zagrożeniach, wynikająca z braku nawyku czytania informacji na etykietach środków spożywczych umieszczanych na opakowaniach.

W rozdziale zostały omówione negatywne skutki stosowania związków chemicznych w produkcji, przetwórstwie i handlu żywnością oraz wyniki badań własnych dotyczących świadomości konsumentów odnośnie do ich występowania. Badania przeprowadzono na 216-osobowej grupie studentów.

## 2. PRODUKCJA ŻYWNÓŚCI

Podstawowa produkcja żywności pochodzenia roślinnego odbywa się w gospodarstwach rolnych, ogrodach i sadach, natomiast produkcją żywności pochodzenia zwierzęcego zajmują się fermy hodowlane i gospodarstwa rybackie. W produkcji roślinnej stosuje się dwie grupy środków chemicznych: nawozy mineralne i środki ochrony roślin. Nawozy azotowe, fosforowe i potasowe stosowane są w celu zwiększenia plonów, a nawozy wapniowe w celu obniżenia kwasowości gleb. W tabeli 1 zamieszczono dane o ilości zużytych w Polsce w latach 2002–2017 nawozów mineralnych lub chemicznych w przeliczeniu na czysty składnik.

**Tabela 1**

Zużycie w [kg/ha] nawozów mineralnych lub chemicznych w Polsce w latach 2002–2017

Nawozy	Rok					
	2002	2005	2010	2015	2016	2017
Nawozy azotowe	49,2	62,6	75,5	72,6	80,0	81,5
Nawozy fosforowe	17,9	27,8	28,3	22,7	23,9	23,4
Nawozy potasowe	22,3	33,2	31,5	36,6	38,7	38,7
Ogółem	89,5	123,6	135,3	131,9	142,6	143,6

Źródło: (GUS 2019)

Z danych zamieszczonych w tabeli 1 wynika, że w latach 2002–2017 zużycie wszystkich nawozów mineralnych lub chemicznych wzrosło o ponad 60%, w tym azotowych o około 66%, potasowych o około 74%, a fosforowych o nieco ponad 30%. Zużycie nawozów mineralnych lub chemicznych w 2017 roku plasowało Polskę (z wynikiem 143,6 kg/ha) na trzecim miejscu w Unii Europejskiej, po Belgii (188 kg/ha) i Holandii (165,9 kg/ha). Jak wynika z tabeli 1 największy udział w ogólnym zużyciu nawozów przypada na nawozy azotowe. W ostatnim badanym roku pod względem ich zużycia Polskę (z wynikiem 81,5 kg/ha) wyprzedzały: Holandia (145,6 kg/ha), Belgia (128,4 kg/ha), Czechy (104 kg/ha), Luksemburg (103,5 kg/ha) i Niemcy (89,7 kg/h) (GUS 2019). Jednak spośród wymienionych to nawozy azotowe wywierają najbardziej negatywny wpływ na zdrowie konsumentów, ponieważ w postaci azotynów przedostają się do organizmów roślinnych i zwierzęcych, a następnie – do gotowych artykułów spożywczych (Ossowska 2017). Z tego powodu Parlament Europejski i Rada UE w 2016 roku wprowadziły *Dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady UE nr 2016/2284 z dnia 14 grudnia 2016 r. w sprawie redukcji krajowych emisji niektórych rodzajów zanieczyszczeń atmosferycznych*, zmiany dyrektywy 2003/35/WE oraz uchylenia dyrektywy 2001/81/WE, nakazującą krajom członkowskim redukcję tlenków azotu w stosunku do roku 2005. Skutkiem wdrażania tej dyrektywy stała się redukcja zużycia nawozów azotowych m.in. w Niemczech ze 105,4 kg/ha w roku 2002 do 89,7 kg/ha w roku 2017 (GUS 2019).

Oprócz nawozów w rolnictwie stosowane są środki ochrony roślin (pestycydy). Ich celem jest przede wszystkim ochrona upraw przed różnymi szkodnikami. Wykorzystywane są również jako regulatory wzrostu zapobiegające wyleganiu zbóż. Szczególnie dużo używa się ich w uprawie organizmów genetycznie modyfikowanych (GMO), takich jak soja, pszenica i ryż. Jak wynika z danych zamieszczonych w tabeli 2, w latach 2010–2017 zużycie substancji czynnych zawartych w tych środkach wzrosło prawie o 29%. Największy wzrost odnotowano w środkach owadobójczych (o ponad 18%) (GUS 2018), które mogą być jedną z ważniejszych przyczyn zmniejszania się liczby pszczół. Prawie zaprzestano używania środków gryzoniobójczych, gdyż zatrute gryzonie były przyczyną śmierci ptaków żywiących się nimi.

**Tabela 2**

Sprzedaż w [Mg] środków ochrony roślin w Polsce w latach 2010–2017

Wyszczególnienie	Rok			
	2010	2015	2016	2017
Owadobójcze	2995	4687	4569	5440
Grzybobójcze zaprawy nasienne	12 867	18 268	18 253	17 429
Chwastobójcze	30 228	38 799	39 544	43 030
Regulatory wzrostu	3014	4293	4251	4261
Gryzoniobójcze	147	56	46	1
Pozostałe	2412	1195	1443	1285
Substancje czynne w środkach	19 449	24 006	24 463	25 075

Źródło: (GUS 2018) – tabela 23

Środki ochrony roślin są znacznie bardziej szkodliwe dla zdrowia ludzi niż nawozy sztuczne. Mogą one powodować zatrucia w czasie stosowania ich przez ludzi nieposiadających wiedzy i niedysponujących odpowiednim sprzętem i środkami ochrony osobistej (Michota-Katulska i in. 2015; Paluch, Nowakowicz-Dębek 2019), szczególnie duże zagrożenie stanowią dla dzieci (Biernasiak i in. 2010; Grotowska i in. 2018). Zbiory plonów roślin opryskiwanych środkami ochrony roślin mogą odbywać się dopiero po okresie karencji, gdyż w przeciwnym razie są szkodliwe dla zdrowia, a nawet życia konsumentów. Jak podaje Europejski Urząd Statystyczny, stosowanie środków ochrony roślin powoduje, że blisko 50% owoców i zbóż jest zanieczyszczonych pochodnymi pestycydów, w tym 25% co najmniej dwoma ich rodzajami. Zanieczyszczona jest także żywność dla niemowląt (Michota-Katulska i in. 2015). W tabeli 3 zamieszczono wykaz najczęściej stosowanych pestycydów i skutki ich działania na organizm ludzki. Potencjalne działania pestycydów na organizm mogą wystąpić na wszystkich etapach życia człowieka, co ilustruje tabela 4. Szczególnie groźne dla przyszłych pokoleń są skutki wywołane w organizmach kobiet i mężczyzn w wieku prokreacyjnym, gdyż mogą one wpływać na rozrodczość i zdrowie przyszłego potomstwa.

**Tabela 3**

Wykaz pestycydów wpływających na modyfikację epigenetyczną oraz wywołane przez nią nowotwory

Pestycyd	Rodzaj modyfikacji	Choroba
Arsen, DDT, Metoksychlor, Permetryna, TCCD	zmiany metylacji DNA	nowotwory: mózgu, jajników, szyjki macicy, nerek wątroby, płuc
Dieldryna, Parakwat, Propoksur	modyfikacja histonów	białaczka
Dichlorvus, Fipronil, Furgicydy	zmiana profilu ekspresji miRNA	nowotwór prostaty

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Grotowska i in. 2018)

**Tabela 4**

Potencjalne skutki działania herbicydów na organizmy ludzkie

Etap życia	Skutki działania
Przed poczęciem	<ul style="list-style-type: none"> <li>– przyszli ojcowie: zwiększone prawdopodobieństwo wystąpienia wad wrodzonych u potomstwa, pogorszenie jakości nasienia, zaburzenia rozwojowe u potomstwa: anemia, choroby skóry, wysypki i alergia</li> <li>– przyszłe matki: wpływ na rozrodczość i późniejszą kondycję zdrowotną dzieci, zaburzenia jajczkowania i wydłużony czas potrzebny na zajście w ciążę, zwiększenie możliwości wystąpienia białaczki limfoblastycznej u dzieci</li> </ul>
Ciąża	<ul style="list-style-type: none"> <li>– prawdopodobieństwo urodzenia dziecka z wadami rozwojowymi: niedowaga pourodzeniowa i zaburzenia rozwoju kończyn</li> <li>– występowanie u potomstwa białaczek, glejaków, nerwiaków, rozwój chorób tarczycy</li> <li>– zaburzenia związane z funkcjonowaniem ośrodkowego układu nerwowego: zmiany orientacji płciowej, deficyty pamięci, problemy z koncentracją i nadpobudliwość, rozszczypty kręgosłupa i hydrocefalia</li> <li>– zwiększone ryzyko poronień</li> </ul>
Dzieciństwo i młodość	<ul style="list-style-type: none"> <li>– znaczące ryzyko wystąpienia nowotworów</li> <li>– zaburzenia poznawcze i behawioralne związane z zaburzeniami rozwojowymi mózgu</li> <li>– ADHD</li> </ul>
Dorosłość	<ul style="list-style-type: none"> <li>– objawy charakterystyczne dla choroby Parkinsona z objawami depresji, niepokoju, znużenia, zaburzenia funkcjonowania szlaków dopaminergicznych, zaburzenia pamięci, opóźnienie czynności percepcyjno-ruchowych, polineuropatia czuciowo-ruchowa i zwiększona zapadalność na pozagałkowe zapalenie nerwu wzrokowego, zachorowalność na Alzheimerera lub wystąpienie otępienia starczego</li> <li>– spadek poziomu testosteronu lub estradiolu, który bierze udział w określaniu płci i wpływa na zachowania płciowe dorosłego organizmu</li> <li>– inne zaburzenia, takie jak: choroby tarczycy, immunogenność i reakcje zapalne, zachorowania na astmę, alergiczny nieżyt nosa, cukrzyca</li> </ul>

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Piechowicz 2013)

Nowoczesna hodowla to wielkotowarowy i intensywny chów zwierząt gospodarskich, takich jak bydło, trzoda chlewna i drób. Jest ona prowadzona w dużym zagęszczeniu, które przyczynia się do wzrostu problemów zdrowotnych u zwierząt. Z tych względów hodowcy coraz częściej sięgają po leki weterynaryjne, w tym antybiotyki. Są one stosowane jako zapobiegające i leczące infekcje bakteryjne oraz jako promotory wzrostu. Zapobieganie i leczenie infekcji bakteryjnych polega na stosowaniu antybiotyków w formie iniekcji, doustnie lub drogą pozajelitową tylko osobnikom z objawami chorobowymi. Taka forma leczenia możliwa jest tylko w stadach zwierząt liczących do 30 tys. sztuk brojlerów lub 100 sztuk świń. W stadach większych w celu zapobiegnięcia rozprzestrzenianiu się zakażeń bakteryjnych leki podawane są wraz z paszą lub wodą całemu stadu w chwili wystąpienia objawów u kilku sztuk (Biernasiak i in. 2010). Drugi sposób stosowania antybiotyków w hodowli zwierząt to systematyczne aplikowanie ich zwierzętom w celu poprawy ich wzrostu, lepszego wykorzystania paszy oraz

zmniejszenia liczby upadków. Są one nazywane antybiotykowymi stymulatorami wzrostu (ASW) (Przeniosło-Siwczyńska, Kwiatek 2013).

Stosowanie antybiotyków w żywieniu zwierząt staje się przyczyną problemów zdrowotnych u konsumentów. W 1997 r. Komisja Europejska przedstawiła raport opisujący zagrożenia związane z antybiotykami paszowymi. Były to przede wszystkim: szybsze rozprzestrzenianie się opornych bakterii u zwierząt, przenoszenie opornych bakterii patogennych na ludzi poprzez kontakt ze zwierzętami lub produktami zwierzęcymi i wzrost liczby infekcji wywołanych przez bakterie oraz potencjalne trudności w leczeniu ludzi i zwierząt. Takie zagrożenia związane są z pojawieniem się wysokiej oporności bakterii izolowanych od zwierząt (*Salmonella*, *Campylobacter*, *Enterococcus*, *E-coli*). W związku z pojawiającymi się zagrożeniami 1 stycznia 2006 r. wszedł całkowity zakaz stosowania ASW w żywieniu zwierząt. Skutkiem tego zakazu jest częstsze stosowanie antybiotyków przez hodowców i lekarzy weterynarii w leczeniu zwierząt (Baus i Michalska 2018; Biernasiak i in. 2010).

Grela i Semeniuk (2006) podali dobre praktyki związane z żywieniem zwierząt hodowlanych po wycofaniu ASW:

- „zwiększenie strawności i dostępności składników pokarmowych z mieszanek poprzez odpowiedni dobór materiałów paszowych, zastosowanie zabiegów termoplastycznych, dodatek preparatów enzymatycznych lub natłuszczenie pasz;
- optymalizacja poziomu składników odżywczych, dopracowanie tzw. składu białka idealnego w zależności od gatunku, wieku lub stanu fizjologicznego zwierząt, z wykorzystaniem krystalicznych aminokwasów egzogennych;
- ograniczenie występowania substancji antyodżywczych w poszczególnych środkach żywienia zwierząt (hodowla nowych odmian zbóż, nasion roślin strączkowych i oleistych, zastosowanie technologicznego uzdatniania pasz);
- bacniejsze zwrócenie uwagi na higienę wody, pasz i żywienia, zwłaszcza minimalizację występowania i szkodliwego oddziaływania mikotoksyn, dioksyn itp.,
- dostarczanie zwierzętom biodostępnych witamin i składników mineralnych,
- wykorzystanie alternatywnych, bezpiecznych dodatków paszowych”.

Ważne jest tak dobierać pasze i dodatki, aby zawarte w nich składniki odżywcze i substancje czynne stymulowały wydajniejszą produkcję przy zachowaniu pełnych walorów bezpieczeństwa żywienia oraz produkcji żywności (Grela, Semeniuk 2006).

Wprowadzenie zakazu stosowania ASW jest konsekwencją częstego leczenia zwierząt antybiotykami. Raport ECDC/EFSA/EMA opisuje konsumpcję substancji przeciwbakteryjnych i występowanie antybiotykooporności wśród bakterii izolowanych od ludzi oraz zwierząt będących pokarmem dla ludzi. Wynika z niego, że spośród krajów europejskich najwięcej antybiotyków w rolnictwie stosuje Hiszpania. W 2014 r. było to 2964 Mg substancji aktywnych, podczas gdy ludzie spożywali 327 Mg. Wówczas w Polsce zużyto w hodowli zwierząt 578 Mg antybiotyków, a przez ludzi zostało przyjętych 263 Mg (Raport EFSA). Nie jest jednak możliwe całkowite wyeliminowanie antybiotyków z organizmów zwierząt hodowlanych, gdyż znajdują się one w wodach powierzchniowych, a nawet w wodzie pitnej (Baus, Michalska 2018).

### 3. PRZETWÓRSTWO ŻYWNOŚCI

Większość produktów spożywczych wymaga przetworzenia przed dostarczeniem ich konsumentom. Przetwórstwem zajmuje się przemysł (w tym rzemiosło), gastronomia, a także gospodarstwa domowe. Przemysł spożywczy zużywa najwięcej związków chemicznych. Można je zaliczyć do dwóch grup: opakowania z tworzyw sztucznych oraz substancje dodatkowe dodawane do żywności w procesach przetwórczych.

Opakowania żywności muszą spełniać wiele funkcji, z których najważniejszymi są: ochrona przed kontaktem ze środowiskiem zewnętrznym (zabezpieczenie przed zepsuciem) w czasie transportu, dostaw i magazynowania; dostarczenie informacji o jej składzie i wartości odżywczej.

Do pakowania żywności wykorzystywane są różne materiały. Za najlepsze do pakowania żywności płynnej (np. mleko, śmietana, soki) uważa się szkło, ponieważ nie zmienia smaku i zapachu produktów. Ma ono jednak wady, takie jak: duża masa; łatwość uszkodzenia; wysoki koszt przetwarzania zużytych opakowań. W odróżnieniu od szkła papier jest opakowaniem lekkim i tanim, lecz mało trwałym. Jest używany do pakowania produktów suchych i sypkich (np. mąki, cukru, kasz i przypraw) oraz wędlin, sera żółtego, chleba, krojonych w sklepach. Ograniczenia dla opakowań z najbardziej ekologicznych materiałów – szkła i papieru – sprawiają, że powszechnie stosowane są opakowania jedno- i wielowarstwowe z tworzyw sztucznych oraz metalu.

Powszechnie stosowane opakowania z tworzyw sztucznych (polipropylenu – PP, polietylenu – PE i poliwęglanu – PC) mają wiele zalet. Są bardzo plastyczne, co pozwala nadawać im skomplikowane kształty, lekkie, tanie, łatwe do uszczelnienia i trwałe. W czasie wytwarzania takich opakowań stosuje się wiele rodzajów substancji chemicznych potrzebnych do prawidłowego przebiegu procesu produkcyjnego, zapewniającego odpowiednie właściwości i walory estetyczne opakowań. W procesach produkcyjnych wykorzystywane są łatwo rozpuszczalne związki niskocząsteczkowe, które mogą przechodzić z opakowania do żywności. Wielkość migracji zależy od temperatury, czasu kontaktu opakowania z produktem żywnościowym oraz składu chemicznego tego produktu (Włodarska 2017). Powszechnie dodawanym związkiem chemicznym do produkcji opakowań jest bisfenol A (BPA) związek organiczny należący do grupy fenoli. Związek ten powstaje w reakcji fenolu z acetonem, w warunkach wysokiej temperatury, niskiego pH i przy udziale katalizatorów. Jest stosowany do produkcji opakowań z tworzyw sztucznych, które są przezroczyste i lekkie, takich jak np. butelki dla dzieci, plastikowe butelki i pojemniki do przechowywania żywności. BPA jest również składnikiem lakierów do powlekania wnętrza metalowych puszek do żywności i powłok zbiorników wody pitnej (Łaszczyca i in. 2015). Związek ten w niewielkich ilościach przedostaje się do żywności w wyniku uszkodzenia opakowania oraz w czasie działania wysokiej temperatury (np. podczas podgrzewania opakowania z produktem spożywczym). Prawdopodobieństwo przedostania się BPA do żywności zwiększa się, gdy produkt jest płynem kwaśnym lub zasadowym (np. soki, zakwasy) przy częstym użytkowaniu opakowania (wielokrotne mycie butelek jednorazowych wodą) lub podczas uszkodzenia mechanicznego (zgniatanie butelki) (Rogała 2016).



Badania wykazały, że nawet niewielka ilość BPA jest szkodliwa dla organizmu człowieka. W tabeli 5 zamieszczono informacje o schorzeniach i objawach, jakie występują w poszczególnych układach i narządach w wyniku działania BPA.

Tabela 5

Schorzenia i objawy występujące w poszczególnych układach i narządach w wyniku działania BPA

Układ lub narząd	Objawy	Schorzenie
Układ hormonalny	zakłócone wydzielanie, transport oraz metabolizm poszczególnych hormonów	otyłość, cukrzyca
Układ rozrodczy	u kobiet zespół policystycznych jajników, zaburzenia rozwoju narządów rodnych i płodności, trudności z zajściem i utrzymaniem ciąży, zagrożenie zachorowania na raka u mężczyzn spadek jakości nasienia, spadek popędu płciowego, zagrożenie zachorowania na raka	bezpłodność, rak jajników i macicy u kobiet, rak prostaty u mężczyzn
Układ oddechowy	problemy z oddychaniem poprzez drażniące działania	astma
Układ immunologiczny	słaba odporność nienarodzonych dzieci w łonie matki i niemowlaków	spadek odporności
Układ krwionośny	skoki ciśnienia oraz zmienność rytmu serca	nadciśnienie tętnicze, zaburzenia rytmu serca
Układ nerwowy	niepokój, wycofanie, problemy społeczne, depresja	zaburzenia zachowania
Trzustka	podniesiony poziom cukru we krwi	cukrzyca typu 2
Skóra	reakcja alergiczna	alergia

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Rogała 2016)

W związku z tym wiele krajów zdecydowało się wprowadzić zakaz produkcji opakowań zawierających ten związek chemiczny. Do tej pory stosowanie BPA zostało zakazane w Korei Południowej, Japonii, Kanadzie i niektórych stanach USA (np. Kalifornii). Niektóre kraje europejskie również wprowadziły zakaz stosowania BPA, jednak Polska jak na razie nie jest jednym z nich. Konsumenci muszą sami świadomie podejmować decyzje zakupowe i szukać opakowań z oznaczeniem *BPA free* lub *Bisfenol A free*. Informacja taka zazwyczaj umieszczana jest na spodzie opakowania. Produkty, w których zastosowano BPA, są oznaczone symbolem *PC* lub cyfrą 7 (Łaszczyna i in. 2015). W tabeli 6 zamieszczono znaczenie symboli umieszczanych na opakowaniach z tworzyw sztucznych.

Tabela 6

Znaczenie symboli umieszczanych na opakowaniach z tworzyw sztucznych

Oznaczenie	Charakterystyka opakowania
01 – PET	Jedno z najczęściej spotykanych oznaczeń. Znajdziemy je na naczyniach jednorazowego użytku oraz wielu opakowaniach, np. na butelkach wody mineralnej. Niektóre źródła podają, że <b>opakowań wykonanych z tego tworzywa nie powinno się używać ponownie</b>
02 – HDPE	Opakowania z tym oznaczeniem nadają się do przechowywania żywności i <b>możemy używać ich wielokrotnie</b> . Symbol znajdziemy na butelkach na mleko, opakowaniach na chemię gospodarczą, na kontenerach na śmieci oraz rurach
03 – PVC	Jest szkodliwy dla zdrowia i może wydzielać toksyny. W procesie spalania PVC wydzielają się niebezpieczne dioksyny. <b>Jego stosowanie w kontakcie z żywnością zostało znacząco ograniczone</b> . Jest używany powszechnie do wyrobu opakowań na produkty niespożywcze, a także rur, stolarki okiennej, wykładzin podłogowych czy sprzętu medycznego, np. strzykawek
04 – LDPE	Stosunkowo bezpieczny polietylen o małej gęstości. Używany do produkcji wielu rodzajów opakowań do żywności. Jest bezwonny i uznawany za całkowicie obojętny fizjologicznie. Mało odporny na wysokie temperatury. <b>Dozwolony jest do powtórnego użytku, jednak uważany za mniej bezpieczny niż tworzywa 2 i 5</b> . Wykorzystywany do produkcji torebek foliowych, folii spożywczej oraz opakowań na ketchup czy musztardę
05 – PP	<b>Uznawany jest za jeden z najbezpieczniejszych</b> . Uznawany za obojętny fizjologicznie pod warunkiem niepodgrzewania go do bardzo wysokich temperatur, które powodują jego szybki rozkład. Podatny na zgrzewanie. Często stosowany do produkcji opakowań na żywność, zwłaszcza kubeczków na jogurty, pudełek na margarynę czy zakrętek do butelek
06 – PS	<b>Może wydzielać toksyny i nie powinien być stosowany jako opakowanie do żywności</b> . Nie stosuje się go do produkcji opakowań żywnościowych zawierających tłuszcze. Obecny jest np. w jednorazowych kubkach na kawę, jednorazowej zastawie stołowej lub w pojemnikach na jedzenie na wynos. Najpopularniejszą odmianą tego tworzywa jest styropian
07 – inne plastiki	<b>Kategoria, w której znajdziemy wiele niebezpiecznych dla naszego zdrowia związków, m.in. bardzo toksyczny bisfenol A (BPA)</b> . Nie nadaje się do powtórnego użycia (chyba że zawiera dodatkową informację BPA Free lub BPA 0%). Nie nadaje się do podgrzewania w mikrofalówkach

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Jakub 2020)

Z dokonanego przeglądu wynika, że chemizacja w sektorze spożywczym jest przyczyną wielu zagrożeń dla zdrowia i życia konsumentów i może stać się jeszcze niebezpieczniejsza dla przyszłych pokoleń. Aby temu zapobiec, niektóre związki powinny być wycofane, a inne poddane rygorystycznym przepisom dotyczącym przypadków stosowania i warunków, w jakich może się to odbywać. Przepisy obecnie obowiązujące są zbyt liberalne i nie zostaną prędko zmienione, jeśli nie będzie nacisku opinii publicznej, a konsumenci nie przestaną kupować

artykułów zawierających szkodliwe związki chemiczne. Aby tak się stało, konsumenci muszą mieć świadomość potencjalnych zagrożeń, co zostało zbadane na grupie studentów Wydziału Zarządzania AGH w 2019 roku.

#### 4. BADANIE ŚWIADOMOŚCI KONSUMENTÓW O ZAGROŻENIACH WYNIKAJĄCYCH Z CHEMIZACJI W SEKTORZE SPOŻYWCZYM

Badanie przeprowadzono na 216-osobowej niereprezentatywnej próbie (104 kobiety i 112 mężczyzn). Odsetki wybranych wariantów odpowiedzi oraz wyniki testu niezależności zamieszczono w tabeli 7.

**Tabela 7**

Odsetki wariantów odpowiedzi wybranych przez ogół respondentów, kobiety i mężczyzn

Pytanie	Warianty odpowiedzi	Odsetki odpowiedzi		
		Ogół	Kobiety	Mężczyźni
Czy uważa Pani/Pan, że żywność sprzedawana w sklepach jest bezpieczna dla zdrowia?	Tak	11,14	6,73	15,18
	Raczej tak	59,26	61,54	57,14
	Raczej nie	24,50	27,88	21,43
	Nie	5,10	3,85	6,25
	<b>Test niezależności</b> $p = 0,16 > 0,05$			
Czy Pani/Pana zdaniem spożywanie żywności modyfikowanej genetycznie zwiększa ryzyko pojawienia się u ludzi nowych chorób i alergii?	Tak	26,4	31,73	21,43
	Raczej tak	44,0	51,92	36,61
	Raczej nie	23,1	16,35	29,46
	Nie	6,5	0,0	12,5
	<b>Test niezależności</b> $p = 0,00 < 0,05$			
Czy Pani/Pana zdaniem w hodowli zwierząt powinno się stosować pasze zawierające GMO?	Tak	10,2	1,92	17,86
	Raczej tak	49,1	66,35	33,04
	Raczej nie	39,8	30,77	48,21
	Nie	0,9	0,96	0,89
	<b>Test niezależności</b> $p = 0,00 < 0,05$			
Czy Pani/Pana zdaniem wiedza konsumentów o stosowanych w produktach spożywczych substancjach dodatkowych jest wystarczająca?	Tak	1,4	0	2,68
	Raczej tak	14,81	12,5	16,96
	Raczej nie	43,52	48,08	39,29
	Nie	40,27	39,42	41,07
	<b>Test niezależności</b> $p = 0,22 > 0,05$			

Tabela 7 cd.

Czy Pani/Pana zdaniem dopuszczalne jest stosowanie antybiotyków u zwierząt rzeźnych?	Tak	7,9	1,92	13,39
	Raczej tak	23,6	18,27	28,57
	Raczej nie	31,1	32,69	27,68
	Nie	38,4	47,12	30,36
	<b>Test niezależności</b> $p = 0,00 < 0,05$			
Czy Pani/Pana zdaniem związki chemiczne z opakowań plastikowych mogą przechodzić do pakowanej żywności?	Tak	28,7	33,65	24,11
	Raczej tak	35,6	40,38	31,25
	Raczej nie	25,9	17,31	33,93
	Nie	9,8	8,65	10,71
	<b>Test niezależności</b> $p = 0,03 < 0,05$			

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników ankiety

Opinia ankietowanych na temat bezpieczeństwa żywności sprzedawanej w sklepach była bardzo dobra, gdyż większość (70,4%) respondentów oceniła ją jako bezpieczną (odpowiedzi „tak” i „raczej tak”). Niemniej jednak ponad połowa (59,26%) miała wątpliwości (odpowiedzi „raczej tak”). Kobiety wyrażały mniejsze zaufanie do bezpieczeństwa żywności (68,27%) niż mężczyźni (72,32%), lecz nie jest to różnica statystycznie istotna. Dla porównania odpowiedzi na to samo pytanie zadane w tym samym środowisku w 2016 r. były następujące: 73,5% odpowiedzi pozytywnych wśród ogółu badanych, 72,7% wśród kobiet i 74,5% wśród mężczyzn (Iwaszczuk, Szyba 2019). Widać, że nastąpił niewielki spadek zaufania do bezpieczeństwa sprzedawanej żywności.

Pytania o stosowanie GMO dotyczyły zarówno ludzi, jak i zwierząt hodowlanych. Większość (bo 70,4%) respondentów sądzi, że spożywanie żywności zmodyfikowanej genetycznie zwiększa ryzyko pojawienia się u ludzi nowych chorób i alergii (odpowiedzi „tak” i „raczej tak”). W tym przypadku 26,4% respondentów jest tego pewna. Natomiast tylko 6,48% nie ma takich obaw. Świadczy to o tym, że większość nie akceptuje stosowania GMO w produktach spożywczych. Występuje istotna różnica w poglądzie kobiet, które udzieliły 83,65% odpowiedzi twierdzących, i mężczyzn – 58,04% takich odpowiedzi. Zaskakujący wynik jednak został otrzymany w odpowiedzi na pytanie o stosowanie GMO w paszach dla zwierząt hodowlanych, ponad połowa (59,26%) respondentów bowiem wyraziła swoją akceptację. Takiego zdania było 68,27% kobiet i 50,9% mężczyzn, przy czym jest to różnica statystycznie istotna. Akceptacja przez większość respondentów pasz z GMO po odpowiedziach udzielonych na poprzednie pytanie jest zaskakująca i trudna do wyjaśnienia. Ponieważ pytania były zadawane w innej kolejności, niż są prezentowane w niniejszym opracowaniu, może to świadczyć o braku świadomości, że zagrożenia wynikające z GMO mogą przenosić się z organizmów zwierzęcych na ludzi.

Na pytanie o dopuszczalność stosowania antybiotyków w żywieniu zwierząt rzeźnych było 69,5% odpowiedzi przeczących. Odsetek kobiet nieakceptujących takich praktyk wynosił

80,08%, a mężczyzn 57,94%. Różnica była istotna statystycznie. Na taki wynik miał zapewne wpływ stan wiedzy o tym, czym są antybiotyki, i że efektem nadmiernego ich stosowania może być antybiotykooporność szczepów bakterii chorobotwórczych.

Kolejnym ważnym wynikiem było to, że respondenci bardzo nisko ocenili swoją wiedzę o stosowanych w produktach spożywczych substancjach dodatkowych, o czym świadczy aż 83,79% odpowiedzi „raczej nie” i „nie”. Zaledwie trzej mężczyźni (1,4% ankietowanych) odpowiedzieli, że wiedza ta jest wystarczająca. Odpowiedzi mężczyzn i kobiet nie różniły się statystycznie.

Większość (64,3%) odpowiedzi twierdzących na pytanie o możliwość przedostawania się do żywności związków chemicznych z opakowań plastikowych świadczy o tym, że wiedza o własnościach tworzyw sztucznych jest wysoka. Odpowiedzi pozytywnych było wśród kobiet 74,03%, a wśród mężczyzn 55,36%. Różnica jest statystycznie istotna. Niemniej (9,8%) pytanym jest zdania, że takie niebezpieczeństwo nie istnieje.

## 5. WNIOSKI

Produkty przemysłu chemicznego powszechnie stosowane w sektorze spożywczym zapewniają wyższe plony i przedłużają trwałość gotowych do spożywania artykułów spożywczych, co umożliwia handel nimi na globalnym rynku żywności. Jednocześnie produkty te lub ich pochodne, dostając się do organizmów ludzkich, powodują choroby i alergię. Szczególnie groźny jest ich wpływ na komórki rozrodcze i młode organizmy. Wiedza o tym negatywnym oddziaływaniu jest powszechna w środowiskach medycznych i pod ich wpływem wprowadzane są regulacje ograniczające stosowanie środków ochrony roślin (np. pestycydów, herbicydów), antybiotyków dodawanych do pasz dla zwierząt, niektórych substancji dodatkowych do żywności (np. barwników syntetycznych, konserwantów) oraz związków poprawiających własności technologiczne tworzyw sztucznych używanych do pakowania żywności (np. BPA).

Wiedza konsumentów o negatywnych skutkach chemizacji w sektorze spożywczym i wynikające z niej postawy przy zakupach mogą wpłynąć na zachowania producentów i przetwórców żywności. Ich świadome wybory, a zwłaszcza rezygnacja z niektórych produktów zawierających szkodliwe substancje, mogą zmusić producentów do zmian: w technologii produkcji, w oznakowaniu i opakowaniach. W przeciwnym razie spadek popytu na wyroby danego producenta może doprowadzić do jego upadku. Świadome wybory konsumentów przy zakupach to forma „rządzenia przez nich rynkiem”. Dużą rolę w wyborach konsumentów odgrywają mass media i media społecznościowe, dostarczające informacji o produktach. Opinia negatywna odbija się nie tylko na spadku sprzedaży i dochodów, lecz również na notowaniach giełdowych akcji tego producenta.

Badania ankietowe przeprowadzone wśród ludzi młodych posiadających co najmniej wykształcenie średnie pokazały, że istnieje wśród nich wątpliwość co do bezpieczeństwa sprzedawanej żywności. Obawiają się substancji dodatkowych do żywności, antybiotyków w paszach dla zwierząt i skutków spożywania artykułów z GMO. Nie są natomiast przeciwni stosowaniu GMO w paszach dla zwierząt. Większość ankietowanych ma świadomość tego, że opakowania tworzyw sztucznych mogą zanieczyszczać żywność.

## LITERATURA

- Baus T., Michalska A., 2018, *Obecność farmaceutyków w środowisku wodnym na przykładzie antybiotyków i ich wpływ na ekosystemy*, Inżynieria i Ochrona Środowiska, 22, 10, s. 89–99.
- Biernasiak J., Śliżewska K., Libudziński Z., 2010, *Negatywne skutki stosowania antybiotyków*, Postępy Nauk Rolniczych, 3, s. 105–117.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/2284 z dnia 14 grudnia 2016 r. w sprawie redukcji krajowych emisji niektórych rodzajów zanieczyszczeń atmosferycznych, zmiany dyrektywy 2003/35/WE oraz uchylecia dyrektywy 2001/81/WE, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 344/1.
- Greła E.R., Semeniuk V., 2006, *Konsekwencje wycofania antybiotykowych stymulatorów wzrostu w żywieniu zwierząt*, Medycyna Weterynaryjna, 62, 5, s. 502–507.
- Grotowska M., Janda K., Jakubczyk K., 2018, *Wpływ pestycydów na zdrowie człowieka*, Pommeranian Journal of Life Sciences, 64, 2, s. 42–50.
- GUS, 2018, *Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2018*, Warszawa.
- GUS, 2019, *Rocznik Statystyki Międzynarodowej 2019*, Warszawa.
- Iwaszczyk N., Szyba M., 2019, *Wpływ wybranych informacji o produktach spożywczych na decyzje zakupowe konsumentów: badanie różnic w zależności od płci i wykształcenia kupujących*, Problemy Jakości, 1, 2, s. 23–29.
- Jakub, 2020, *Oznaczenia plastiku, symbole na opakowaniach i ich znaczenie*, <https://pajlo.pl/oznaczenia-plastiku-symbole-na-opakowaniach-i-ich-znaczenie/> [dostęp: 16.07.2020].
- Majewski M., Anusz K., 2018, *Antybiotkooporność czynników zoonotycznych związanych z bezpieczeństwem żywności pochodzenia zwierzęcego*, Życie Weterynaryjne, 3, 20, s. 118–121.
- Michota-Katuliska E., Zegan M., Dziolak A., Boniecka I., 2015, *Pestycydy jako zagrożenie występujące w żywności*, Zagadnienia Doradztwa Rolniczego, 1, s. 40–50.
- Łaszczyca D., Paradowska K., Makarova K., 2015, *Zanieczyszczenie środowiska Bisfenolem A*, Biuletyn Wydziału Farmaceutycznego WUM, s. 1–5.
- Ossowska M., 2017, *Gospodarowanie nawozami azotowymi w Europie w kontekście ich wpływu na środowisko*, Inżynieria Środowiska, 47, s. 61–68.
- Paluch S., Nowakowicz-Dębek B., 2019, *Analiza ochrony zdrowia człowieka w związku ze stosowaniem środków ochrony roślin*, [w:] *Współczesne badania nad stanem środowiska i leczniczym wykorzystaniem roślin*, red. M. Chwil, M. Skoczyła, Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, s. 27–36.
- Piechowicz B., 2013, *Wpływ chemicznych środków ochrony roślin na zdrowie dzieci*, Bezpieczeństwo Pracy, 12, s. 22–24.
- Przeniosło-Siwczyńska M., Kwiatek K., 2013, *Dlaczego zakazano stosowania w żywieniu zwierząt antybiotykowych stymulatorów wzrostu*, Życie Weterynaryjne, 88, 20, s. 105–108.
- Report European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC), European Food Safety Authority (EFSA) and European Medicines Agency (EMA), 2017, *ECDC/EFSA/EMA second joint report on the integrated analysis of the consumption of antimicrobial agents and occurrence of antimicrobial resistance in bacteria from humans and food producing animals*.

Rogala D., Kulik-Kupka K., Spychała A., Śnieżek E., Janicka A., Moskalenko O., 2016, *Bisfenol A – niebezpieczny związek ukryty w tworzywach sztucznych*, Problemy Higieny i Epidemiologii, 97, 3, s. 213–219.

*Ustawa o warunkach zdrowotnych żywności i żywienia*, Dz.U. z 2001 r. Nr 63, poz. 634.

Włodarska A., 2017, *Kleje wykorzystywane w produkcji opakowań żywności i zabawek – aspekty prawne*, Acta Poligraphica, 9, s. 29–40.

#### CHEMICALIZATION OF THE FOOD SECTOR AND CONSUMER DECISIONS

**Summary:** The efficiency of modern agri-food industry largely depends on the amount of chemicals used. The most commonly used are: antibiotics, fertilizers, pesticides, packaging materials, food additives. Residues of these substances in groceries bought in stores are usually very small, but may have serious health consequences associated with their accumulation in the human body. The risk associated with eating contaminated food increases depending on the frequency of exposure and the dose of the toxic substance. Based on the analysis of literature, hazards to consumers associated with the chemization of food production and processing were discussed. The results of own surveys were also presented, which aimed to learn about consumers' knowledge about the chemicals used in the food sector.

**Keywords:** plant protection products, antibiotics, food additives

*Publikacja została sfinansowana przez Akademię Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie (subwencja na utrzymanie i rozwój potencjału badawczego).*

# CZEŚĆ III

## ZARZĄDZANIE ZASOBAMI NATURALNYMI PODSTAWĄ POLITYKI MAKROEKONOMICZNEJ





## GLOBALNY RYNEK SKROPLONEGO GAZU ZIEMNEGO. TENDENCJE ROZWOJU W XXI WIEKU

**Streszczenie:** Rynek skroplonego gazu ziemnego (LNG) jest przedmiotem zainteresowania ekspertów i analityków rynku surowców energetycznych, zarówno na poziomie krajowym, jak i międzynarodowym. Powodem jest wzrost udziału LNG w ogólnych dostawach gazu ziemnego, który ma wiele zalet w porównaniu z innymi surowcami energetycznymi. Do głównych zalet można zaliczyć takie: gaz ziemny jest „czystym” źródłem energii, bowiem przy jego spalaniu wydzielają się małe ilości gazów cieplarnianych; skroplony gaz ziemny jest towarem bardziej rynkowym niż gaz tradycyjny ze względu na szersze możliwości jego dostaw, w porównaniu z dostawami przez gazociągi. Ponieważ rynek gazu LNG jest mniej podatny na działania monopolistyczne, aktualnie stało się zbadanie jego koniunktury na podstawie analizy informacji o stosunku popytu i podaży, a także prognoz rozwoju rynku tego węgłowodoru.

**Słowa kluczowe:** zużycie energii, odnawialne źródła energii (OZE), udokumentowane zasoby gazu ziemnego, skroplony gaz ziemny, dostawy gazu, gazociągi, tankowce (metanowce)

### 1. WPROWADZENIE

Dynamiczny rozwój gospodarczy, obserwowany w ciągu ostatniej dekady (2009–2018) spowodował wzrost zapotrzebowania na energię, które wyniosło ponad 24%. Według Raportu *BP Statistical Review of World Energy* (2019) w 2018 r. gwałtownie również wzrosło globalne zużycie energii pierwotnej, napędzane gazem ziemnym i odnawialnymi źródłami energii. Zużycie energii pierwotnej wzrosło w tym czasie o 2,9%, czyli prawie dwukrotnie więcej niż dziesięcioletnia średnia wynosząca 1,5% rocznie, i jest najszybsze od 2010 r. Przy czym największą dynamiką wykazał się gaz ziemny, którego zużycie w ciągu ostatnich dziesięciu lat wzrosło o około 40%. W 2018 r. gaz również pozostał liderem, gdyż jego zużycie wzrosło o 195 mld m<sup>3</sup>, czyli o 5,3%, co stanowi jeden z najszybszych wskaźników wzrostu od 1984 roku (*BP Statistical Review of World Energy* 2019).

Gaz ziemny, nazywany „błękitnym paliwem”, jest obecnie najbardziej pożądanym na świecie surowcem energetycznym ze względu na jego liczne zalety, m.in.: łatwość technicznej regulacji i automatyzacji procesów wydobycia, transportu i konsumpcji; umiarkowanie niskie

---

\* Politechnika Krakowska, Kolegium Nauk Społecznych

\*\* Przykarpacki Uniwersytet Narodowy imienia Wasyla Stefanyka

koszty zakupu; obfitość zasobów; bezpieczeństwo użytkowania; wysoki stopień akceptacji społecznej; czystość oraz względnie niska emisja ditlenku węgla w procesie spalania (Kryzia 2016: 48). Znajduje on szerokie zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu, w energetyce i w gospodarstwach domowych. W ostatnich latach gaz ziemny, z powodu m.in. jego zalet ekologicznych i ekonomicznych, jest także coraz częściej wykorzystywany jako paliwo alternatywne w transporcie w postaci sprężonej CNG (ang. *Compressed Natural Gas* – sprężony gaz ziemny) oraz skroplonej LNG (ang. *Liquefied Natural Gas* – skroplony gaz ziemny) (Kuczyński i in. 2016: 92).

Zainteresowanie rynkiem skroplonego gazu ziemnego jako przedmiotem badań ekonomicznych wynika z kilku powodów:

- skroplony gaz jako towar występuje w postaci płynnej, co zapewnia mu bardziej racjonalny sposób transportu i przechowywania w porównaniu ze stanem skupienia gazowym;
- oprócz wykorzystania gazu na cele energetyczne (elektryczność i ciepło) istnieje też możliwość jego zastosowania jako paliwa silnikowego;
- gaz ziemny w ciekłym stanie skupienia nie jest wybuchowy i jednocześnie odporny na zapłon;
- może być dostarczany z dowolnego zakładu skraplania do dowolnego terminala regazyfikacyjnego, zlokalizowanego zarówno w przestrzeni kontynentalnej, jak i międzykontynentalnej;
- jego dostawy są bardziej zdywersyfikowane w porównaniu z dostawami tradycyjnymi – gazociągiem, może bowiem być w tym celu wykorzystany zarówno transport morski (tankowce/metanowce), jak i lądowy (cysterny kolejowe i drogowe);
- nie wymaga kosztownych inwestycji w rozbudowaną strukturę sieci gazociągów.

Zatem gaz LNG stał się towarem bardziej rynkowym niż gaz tradycyjny. Wobec zachodzących na globalnym rynku gazu ziemnego zmian celem badania stała się analiza jego koniunktury.

## 2. ZMIANY BILANSU ENERGETYCZNEGO ŚWIATA W OSTATNIEJ DEKADZIE XXI WIEKU

Gaz ziemny jest surowcem kopalnym, wykorzystywanym na równi z innymi surowcami kopalnymi (węgiel, ropa naftowa) w celu pozyskania energii elektrycznej i ciepłej, bez których współczesny świat nie mógłby funkcjonować. Jednak na skutek wprowadzenia w wielu krajach i regionach nowej polityki energetycznej (nastawionej na zapobieganie zanieczyszczeniu atmosfery i ocieplaniu klimatu) w ostatnich latach rola gazu uległa znaczącym zmianom. Głównym ich powodem jest to, że podczas spalania gazu ziemnego do atmosfery przedostaje się o wiele mniej gazów cieplarnianych niż w przypadku spalania węgla czy ropy. Z tego względu gaz uważa się za najbardziej ekologiczne paliwo kopalne.

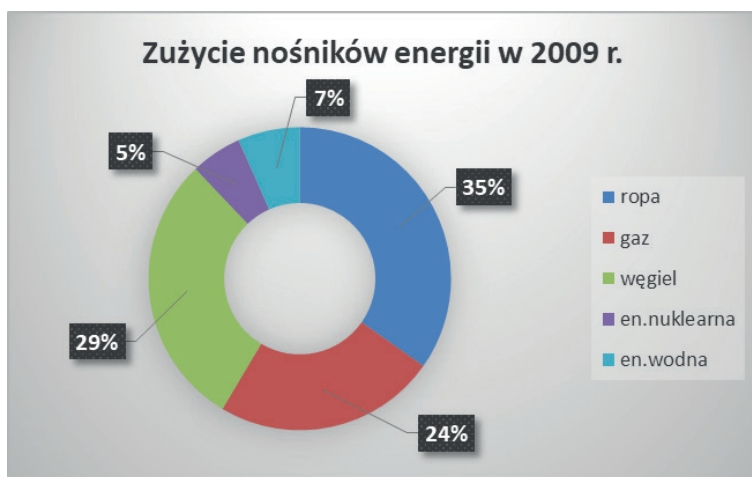
Do kopalnych nośników energii zalicza się również uran, jednak jego wykorzystanie budzi często sprzeciw w lokalnych społecznościach, m.in. z powodu awarii elektrowni atomowych w Czarnobylu i Fukushima. Ponadto nie wiadomo, jakie będą krótko- i długoterminowe skutki

połowicznego rozpadu izotopów zawartych w zeskładowanych odpadach radioaktywnych, będących produktem ubocznym działalności elektrowni atomowych.

Dlatego w XXI wieku zarówno rządy poszczególnych państw, jak i organizacje międzynarodowe coraz większą uwagę kierują ku odnawialnym źródłom energii (OZE), do których zalicza się energię słońca, wody, wiatru i ziemi. Niestety rozwój energetyki odnawialnej (nazywanej „zieloną”) na danym etapie jest niewystarczający, albowiem nie może zaspokoić rosnącego zapotrzebowania na energię. Co więcej, koszt jej pozyskania jest wyższy niż energii ze źródeł tradycyjnych. Wobec tego coraz więcej krajów idzie w kierunku wykorzystania „czystego” kopalnego źródła energii, jakim jest gaz ziemny.

Międzynarodowa Agencja Energetyczna (MAE) (ang. *International Energy Agency*, IEA) w raporcie *World Energy Outlook 2018* podkreśla, że w globalnym sektorze energetycznym trwają poważne zmiany, od rosnącej elektryfikacji po ekspansję odnawialnych źródeł energii, wstrząsy w produkcji ropy naftowej i globalizację rynków gazu ziemnego (IEA 2018).

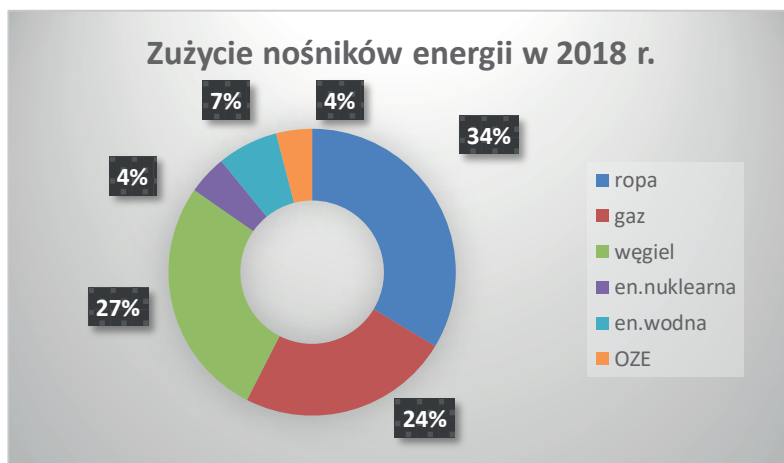
Z kolei z raportów *BP Statistical Review of World Energy* wynika, że w ogólnoświatowym bilansie energetycznym zachodzą powolne, ale widoczne zmiany. Chociaż w latach 2009 i 2018 (ostatnia dekada) udział gazu ziemnego (24%) pozostawał na tym samym poziomie, jednak na tle wzrostu udziału OZE i spadku udziału innych paliw kopalnych jest to dobry wynik dla rynku błękitnego paliwa (rys. 1 i 2).



**Rys. 1.** Udział nośników energii pierwotnej w ogólnym zużyciu energii w 2009 roku

Źródło: (*BP Statistical Review of World Energy 2019*)

Co więcej, Międzynarodowa Agencja Energii prognozuje wzrost udziału gazu ziemnego w bilansie paliwowym świata, czemu sprzyjać będzie upowszechnienie technologii wydobycia gazu ziemnego ze złóż niekonwencjonalnych (gaz łupkowy) oraz wzrost wykorzystania technologii skraplania tego surowca (Kryzia 2016: 48).



Rys. 2. Udział nośników energii pierwotnej w ogólnym zużyciu energii w 2018 roku

Źródło: (BP Statistical Review of World Energy 2019)

Ponieważ gaz jest paliwem kopalnym, istnieje niebezpieczeństwo wyczerpywania się jego zasobów. Zbadajmy zatem, jakimi zasobami dysponują najwięksi na świecie producenci tego surowca.

### 3. ZAPASY, WYDOBYCIE I ZUŻYCIE GAZU ZIEMNEGO W SKALI ŚWIATA

Gaz ziemny odgrywa kluczową rolę w globalnym zużyciu energii, będąc stosunkowo niedrogim, przyjaznym dla środowiska i niezawodnym źródłem energii. Rok 2018 był udany pod względem wzrostu zużycia gazu ziemnego o 4,6%, co stanowi prawie połowę wzrostu światowego zapotrzebowania na energię. Od 2010 r. 80% wzrostu skoncentrowano w trzech kluczowych regionach: Stany Zjednoczone, gdzie rewolucja gazu łupkowego jest w toku; Chiny, w których ekspansja gospodarcza i problemy z jakością powietrza stanowiły podstawę szybkiego wzrostu; Bliski Wschód, gdzie gaz jest bramą do dywersyfikacji gospodarczej (IEA 2019).

Światowe zapasy gazu ziemnego na dzień 31 grudnia 2018 r. wynosiły 196,9 bln m<sup>3</sup>, a regionem, w którym zalegają największe pokłady tego surowca, jest Bliski Wschód (38,4% w stosunku do zasobów globalnych). Drugie miejsce (z udziałem 31,9%) wśród regionów zajęły centralno-azjatyckie kraje byłego ZSRR (Azerbejdżan, Kazachstan, Turkmenistan, Uzbekistan) wraz z Rosją i Ukrainą. Jeśli chodzi o poszczególne kraje, to ranking ułożył się następująco: Rosja (38,9 bln m<sup>3</sup>), Iran (31,9 bln m<sup>3</sup>), Katar (24,7 bln m<sup>3</sup>) i Turkmenistan (19,5 bln m<sup>3</sup>). Przy czym na te cztery kraje przypada łącznie około 60% wszystkich światowych zasobów gazu ziemnego (BP 2019).

Największymi producentami tego węglowodoru w analizowanym okresie były Stany Zjednoczone, Rosja i Iran (tab. 1). Jednak o możliwościach sprzedaży innym krajom decyduje nie tylko poziom wydobytego surowca, lecz również poziom jego zużycia wewnętrznego.

Najwięcej błękitnego paliwa zużyto w USA, Rosji i Chinach (tab. 2). Choć w obu tabelach Stany Zjednoczone i Rosja uplasowały się na szczycie rankingu, to pod względem sprzedaży nadwyżek prym wiodła Norwegia, która wydobyla w ciągu roku prawie 27 razy więcej, niż wynosiło zapotrzebowanie krajowe. Kolejne miejsca zajęły: Katar (współczynnik pokrycia ponad czterokrotny), Australia (ponad trzykrotny) i Algieria (ponad dwukrotny). Najgorzej pod tym względem wypadają Chiny (mimo szóstego miejsca wśród producentów), które ponad 40% zapotrzebowania muszą pokrywać z importu (tab. 3).

**Tabela 1**

Najwięksi producenci gazu ziemnego w 2018 r.

Lp.	Kraj	Produkcja gazu [mld m <sup>3</sup> ]
1	USA	831,8
2	Rosja	669,5
3	Iran	239,5
4	Kanada	184,7
5	Katar	175,5
6	Chiny	161,5
7	Australia	130,1
8	Norwegia	120,6
9	Arabia Saudyjska	112,1
10	Algieria	92,3
<b>Razem świat</b>		<b>3867,9</b>

Źródło: (BP Statistical Review of World Energy 2019)

**Tabela 2**

Kraje o największym zużyciu gazu ziemnego w 2018 r.

Lp.	Kraj	Zużycie gazu [mld m <sup>3</sup> ]
1	USA	817,1
2	Rosja	454,5
3	Chiny	283,0
4	Iran	225,6
5	Canada	115,7
6	Arabia Saudyjska	112,1
7	Meksyk	89,5
8	Wielka Brytania	78,9
9	Zjednoczone Emiraty Arabskie	76,6
10	Egipt	59,6
<b>Razem świat</b>		<b>3848,9</b>

Źródło: (BP Statistical Review of World Energy 2019)

**Tabela 3**

Pokrycie krajowego zapotrzebowania na gaz z własnego wydobycia w krajach o największej produkcji gazu ziemnego w 2018 r.

Lp.	Kraj	Współczynnik pokrycia krajowego zapotrzebowania [%]
1	Norwegia	2680,0
2	Katar	418,9
3	Australia	314,3
4	Algieria	216,2
5	Kanada	159,6
6	Rosja	147,3
7	Iran	106,2
8	USA	101,8
9	Arabia Saudyjska	100,0
10	Chiny	57,1

Źródło: obliczenia własne na podstawie (*BP Statistical Review of World Energy 2019*)

W 2018 r. rynek gazu ziemnego rozwijał się w najszybszym tempie od prawie dekady, wspierany przez dynamicznie rozwijające się rynki krajowe w Chinach i Stanach Zjednoczonych oraz rozwijający się globalny handel gazem na rynkach azjatyckich. Choć tempo wzrostu było spowolnione, gaz pozostaje najszybciej rozwijającym się paliwem kopalnym i jedynym paliwem kopalnym, którego zużycie będzie rosło nawet po 2035 r. (McKinsey 2019).

#### 4. SPOSOBY DOSTAW GAZU ZIEMNEGO DO ODBIORCÓW

W ostatnich latach światowy rynek gazu ziemnego uległ znaczącym zmianom. Dotychczas stosowane podejście w relacjach handlowych dostawca–odbiorca gazu ziemnego determinowane było sposobem dostawy tego surowca – tj. głównie za pomocą gazociągów. Powodowało to istotne napięcia polityczno-gospodarcze pomiędzy zainteresowanymi stronami (Janusz i in. 2017: 27).

Technologia skraplania gazu, która powoli zaczęła się rozwijać, poczynając od lat 60. XX wieku, umożliwiła jego transport w ciekłym stanie skupienia. Okazało się, że taki sposób dostaw gazu ziemnego ma wiele zalet. W odróżnieniu od tradycyjnego sposobu (gazociągami) LNG może być dostarczany do dowolnego miejsca na świecie. Jedynym warunkiem jest budowa regazyfikacyjnego terminalu odbioru. Najczęściej takie terminale budowane są w portach morskich, gdzie gaz jest odbierany z tankowców (metanowców) będących najszybszym sposobem transportu towarów i surowców. Następnie gaz może być włączany do lokalnej sieci gazociągowej lub przewożony dalej transportem lądowym.

Kolejną zaletą jest elastyczność zakupu, w zależności bowiem od warunków rynkowych nabywca może szybko zmienić nie tylko wielkość zamówienia, lecz również dostawcę.

Dostawca/producent również jest elastyczny – pod względem wielkości, cen i rynków dostaw. Poza tym pozbywa się barier związanych ze sprzedażą gazu w sieci, a są nimi: wielomiliardowy koszt budowy gazociągów, zależność od konkretnego konsumenta, ryzyko polityczne kraju sprzedaży i inne związane z tym rodzaje ryzyka.

Warto jednak zauważyć, że handel skroplonym gazem jest rynkiem dla dość dużych graczy, ponieważ same projekty charakteryzują się dużą kapitałochłonnością i wymagają poważnych inwestycji oraz dobrze opracowanej strategii energetycznej. Dlatego często są one wspierane przez rządy państw, które w ten sposób pragną zapewnić bezpieczeństwo energetyczne kraju poprzez dywersyfikację dostaw nośników energii.

Od początku XXI wieku odnotowuje się stały wzrost udziału gazu LNG w dostawach na rynku globalnym. W 2001 r. wynosił on ponad jedną czwartą (28,38%), aby sięgnąć niemal połowy (45,69%) w roku 2018, przy ogólnym wzroście dostaw gazu o 64,28% (do 943,4 mld m<sup>3</sup>) (tab. 4).

**Tabela 4**

Dostawy gazu [mld m<sup>3</sup>] rurociągami i w postaci LNG w latach 2001, 2009, 2018

Dostawy	2001	2009	2018
Rurociągami	411,32	420,5	512,4
Sprzedaż LNG	142,95	249,7	431,0
Razem	574,27	670,3	943,4

Źródło: (BP Statistical Review of World Energy 2002, 2010, 2019)

Głównymi eksporterami w 2018 r. były: kraje Bliskiego Wschodu (z ponad 13% udziałem w ogólnych dostawach gazu); azjatyckie kraje OECD (z udziałem 9,75%); inne kraje azjatyckie (z udziałem 7,70%); kraje afrykańskie (z udziałem 5,73%) (tab. 5).

**Tabela 5**

Największe eksportowe dostawy gazu w postaci LNG w 2018 r.

Kraj/Region	Wielkość dostaw [mld m <sup>3</sup> ]	Udział w ogólnym eksporcie gazu [%]
USA	28,4	3,01
Kraje Ameryki Południowej i Centralnej (bez Brazylii)	21,5	2,28
Europa	11,7	1,24
Rosja	24,9	2,64
Bliski Wschód	125,8	13,34
Azjatyckie kraje OECD	91,9	9,75
Inne kraje azjatyckie	72,6	7,70
Afryka	54,0	5,73

Źródło: obliczenia własne na podstawie (BP Statistical Review of World Energy 2019)



Jednak transport gazu rurociągami, który na razie pozostaje najbardziej efektywnym sposobem dostarczania gazu, nie stracił istotnie swojej pozycji. Choć udział gazu z gazociągów w handlu światowym w latach 2001–2018 zmniejszył się z 71,62% do 54,31%, jednak ponad połowa dostaw nadal odbywa się w sposób tradycyjny. Przy czym w 2018 r. niekwestionowanym liderem w tego typu eksporcie była Rosja (23,64% światowego eksportu). Istotny wkład miały też centralno-azjatyckie kraje byłego ZSRR – Azerbejdżan, Kazachstan, Turkmenistan, Uzbekistan (z udziałem 8,63%), Stany Zjednoczone (z udziałem 7,17%) oraz inne kraje Ameryki Północnej – Kanada i Meksyk (z udziałem 8,19%) (tab. 6).

**Tabela 6**

Największe eksportowe dostawy gazu przez rurociągi w 2018 r.

Kraj/region	Wielkość dostaw [mld m <sup>3</sup> ]	Udział w ogólnym eksporcie gazu [%]
Rosja	223,0	23,64
Inne kraje WNP*	81,4	8,63
USA	67,6	7,17
Inne kraje Ameryki Północnej	77,3	8,19
Afryka	38,6	4,09

\* WNP – Wspólnota Niepodległych Państw (utworzona z krajów byłego ZSRR)

Źródło: obliczenia własne na podstawie (*BP Statistical Review of World Energy* 2019)

Natomiast największym importerem gazu dostarczanego przez sieć rurociągów była Europa (26,41% światowego importu w 2018 r.), która kupowała głównie paliwo od Rosji (tab. 7).

**Tabela 7**

Największy import gazu przez rurociągi w 2018 r.

Kraj/region	Wielkość dostaw [mld m <sup>3</sup> ]	Udział w ogólnym imporcie gazu [%]
USA	77,3	8,19
Inne kraje Ameryki Północnej	67,6	7,16
Europa	249,1	26,41
Rosja	25,2	2,67
Inne kraje WNP	29,6	3,14
Chiny	47,9	5,08

Źródło: obliczenia własne na podstawie (*BP Statistical Review of World Energy* 2019)

Najwięcej gazu LNG z importu w 2018 r. zakupiły: azjatyckie kraje OECD (udział w ogólnym imporcie gazu wyniósł 18,36%); Chiny (z udziałem 7,79%); kraje europejskie (z udziałem 7,58%) (tab. 8).

**Tabela 8**

Największy import gazu w postaci LNG w 2018 r.

Kraj/region	Wielkość dostaw [mld m <sup>3</sup> ]	Udział w ogólnym imporcie gazu [%]
Azjatyckie kraje OECD	173,2	18,36
Europa	71,5	7,58
Chiny	73,5	7,79
Inne kraje azjatyckie	45,6	4,83

Źródło: obliczenia własne na podstawie (*BP Statistical Review of World Energy* 2019)

Aby dokładniej zbadać rynek gazu skroplonego, poddamy analizie głównych eksporterów i importerów tego węgłowoduru.

## 5. MIĘDZYNARODOWY RYNEK GAZU LNG

Skroplony gaz ziemny LNG jest kluczem do szerszego wzrostu w przyszłości. Rok 2019 jest już rekordowy pod względem inwestycji w nową podaż LNG, mimo że ceny w kluczowych regionach importujących spadły do rekordowo niskich poziomów (IEA 2019). W najnowszym raporcie rocznym kompania Shell podaje, że w 2019 r. globalny popyt na skroplony gaz ziemny wzrósł o 12,5%, do poziomu 359 milionów ton ekwiwalentu ropy (Shell 2020).

Gaz LNG zaczyna odgrywać coraz większą rolę w koszyku energetycznym wielu państw świata. Handel nim wzrósł ze 100 milionów ton (ekwiwalentu ropy) w 2000 r. do ponad 370 milionów ton w 2018 r. Dla porównania zaledwie 80 tys. ton gazu zostało wysłanych przez dwóch przewoźników w 1964 r., pierwszym roku handlu LNG (Shell 2020).

Nowoczesne technologie skraplania gazu umożliwiły z jednej strony – rozszerzenie geografii dostaw dla producentów tego węgłowoduru, w tym pomiędzy regionami, a nawet kontynentami (tab. 9); z drugiej zaś strony – krajom-importerom zapewniły dodatkowe źródła dostaw, co zwiększyło ich niezależność energetyczną (tab. 10).

**Tabela 9**

Największy import gazu w postaci LNG w 2018 r.

Kraj	Wielkość eksportu [mld m <sup>3</sup> ]	Udział w rynku LNG [%]
Katar	104,8	24,32
Australia	91,8	21,30
Malezja	33,0	7,66
USA	28,4	6,59
Nigeria	27,8	6,45
Rosja	24,9	7,78

Tabela 9 cd.

Kraj	Wielkość eksportu [mld m <sup>3</sup> ]	Udział w rynku LNG [%]
Indonezja	20,8	4,83
Trinidad i Tobago	16,8	3,90
Oman	13,6	3,15
Algieria	13,5	3,13
Papua Nowa Gwinea	9,5	2,20
Brunei	8,8	2,04
Zjednoczone Emiraty Arabskie	7,4	1,72
Norwegia	6,6	1,53
Angola	5,2	1,20
Peru	4,8	1,11

Źródło: obliczenia własne na podstawie (*BP Statistical Review of World Energy 2019*)

Jak widać (tab. 9), najwięcej gazu skroplonego eksportują dwa kraje, Katar i Australia. Przypada na nie ponad 45-procentowy udział w rynku. Kolejne w rankingu kraje mają zaledwie kilkuprocentowy udział, choć najważniejszy wniosek, jaki płynie z analizy tego zestawienia, to rozproszenie geograficzne – zaprezentowane w nim kraje są położone w różnych regionach świata. W przyszłości postęp techniczny i dodatkowe inwestycje (zwłaszcza zagraniczne) umożliwią im zwiększenie zdolności produkcyjnych i udziału w rynku gazu. Jest to ważne, zwłaszcza dla rozwijających się krajów afrykańskich i południowo-amerykańskich, których dochody walutowe mogą podwyższyć poziom życia ludności zamieszkujących ich terytoria.

Importerami błękitnego paliwa są kraje, które albo nie posiadają własnych złóż gazu, albo ich przyspieszony rozwój wymaga większych dostaw gazu, niż jest w stanie zapewnić krajowy przemysł gazowniczy. Najwięcej gazu LNG w 2018 r. importowały Japonia, Chiny, Korea Południowa, Indie i Tajwan (tab. 10). Wartym podkreślenia jest fakt, że kraje europejskie (w tym Polska) zaczęły coraz bardziej interesować się rynkiem gazu skroplonego.

Tabela 10

Najwięksi importerzy LNG w 2018 r.

Kraj	LNG import [mld m <sup>3</sup> ]	Udział w rynku [%]
Japonia	113,0	26,22
Chiny	73,5	17,05
Korea Południowa	60,2	13,97
Indie	30,6	7,10
Tajwan	22,8	5,29
Hiszpania	15,0	3,48

Tabela 10 cd.

Francja	13,1	3,04
Inne kraje UE	12,8	2,97
Turcja	11,5	2,67
Pakistan	9,4	2,18
Włochy	8,0	1,86
Wielka Brytania	7,3	1,69
Meksyk	6,9	1,60
Tajlandia	6,2	1,44

Źródło: obliczenia własne na podstawie (*BP Statistical Review of World Energy 2019*)

Gwałtowny wzrost światowego handlu gazem – wspierany przez rewolucję łupkową w Stanach Zjednoczonych i wzrost skroplonego gazu ziemnego (LNG) – nadal przyspiesza transformację światowych rynków gazu. Choć mówienie o globalnym rynku gazu podobnym do rynku ropy naftowej jest przedwczesne, handel LNG znacznie się zwiększył od 2010 r. W rezultacie zachodzących na rynku zmian gaz jest dziś bardziej dostępny dla różnych jego uczestników i lepiej reaguje na krótkoterminowe zmiany podaży i popytu w różnych regionach. W ostatnich latach wysiłki polityczne mające na celu zwalczanie zanieczyszczenia powietrza były głównym motorem wzrostu popytu na gaz ziemny w gospodarkach wschodzących w Azji.

## 6. PROGNOZY ROZWOJU RYNKU GAZU ZIEMNEGO

Ponieważ paliwa kopalne mają jedną wspólną cechę – wyczerpalność złóż, która może zagrażać globalnej gospodarce, wiele organizacji międzynarodowych, przedsiębiorstw sektora energetycznego oraz firm doradczych próbuje prognozować wielkość zapotrzebowania oraz wydobycia błękitnego paliwa na bliższą i dalszą perspektywę czasową.

Firma doradcza McKinsey & Company uważa, że w perspektywie do 2035 r. dostawy gazu w celu zaspokojenia popytu będą pochodzić głównie z Afryki, Chin, Rosji i bogatych w gaz łupkowy Stanów Zjednoczonych. Chiny podwoją produkcję konwencjonalnego gazu w latach 2018–2035. Natomiast w Europie produkcja gazu gwałtownie spadnie (McKinsey 2019).

Z kolei Międzynarodowa Agencja Energetyczna w raporcie *World Energy Outlook 2018* zakłada, że w perspektywie do 2040 r. zapotrzebowanie na energię wzrośnie o ponad 25%, wymagając ponad 2 mld dolarów rocznie inwestycji w nowe dostawy energii. Natomiast prognozowany popyt na gaz ziemny w scenariuszu nowych polityk wzrośnie do 5355 mld m<sup>3</sup> (IEA 2018). W kolejnym raporcie (za 2019 r.) MAE opracowała dwa warianty rozwoju globalnego systemu energetycznego: scenariusz strategiczny (ang. *Stated Policies*) i scenariusz zrównoważonego rozwoju (ang. *Sustainable Development*). W scenariuszu strategicznym zaznacza, że globalne zapotrzebowanie na gaz w 2040 r. będzie podobne do tego, jakie zostało

opublikowane w raporcie za 2018 r., ponieważ niewielka korekta w górę wykorzystania gazu w przemyśle powinna zrekomensować korektę w dół zużycia gazu do wytwarzania energii. Kolejne założenia tego scenariusza: popyt w Stanach Zjednoczonych będzie wyższy, ale zrekomensuje go ostrzejszy spadek popytu w Unii Europejskiej, a także nieco wolniejszy prognozowany wzrost w Chinach; wzrost produkcji zostanie zdominowany przez gaz łupkowy, który będzie rósł w tempie prawie 4% każdego roku, czterokrotnie szybciej niż gaz konwencjonalny (IEA 2019).

MAE oczekuje największego wzrostu zapotrzebowania na gaz w krajach Afryki, Azji Pacyficznej, Ameryki Centralnej i Północnej oraz na Bliskim Wschodzie. Natomiast Europa powinna zmniejszyć popyt na ten surowiec energetyczny (tab. 11).

Tabela 11

Popyt na gaz i prognozy [mld m<sup>3</sup>] w scenariuszu strategicznym

Region	2018 r.	2030 r.		2040 r.	
	Popyt	Prognoza	Zmiana* [%]	Prognoza	Zmiana* [%]
Ameryka Północna	1067	1183	+9,80	1221	+14,43
Ameryka Centralna i Południowa	169	198	+17,16	257	+52,07
Europa	617	593	-3,89	557	-9,72
Afryka	150	221	+47,33	317	+111,33
Bliski Wschód	539	646	+19,85	807	+49,72
Eurazja	598	639	+6,86	674	+12,71
Azja Pacyficzna	815	1218	+49,45	1522	+86,75

\*Wzrost (+)/ spadek (-) w stosunku do 2018 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie (IEA 2019)

MAE zakłada również, że gaz ziemny będzie nadal przewyższać węgiel lub ropę naftową zarówno w scenariuszu strategicznym (w którym popyt na gaz rośnie o ponad jedną trzecią), jak i w scenariuszu zrównoważonego rozwoju (w którym popyt na gaz rośnie umiarkowanie do 2030 r., zanim powróci do obecnego poziomu do 2040 r.). W scenariuszu zrównoważonego rozwoju zużycie gazu ziemnego w ciągu następnej dekady będzie rosło w średnim rocznym tempie 0,9%, zanim osiągnie punkt kulminacyjny do końca 2020 r. Następnie przyspieszone wdrażanie odnawialnych źródeł energii i działania na rzecz efektywności energetycznej, wraz ze wzrostem produkcji biometanu, a później wodoru, przyczynią się do zmniejszenia jego zużycia (IEA 2019).

W tym scenariuszu zakłada się, że do 2040 r. zapotrzebowanie na gaz wzrośnie tylko w dwóch regionach: Azja Pacyficzna (wzrost o ponad 62%) oraz Afryka (wzrost ponad 33%). W innych regionach popyt albo spadnie, albo pozostanie na niezmiennym poziomie (tab. 12).

**Tabela 12**Popyt na gaz i prognozy [mld m<sup>3</sup>] w scenariuszu zrównoważonego rozwoju

Region	2018 r.	2030 r.		2040 r.	
	Popyt	Prognoza	Zmiana* [%]	Prognoza	Zmiana* [%]
Ameryka Północna	1067	1052	-1,41	791	-25,87
Ameryka Centralna i Południowa	169	168	-0,59	169	0,00
Europa	617	519	-15,88	380	-38,41
Afryka	150	176	+17,33	200	+33,33
Bliski Wschód	539	550	+2,04	507	-5,94
Eurazja	598	551	-7,86	471	-21,24
Azja Pacyficzna	815	1234	+51,41	1322	+62,21

\*Wzrost (+)/spadek (-) w stosunku do 2018 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie (IEA 2019)

Do 2040 r. zapotrzebowanie na gaz ziemny w gospodarkach rozwiniętych będzie niższe niż obecne poziomy we wszystkich sektorach oprócz transportu, gdzie popyt pozostanie zasadniczo podobny do poziomu osiągniętego w scenariuszu strategicznym. W gospodarkach rozwijających się wzrost popytu na gaz w sektorze elektroenergetycznym wzrośnie do 2030 r., ale spadnie z powodu rosnącego udziału energii ze źródeł odnawialnych, podczas gdy wzrost popytu przemysłowego będzie o połowę niższy niż w scenariuszu strategicznym. Chociaż spadnie zużycie bezwzględne, to gaz ziemny zyska udział w rynku kosztem zarówno węgla, jak i ropy naftowej w sektorach trudnych do dekarbonizacji, takich jak transport ciężki i wykorzystanie ciepła w przemyśle. Mimo że produkcja energii z gazu ziemnego spadnie, jego wydajność wzrośnie w porównaniu z obecną w wyniku większej roli gazu w zapewnianiu elastyczności systemu elektroenergetycznego (IEA 2019).

W scenariuszu strategicznym MAE prognozuje, że do 2040 r. wydobywanie gazu wzrośnie we wszystkich regionach prócz Europy. Największych wzrostów można spodziewać się w Afryce, Ameryce Centralnej i Południowej, na Bliskim Wschodzie i w Azji Pacyficznej (tab. 13).

**Tabela 13**Podaż gazu i prognozy [mld m<sup>3</sup>] w scenariuszu strategicznym

Region	2018 r.	2030 r.		2040 r.	
	Podaż	Prognoza	Zmiana* [%]	Prognoza	Zmiana* [%]
Ameryka Północna	1083	1336	+23,36	1376	+27,05
Ameryka Centralna i Południowa	177	209	+18,08	285	+61,02
Europa	277	206	-25,63	188	-32,13

Tabela 13 cd.

Region	2018 r.	2030 r.		2040 r.	
	Podaż	Prognoza	Zmiana* [%]	Prognoza	Zmiana* [%]
Afryka	240	372	+55,00	508	+111,66
Bliski Wschód	645	787	+22,02	1016	+57,52
Eurazja	918	1054	+14,81	1143	+24,51
Azja Pacyficzna	598	757	+26,59	889	+48,66

\*Wzrost (+) /spadek (-) w stosunku do 2018 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie (IEA 2019)

Natomiast prognozy scenariusza zrównoważonego rozwoju są bardziej powściągliwe, gdyż zakładają albo o wiele mniejsze przyrosty wydobycia, albo wcale. Liderami w tym scenariuszu pozostałyby tylko Afryka i Azja Pacyficzna (tab. 14).

Tabela 14

Podaż gazu i prognozy [mld m<sup>3</sup>] w scenariuszu zrównoważonego rozwoju

Region	2018 r.	2030 r.		2040 r.	
	Podaż	Prognoza	Zmiana* [%]	Prognoza	Zmiana* [%]
Ameryka Północna	1083	1209	+11,63	909	-16,07
Ameryka Centralna i Południowa	177	187	+5,65	189	+6,78
Europa	277	189	-31,77	151	-45,49
Afryka	240	333	+38,75	383	+59,58
Bliski Wschód	645	681	+5,58	651	+0,93
Eurazja	918	921	+0,33	786	-14,38
Azja Pacyficzna	598	745	+24,58	786	+31,44

\*Wzrost (+) / spadek (-) w stosunku do 2018 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie (IEA 2019)

Swoją prognozą odnośnie do rynku LNG podzieliła się firma doradcza McKinsey & Company, która uważa, że ekspansja na rynku gazu i LNG nadal trwa, a popyt na LNG ma rosnąć o 3,6% rocznie do 2035 r. (przy ogólnym wzroście popytu na gaz wynoszącym 0,9% rocznie). Poza tym w dłuższej perspektywie popyt na LNG przewyższy ogólny popyt na gaz, ponieważ rynki azjatyckie opierają się na bardziej odległych dostawach, Europa

zwiększa zależność od importu gazu, a amerykańscy producenci poszukują zagranicznych rynków dla gazu (zarówno rurociągowego, jak i LNG). Chiny będą głównym motorem wzrostu popytu na LNG, ponieważ krajowa podaż i dostawy rurociągowo będą niewystarczające, aby zaspokoić rosnący popyt w tym kraju. Podobnie Bangladesz, Pakistan i Azja Południowa będą polegać na LNG w celu zaspokojenia rosnącego popytu przy malejących dostawach krajowych. Oczekuje się również, że Europa zwiększy import LNG, aby zrekompensować spadek podaży wewnętrznej (McKinsey 2019).

## 7. WNIOSKI

Obecnie na globalnym rynku energii zachodzą znaczące zmiany. Zmieniają się zarówno centra produkcyjne, jak i centra zużycia energii. Kluczowi importerzy energii przestawiają się na samowystarczalność, a nawet na eksport wydobywanych zasobów ze źródeł nietradycyjnych. Ambicje rządów państw dotyczące zmniejszenia energochłonności swoich gospodarek i ograniczenia emisji gazów cieplarnianych powinny przełożyć się na dalsze zmniejszenie udziału tradycyjnych zasobów energii w całkowitym zużyciu energii.

Zarówno gaz, jak i OZE są czystymi źródłami energii i w dłuższej perspektywie z pewnością będą nabierać coraz większego znaczenia, zarówno w sektorze przemysłu, jak i w gospodarstwach domowych (Olkuski i in. 2015: 15).

W wyniku badania globalnego rynku LNG stwierdzono, że na jego koniunkturę w XXI wieku wpływają obecnie następujące czynniki: wzrost udokumentowanych zasobów gazu ziemnego na świecie; duża koncentracja zasobów w niewielkiej liczbie krajów; stały wzrost mocy produkcyjnych LNG na świecie; znaczący rozwój elementu transportowego globalnego rynku LNG; wzrost liczby krajów importujących LNG; prognozy zakładające utrzymanie dodatniej dynamiki poziomu wydobycia i zużycia LNG na świecie.

Globalny rynek skroplonego gazu ziemnego aktywnie się rozwija. Wzrost udziału gazu ziemnego w globalnym bilansie energetycznym jest rejestrowany statystycznie, a ponadto prognozowany przez ekspertów na przyszłość. Zgodnie z globalnymi prognozami rozwoju energii regularnie publikowanymi przez organizacje międzynarodowe, takie jak Międzynarodowa Agencja Energetyczna, British Petroleum and Gas Company, firma doradcza McKinsey & Company i inne, zużycie gazu ziemnego będzie rosło w nadchodzących dekadach XXI wieku w szybszym tempie niż jakiegokolwiek innego rodzaju paliwa, zwłaszcza paliw kopalnych. Co więcej, wszystko wskazuje na to, że wzrośnie również rola LNG w przyszłym bilansie energetycznym świata.

Należy także mieć na uwadze, że dostawy gazu w formie LNG mogą umocnić swoją pozycję w strukturze bilansu energetycznego Unii Europejskiej ze względu na obserwowane zmniejszające się wydobycie gazu na terenie państw należących do UE. Pomimo spadku konsumpcji gazu ziemnego w UE w ostatnich latach jego rola może wzrosnąć m.in. z powodu realizowanej polityki klimatycznej (Janusz i in. 2017: 27).

Również Polska powinna zwrócić większą uwagę na rynek gazu skroplonego, który jest szansą na zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego kraju.



## LITERATURA

- BP Statistical Review of World Energy, 2019, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf> [dostęp: 16.01.2020].
- IEA, 2018, *World Energy Outlook*, <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2018> [dostęp: 3.02.2020].
- IEA, 2019, *World Energy Outlook*, <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019> [dostęp: 3.02.2020].
- Janusz P., Kaliski M., Sikora M, Sikora A., Szurlej A., 2017, *Wpływ dostaw LNG z USA na europejski rynek gazu ziemnego*, *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*, 20, 4, s. 27–38.
- Kryzia D., 2016, *Poziom konkurencji na światowym rynku gazu ziemnego*, *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*, 19, 2, s. 47–64.
- Kuczyński S., Liszka K., Łaciak M., Kyć K., Oliinyk A., Szurlej A., 2016, *Wpływ zastosowania paliw alternatywnych w transporcie, ze szczególnym uwzględnieniem CNG, na ograniczenie emisji zanieczyszczeń powietrza*, *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*, 19, 3, s. 91–103.
- McKinsey, 2019, *Global Gas and LNG Outlook to 2035*, September 2019, <https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/global-gas-and-lng-outlook-to-2035> [dostęp: 22.02.2020].
- Olkuski T., Szurlej A., Janusz P., 2015, *Realizacja polityki energetycznej w obszarze gazu ziemnego*, *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*, 18, 2, s. 5–18.
- Shell, 2020, *LNG Outlook, 2020*, <https://www.shell.com/energy-and-innovation/natural-gas/liquefied-natural-gas-lng/lng-outlook-2020.html#iframe=L3dIYmFwcHMvTE5HX291d-Gxvb2sv> [dostęp: 19.02.2020].

## GLOBAL LIQUEFIED NATURAL GAS MARKET. DEVELOPMENT TRENDS IN THE 21ST CENTURY

**Summary:** The liquefied natural gas (LNG) market is of interest to experts and analysts in the energy raw materials market, both at the national and international level. The increase in the share of LNG in the overall supply of natural gas is a reason that has many advantages over other energy resources. The main advantages are: natural gas is a “clean” energy source, because when it is burned small amounts of greenhouse gases are released; liquefied natural gas is a more marketable commodity than traditional gas, due to the wider possibilities of its supply in comparison with gas pipelines. Since the LNG gas market is less susceptible to monopolistic activities, it has become current to examine its economic situation on the basis of analyzing information on the ratio of demand and supply, as well as forecasts for the development of this hydrocarbon market.

**Keywords:** energy consumption, renewable energy sources (RES), proved natural gas reserves, liquefied natural gas, gas supplies, gas pipelines, tankers

## ZARZĄDZANIE ZASOBAMI WODNYMI W RAMACH UMOWY MIĘDZY UNIĄ EUROPEJSKĄ A UKRAINĄ O GŁĘBOKIEJ I KOMPLEKSOWEJ STREFIE WOLNEGO HANDLU (DCFTA)

**Streszczenie:** W rozdziale przedstawiono proces spełniania wymagań Umowy między Unią Europejską a Ukrainą o głębokiej i kompleksowej strefie wolnego handlu (DCFTA – *Deep and Comprehensive Free Trade Area*) w dziedzinie zobowiązań reformowania gospodarki wodnej. Wskazano, że jednym z głównych osiągnięć jest podejście do zarządzania zasobami wodnymi w dorzeczu, czego wymaga Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady Europejskiej z dnia 23 października 2000 r. Zaprezentowano nowe wytyczne ustalania wskaźników monitoringu zasobów wodnych kraju i listę instytucji państwowych ponoszących odpowiedzialność w zakresie sposobu zbierania i analizy niezbędnych danych. W dalszej części, zamieszczono wyniki badań aspektów dotyczących instrukcji jak prowadzić analizy, w jakim okresie badań, a także jej praktyczne zastosowanie wraz z podaniem odmienności kluczowych rozwiązań doskonalących system monitoringu zasobów wodnych.

**Słowa kluczowe:** DCFTA, reformowanie gospodarki wodnej, państwowy monitoring zasobów wodnych, obszar wód, zarządzanie zasobami wodnymi w dorzeczu, instrumenty oceny stanu wody

### 1. WPROWADZENIE

W dniu 1 stycznia 2016 r. weszła w życie Umowa między Unią Europejską a Ukrainą o głębokiej i kompleksowej strefie wolnego handlu (DCFTA – *Deep and Comprehensive Free Trade Area*). Wymieniona data jest jedną z najważniejszych zarówno w historii współczesnej, jak i w całej historii istnienia Ukrainy jako państwa suwerennego. Stanowi bowiem nie tylko kolejny etap podpisanej w czerwcu 2014 r. umowy stowarzyszeniowej, która stała się przełomem ekonomicznym w kraju, lecz również zasygnalizowała dążenie kraju do ostatecznego opuszczenia byłego „obozu krajów socjalistycznych” Europy Wschodniej. Niestety pośrednio stała się przyczyną konfliktu rosyjsko-ukraińskiego trwającego od 2014 r.

DCFTA pełni funkcję handlowej części Umowy między UE a Ukrainą. Umowa ta miała zainicjować powołanie strefy wolnego handlu oraz przyjęcie przez Ukrainę około 60% unijnego prawa, w tym regulacji w zakresie energii, przepisów technicznych, sanitarnych, fitosanitarnych, celnych i dotyczących ochrony własności intelektualnej.

---

\* Centrum Edukacyjne INSHA OSVITA, Krzemieńczuk/Donieck, Ukraina

Z punktu widzenia Komisji Europejskiej DCFTA to jedna z najbardziej ambitnych umów bilateralnych. Liczy 15 rozdziałów, 14 aneksów i trzy protokoły (Układ... 2014).

Również według wymogów umowy z UE, Ukraina zobowiązała się reformować sektor wodny i opracować system zarządzania zasobami wodnymi, tak jak tego wymaga dyrektywa nr 2000/60/WE (Semerak 2018).

Celem rozdziału jest próba analizy – w ramach DCFTA – aspektów związanych z implementacją standardów europejskich, co powinno pozwolić na określenie pozycji państwa w zakresie oceny, zarządzania i monitoringu zasobów wodnych w procesie włączania i angażowania wszystkich stron w nowe zasady zarządzania.

## 2. PERSPEKTYWY GOSPODARKI WODNEJ NA UKRAINIE I PODSTAWY NOWEGO SYSTEMU MONITORINGU ZASOBÓW WODNYCH

W ciągu dziesięcioleci wody nie traktowano jako podstawy rozwoju ekosystemów i człowieka, nie uwzględniano i nie prognozowano stanu ekonomicznego systemów wodnych, a także ewentualnego wpływu na różnorodność biologiczną. Tradycyjnie zasoby wodne były rozpatrywane i wykorzystywane jako jeden z elementów gospodarki państwa w sferze zapewnienia potrzeb gałęzi przemysłu i rolnictwa, wytwarzania energii elektrycznej, a także jako „zlewni” wód ściekowych, co doprowadziło do praktycznego wyczerpania ich potencjału.

Pokonanie wyżej wymienionych problemów związanych z brakiem skutecznego systemu zarządzania gospodarką wodną jest obowiązkiem państwa. Faktyczna integracja Ukrainy do struktur europejskich przewiduje kształtowanie i realizację zrównoważonej polityki przejścia kraju do rozwoju zrównoważonego.

Jednym z przedsięwzięć ustawodawczych w ramach DCFTA i w celu implementacji dyrektywy nr 2000/60/UE (*Dyrektywa... 2000*) było zatwierdzenie przez rząd Ukrainy *Regulaminu nr 758 z dnia 19 września 2018 r. „O zatwierdzeniu wytycznych wykonywania państwowego monitoringu wód”*, który oficjalnie nabrał mocy prawnej 1 stycznia 2019 r.

Zatwierdzony przez rząd Ukrainy dokument prawny reguluje następujące zagadnienia:

- państwowemu monitoringowi podporządkowane są obszary wód powierzchniowych i podziemnych, a także wody morskie w granicach terytorialnego morza i wyłącznej morskiej strefy ekonomicznej Ukrainy;
- do jednostek prowadzących państwowy monitoring wód należą Ministerstwo Ekologii i Zasobów Naturalnych Ukrainy, Państwowa Agencja Zasobów Wodnych Ukrainy i jej jednostki, Państwowa Służba Geologii i Wnętrza Ziemi, Państwowa Służba Ukrainy ds. Sytuacji Nadzwyczajnych, a także Państwowa Agencja ds. Zarządzania Strefą Wykluczenia wokół Czarnobyłskiej Elektrowni Jądrowej.

Monitoring będzie prowadzony według zatwierdzonego programu, zawierającego:

- informację o obiekcie państwowego monitoringu wód (kod, nazwa obiektu, miejsce rozmieszczenia i inne charakterystyki);
- wskaźniki biologiczne, fizykochemiczne, chemiczne i hydromorfologiczne, okres monitoringu, informacje o podmiocie i wykonawcy monitoringu wód.

Dane i informacje otrzymane z monitoringu obszarów wód powierzchniowych i podziemnych są podstawą do wyznaczenia ich stanu ekologicznego i chemicznego, co powinno być uwzględnione przy opracowywaniu nowych planów zarządzania zasobami wodnymi w dorzeczu, a ponadto zostanie oceniony stopień osiągnięcia wyznaczonych celów ekologicznych.

Te istotne informacje mają wpływ na opracowanie strategii morskiej, która następnie umożliwi dokonanie oceny postępu w osiągnięciu poprawy stanu ekologicznego.

Informacje otrzymane i opracowane przez jednostki państwowego monitoringu wód mają charakter oficjalny.

Analizy informacji otrzymanych w ramach państwowego monitoringu wód do oceny stanu i bezpieczeństwa wód dokonują organy władzy wykonawczej i samorządu lokalnego. Na jej podstawie odpowiednie decyzje podejmują następujące instytucje:

- Ministerstwo Ekologii i Zasobów Naturalnych Ukrainy w dziedzinie państwowego monitoringu wód morskich i na poziomie ogólnopaństwowym (corocznie);
- Państwowa Agencja Zasobów Wodnych Ukrainy (w dziedzinie państwowego monitoringu obszaru wód powierzchniowych łącznie z wodami przybrzeżnymi) i Państwowa Służba Geologii i Wnętrza Ziemi (w dziedzinie państwowego monitoringu obszaru wód podziemnych) – na poziomie rejonów dorzecza (corocznie).

Zapewnienie naukowo-metodycznego państwowego monitoringu wód należy do obowiązków Ministerstwa Ekologii i Zasobów Naturalnych Ukrainy. Finansowanie państwowego monitoringu wód odbywa się z centralnego budżetu, budżetów miejscowych, a także innych źródeł niezabronionych ustawodawstwem.

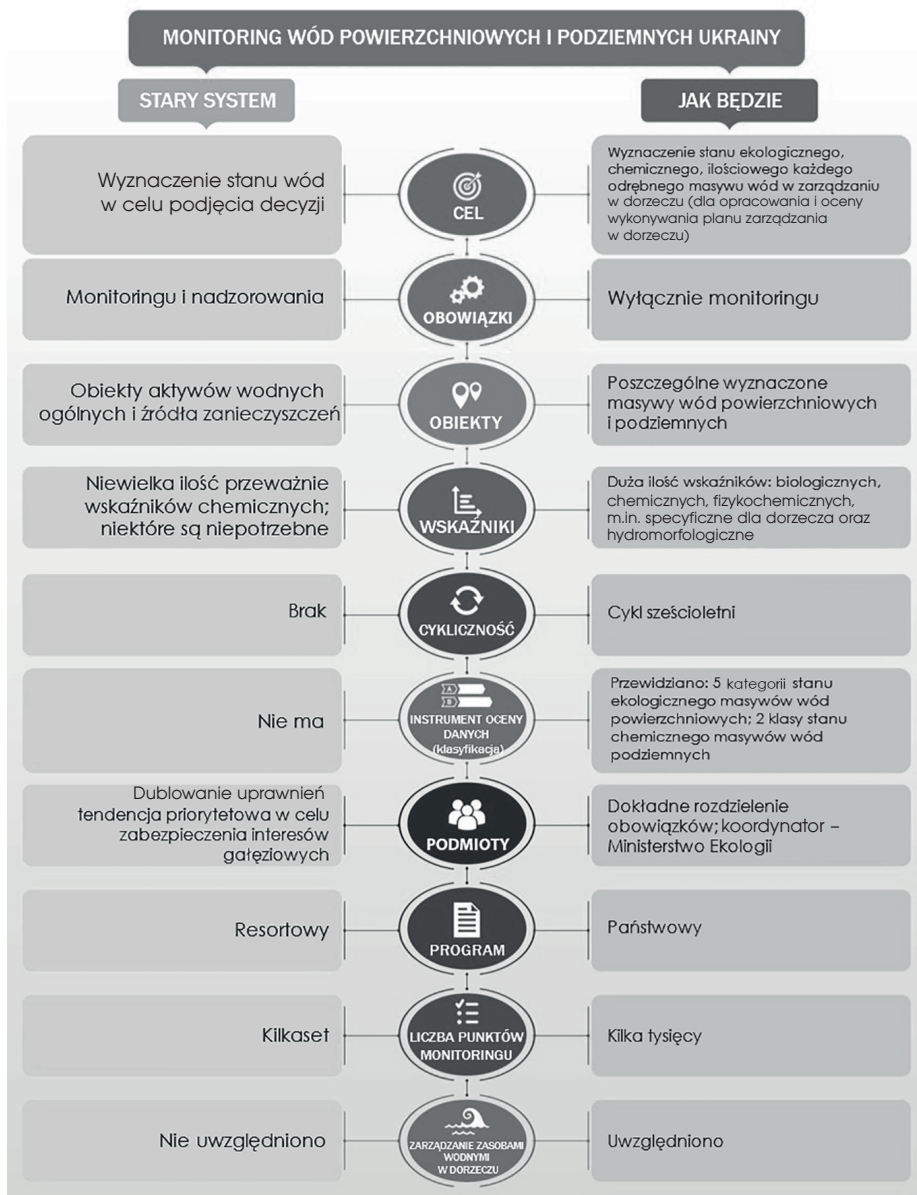
### 3. NOWE WYTYCZNE DOTYCZĄCE MONITORINGU WÓD

Monitoring bazuje na zasadzie zarządzania zasobami wodnymi w dorzeczu. Polega ono na tym, że ocenę stanu przeprowadza się dla całego obszaru dorzecza, a nie wyłącznie dla odrębnej części rzeki w granicach podziału administracyjnego. Nowe ustawodawstwo przewidziało ostateczne przejście do systemu zarządzania zasobami wodnymi w dorzeczu jeszcze w 2016 r. i obecnie nadal trwa proces tworzenia Rad Obszaru Dorzecza (organów zarządzających) i planów zarządzania zasobami wodnymi w dorzeczu (metodyka i konstytucja dla właściwego zarządzania rzekami) (Khilchevskyi i in. 2017).

Poprzednio obowiązujący system monitoringu uwzględniał niewielką liczbę wskaźników, przeważnie chemicznych, i niektóre z nich w ogóle nie miały istotnego znaczenia. Nowe wytyczne zawierają natomiast 45 priorytetowych substancji zanieczyszczających, jednocześnie absolutną innowacją jest obecność wskaźników biologicznych, hydromorfologicznych i specyficznych dla danego obszaru dorzecza. Ważną kwestią jest również to, że różne wskaźniki są stosowane do wód powierzchniowych i podziemnych (rys. 1).

Według starych przepisów prawnych nie istniała klasyfikacja ogólnego stanu rzeki – istniały tylko niektóre instrumenty do oceny wybranych parametrów rzek i w związku z tym trudno było wyciągać jakiegokolwiek wnioski z przeprowadzonego monitoringu. W nowym podejściu przewidziano pięć kategorii stanu ekologicznego oraz dwie kategorie stanu chemicznego

obszaru dorzecza. Wszystkie standardy są analogiczne do tych, które obowiązują w Unii Europejskiej.



**Rys. 1.** Struktura nowych wytycznych monitoringu wód na Ukrainie

Źródło: Ministerstwo Ekologii i Zasobów Naturalnych Ukrainy, 2018

Wcześniej obowiązek zbierania danych należał do Agencji Zasobów Wodnych Ukrainy, Centrum Hydrometeorologicznego Ukrainy, Państwowej Inspekcji Ekologicznej, Służby Sanitarno-Epidemiologicznej i to tylko w odniesieniu do wód powierzchniowych. Wody morskie częściowo były analizowane przez Centrum Hydrometeorologiczne. Każda z instytucji gromadziła dane, które następnie były wpisywane do odrębnych tabeli, każde w innym formacie i innych jednostkach. Innymi słowy, dane często były dublowane przez wyżej wymienione organizacje. Obecnie wytyczne, o których mowa w części 2 niniejszego rozdziału, ustalają wyraźny podział obowiązków w tym względzie, a Ministerstwo Ekologii i Zasobów Naturalnych będzie nadzorować cały proces integracji i koordynacji prac w tym zakresie (Kuzio 2018).

#### 4. ASPEKTY EKONOMICZNO-FINANSOWE PROCESU REFORMOWANIA GOSPODARKI WODNEJ NA UKRAINIE

Pozostając poza gronem państw rozwiniętych ekonomicznie, Ukraina nadal boryka się z barierami we wdrażaniu reformy gospodarki wodnej w zakresie zarządzania zasobami wodnymi w dorzeczu. Należy do nich m.in. brak bezpośrednich mechanizmów regulowania stosunków wodnych z gospodarczego punktu widzenia. Mianowicie chodzi o część dochodów pozyskiwanych przez państwo z tytułu korzystania z zasobów wodnych. Wskazuje na to kolejny problem polegający na tym, że uzdrowienie gospodarki wodnej nie polega na związkach pomiędzy wymaganiami ekologicznymi dotyczącymi jakości wody wraz z odbudową obiektów wodnych a łącznymi wydatkami na osiągnięcie tego celu.

Jedną z podstawowych funkcji zarządzania jest stymulacja. W odniesieniu do gospodarki wodnej należy rozumieć, że nie istnieje żaden inny model rozwoju niż pełnopłatne korzystanie z zasobów wodnych. Konieczność wprowadzenia wymienionego sposobu korzystania z wody została bezwzględnie potwierdzona warunkiem rozbudowy gospodarki kraju w wyniku prywatyzacji. Wówczas formuła wyznaczająca wysokość opłaty za korzystanie z zasobów wodnych powinna być opracowana dla każdego dorzecza osobno, co pozwoli uwzględnić jego specyfikę, a także wskaźniki dotyczące poziomu deficytowego zasobów wodnych, ich jakości i stanu wodnych źródeł (Dubnyak 2006).

Z ekonomicznego punktu widzenia w zakresie zarządzania zasobami wodnymi na Ukrainie powstaje zatem szereg następujących wymagań:

- zmiana formy własności (liberalizacja) na zasoby i urządzenia wodne;
- podjęcie działań skierowanych na podwyższenie atrakcyjności inwestycyjnej obiektów wodnych (np. wprowadzenie preferencji podatkowych);
- dywersyfikacja form gospodarowania w zakresie korzystania z zasobów wodnych (wprowadzenie różnego rodzaju stosunków partnerskich);
- stworzenie jedynej polityki regulacyjnej w dziedzinie korzystania z zasobów wodnych i przedsiębiorczości związanej z ochroną wód;
- zniesienie barier dotyczących inwestycji wewnętrznych w państwową branżę gospodarki wodnej, na przykład przez wprowadzenie regulacji celnych dotyczących importu specjalistycznych i zaawansowanych oczyszczających urządzeń technologicznych (Levkovska, Mandzyk 2018).

Państwowa Agencja Zasobów Wodnych Ukrainy zaplanowała w 2020 r. rozpoczęcie zakrojonej na szeroką skalę reformy gospodarki wodnej. Celem tego planu jest optymalizacja obsługi technicznej infrastruktury wodnej wraz ze zwiększeniem poziomu wpływu środków finansowych do Państwowego Funduszu Gospodarki Wodnej. W tym celu przez kilka ostatnich lat zapoznano się z doświadczeniem krajów sąsiedzkich, które już przeszły drogę transformacji, i na tej podstawie wypracowano szereg praktyk, które mogą być skutecznie stosowane na Ukrainie.

Jednym z wielu państw, które zakończyło już proces reformowania gospodarki wodnej, jest Polska. Ukraina może więc skorzystać z polskich doświadczeń dotyczących przekształcenia systemu zarządzania zasobami wodnymi. Konkretnym przykładem jest powstanie w 2018 r. Państwowego Gospodarstwa Wodnego (PGW) Wody Polskie – głównego podmiotu odpowiedzialnego za gospodarkę wodną państwa. W Polsce doprowadziło to m.in. do funkcjonowania w sposób efektywny outsourcingu umożliwiającego efektywne zarządzanie infrastrukturą wodną. Ponadto wszystkie możliwe podatki powiązane z gospodarką wodną oraz opłaty za świadczone usługi są przekazywane bezpośrednio do PGW Wody Polskie.

Podobne wdrożenie outsourcingu w ukraińskim sektorze wodnym umożliwiłoby zastosowanie elastycznego mechanizmu wykorzystania środków pieniężnych na priorytetowe potrzeby i zaangażowanie jednostek specjalistycznych w wykonanie serwisu technicznego infrastruktury (Ovcharenko, Khoriev 2019).

## 5. WNIOSKI

Podsumowując, należy zaznaczyć, że na podstawie DCFTA i Dyrektywy 2000/60/WE prawo ukraińskie istotnie zbliżyło się do przepisów europejskich w zakresie gospodarki wodnej, oceny wpływu projektów państwowych i prywatnych na środowisko naturalne.

Nowy, zatwierdzony i stopniowo wprowadzany system państwowego monitoringu zasobów wodnych pozwoli w sposób rzeczywisty oceniać sytuację stanu wód i w dalszym ciągu, na podstawie tych danych można będzie podejmować efektywne decyzje zarządcze.

Reforma wytycznych monitoringu opracowywana jest przy wsparciu dofinansowanych przez Unię Europejską projektów, a mianowicie: „Wsparcie Ukrainy we wdrażaniu ustawodawstwa UE obowiązującego w zakresie środowiska naturalnego” (APENA – *Support to Ukraine in approximation of the EU environmental acquis*) oraz „Doskonalenie Monitoringu Ekologicznego w Morzu Czarnym” (EMBLAS – *Environmental Monitoring in the Black Sea*).

W poprzednich okresach zmiany polegały raczej na transformacji strukturalnej monitoringu, ustaleniu reguł i procesów biznesowych, które prowadziłyby do wspólnego celu, lecz pozostałoby to tylko postulatami na papierze, gdyby nie znormalizowano pracy punktów monitoringu. W ramach nowego systemu zaplanowano ich kilka tysięcy.

Monitoring jest integralną częścią reformy kontroli ekologicznej (nadzorowania) i odpowiedzialności, będąc jednocześnie podstawą do podejmowania decyzji administracyjnych.



Można ogólnie wyznaczyć jego następujące cele i zadania:

- rzeczywista ocena stanu zasobów wodnych i możliwość podjęcia efektywnych decyzji na podstawie wiarygodnych danych;
- społeczeństwo nie będzie miało dostępu do szczegółowych informacji o stanie obiektów wodnych, lecz będzie otrzymywało wiarygodną i weryfikowalną informację uogólnioną;
- integracja z UE – dane będą klasyfikowane według standardów europejskich i w pełnej zgodności z dyrektywą wodną Unii Europejskiej (*Common Implementation Strategy...* 2015).

Wyniki monitoringu powinny odzwierciedlać zmiany w systemie „Otwarte środowisko przyrodnicze” i systematycznie być publikowane na geoportalu zasobów wodnych.

Dotychczas podjęto pierwsze kroki polegające na stworzeniu modelu zarządzania obszarem dorzecza, na podstawie ekologiczno-hydrologicznego uporządkowania i uruchomiono procesy umożliwiające wdrożenie nowoczesnego systemu zarządzania zasobami wodnymi w dorzeczu.

Wykonanie podjętych przez państwo zobowiązań wymaga jednak nie tylko działań organizacyjnych, lecz również nowoczesnych urzędów, środków finansowych i wykwalifikowanych specjalistów, co w praktyce oznacza, że Ukraina nadal będzie potrzebowała pomocy w tym zakresie m.in. ze strony Unii Europejskiej.

## LITERATURA

- Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC)*, 2015, Publications Office of the European Union, <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/a32829ff-416f-44fc-af54-78387519ac7e/language-en> [dostęp: 20.01.2020].
- Dubnyak S.S., 2006, *Zachody szczodo rozvytku basejnowoji systemy upravlinnia wodnymy resursamy na prykladі basejnu r. Dnipro*, Wodne gospodarstwo Ukrainy [Заходи щодо розвитку басейнової системи управління водними ресурсами на прикладі басейну р. Дніпро, Водне господарство України], 3, s. 25–34.
- Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej*, Dz.U. UE L327 z 22.12.2000, s. 1–73.
- Khilchevskiy V.K., Grebin' V.V., Pakhomova N.V., Rikhter K.K., Malyshekov H.B., 2017, *Hidrohraficzneta wodohospodarške rajonuwannia terytoriji Ukrainy, zatverdżene u 2016 r. – realizacija polożeń WRD JES*, Hidrolohija, hidrochimija i hidroekolołhija [Гідрографічне та водогосподарське районування території України, затверджене у 2016 р. – реалізація положень ВРД ЄС, Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія], 1, 44, s. 8–20.
- Kuzio M., *Jak praciuwatyme nowyj poriadok derżmonitorinhu wod* [Як працюватиме новий порядок держмоніторингу вод], <https://biz.nv.ua/ukr/experts/jak-pratsjuvatime-novij-porjadok-derzhmonitorinhu-vod-2497685.html> [dostęp: 2.10.2018].



- Levkovska L.V., Mandzyk V.M., 2018, *Formuвання моделі інтегрального управління водними ресурсами в контексті забезпечення сталого водокористування*, Збалансоване природокористування [Формування моделі інтегрального управління водними ресурсами в контексті забезпечення сталого водокористування], 2, s. 46–53.
- Ovcharenko I., Khoriev M., *Transformujemy systemu wodnoji haluzi, perejmajemo dosvid inshych krajin* [Трансформуючи систему водної галузі, переймаємо досвід інших країн], <https://davr.gov.ua/news/transformuyuchi-sistemu-vodnoi-galuzi-perejmajemo-dosvid-inshih-krajin> [dostęp: 24.10.2019].
- Semerak O., *Iz sicznia w Ukraini zaprowadzuje'sia nowa systema monitorinhu wod* [Із 1 січня в Україні запроваджується нова система моніторингу вод], <https://menr.gov.ua/news/32737.html> [dostęp: 19.09.2018].
- Układ o stowarzyszeniu między Unią Europejską i jej państwami członkowskimi, z jednej strony, a Ukrainą, z drugiej strony*, Dz.U. UE L 161/3 z 29.05.2014, s. 3–2137.

WATER RESOURCES MANAGEMENT  
UNDER THE AGREEMENT BETWEEN THE EUROPEAN UNION AND UKRAINE  
ABOUT THE DEEP AND COMPREHENSIVE FREE TRADE AREA (DCFTA)

**Summary:** The process of Ukraine's implementation of the requirements of the Agreement between the European Union and Ukraine (DCFTA – Deep and Comprehensive Free Trade Area) in the area of water sector reform commitments is introduced in the article. It is indicated, that one of the main achievements is the approach to the river basin principle of water resources management, which is a requirement of Directive 2000/60 /EC of the *European Parliament* and of the *Council of October 23rd, 2000*. A new procedure for determining indicators for monitoring the country's water resources and a list of state institutions, which are responsible for collecting and analyzing the necessary data, is presented. In the next part of the article, the results of studies relating to the instructions for the analysis, how often as well as its practical application along with the presentation of the key differences of solutions that improve the system water resources monitoring are presented.

**Keywords:** DCFTA, water management reform, state water resources monitoring, water area, river basin management principle in managing water resources, water assessment tools

# CZEŚĆ IV

## METODY, MODELE I SYSTEMY INFORMATYCZNE JAKO NARZĘDZIA WSPOMAGAJĄCE PODEJMOWANIE DECYZJI



## SELECTED BIG DATA-BASED TOOLS FOR SUPPORTING DECISION MAKING AND RISK MANAGEMENT

**Abstract:** Decision making processes in modern industrial management benefit from Big Data processing. This paper presents selected tools for processing huge amounts of data, which can support decision makers in dealing with operational risk in following areas: process control, industrial logistics, and public transit planning. We begin with the Statistical Process Control (SPC) tools which can be used to control the entire production or service process. Dealing with the variability of large systems requires using statistical approach to prevent errors and to evaluate the quality of system performance. In the second part we concentrate on logistic flow planning, especially on tools for lot sizing and scheduling, which enable transforming aggregated data on the total demand into feasible and operable production schedules. It is an important aspect of manufacturing control and production management, as it can result in minimizing the total cost of set-up and processing and the total inventory cost. Finally, we focus on public transit planning and management which plays a critical role in the development of modern cities and industry. We review the most popular approaches and tools for the transfer synchronization and the interval synchronization, and we discuss their capability to process Big Data. This paper contributes with the review of analytical methods conducted from the perspective of their usefulness for Big Data analysis. We demonstrate that tools commonly used in managerial practice, such as process control, industrial logistics, and public transit planning, can support risk management.

**Keywords:** operational risk, risk management, decision making, Big Data, statistical process control, industrial logistics, optimization

### 1. INTRODUCTION

Nowadays, decision making processes in modern industrial management benefits strongly from processing huge amounts of data generated by devices used in manufacturing and logistics, for example smart manufacturing is a data-driven approach to real-time decision-making support (He, Wang 2018). Recent advances in the information and measurement technologies result in higher and higher precision of sensors, which can communicate with each other and create the Internet of Things (IoT) in the industry. Because of the exponential growth of the amount of data generated within the IoT decision makers in manufacturing and logistics need to use so-called Big Data as a source of information on which decision-making processes are based. This paper presents selected traditional tools for processing huge amounts of data in order to formulate recommendations for risk management.

---

\* AGH University of Science and Technology, Faculty of Management, Krakow, Poland

The term ‘Big Data’ is used for large sets of heterogeneous data: structured data, unstructured data, and semi-structured data (Oussous et al. 2018). Definitions of Big Data usually include 3 main features (3Vs): volume, velocity, and variety (Furht and Villanustre, 2016). Volume refers to huge amount of data continuously generated by devices and applications. The amount of generated, replicated and used data was estimated to be to ca. 8 ZB in 2015 (Rajaraman 2016) and in 2020 it is supposed to increase to ca. 40 ZB (Kune et al. 2016). Velocity is the speed of data generating, processing, and analyzing, so that they can provide useful information (Oussous et al. 2018). Variety of data results from the variety of their sources (public or private, complete or partial, centralized or distributed, and of different forms – e.g. movies, documents, notes, signals, etc.) and the ways how they are generated (structured and unstructured).

The remainder of this paper is as follows. In Section 2 we focus on the Big Data in manufacturing, where they are especially useful in process control and quality management. We show how we can use Statistical Process Control for dealing with Big Data processing. Section 3 is devoted to the lot-sizing and scheduling problems. The next section reviews combinatorial optimization-oriented methods for public transit planning and management. The main contribution of this paper is the review of selected analytical methods, which are commonly used in practice and discussion of their usability for the Big Data analysis from the perspective of risk management.

## 2. USE OF BIG DATA IN SELECTED AREAS OF INDUSTRIAL MANAGEMENT IN TERMS OF RISK MANAGEMENT

### 2.1. BIG DATA IN QUALITY MANAGEMENT

In manufacturing industry all the decision-making processes must be based on hard facts, hence control and monitoring of the selected features of products and processes have always been the key issue of the risk and quality management. Recent technological advances made data collection less expensive and time consuming and in the era of the Internet of Things this process demands minimal effort (He, Wang 2018). In every type of organization, we can observe growing tendency of applying approaches which originate from the Total Quality Management (TQM). Consequently, Statistical Process Control (SPC) – well-known approach to quality management (Feigenbaum 1983; Juran 1975; Oakland, Followell 1990) – becomes more and more popular as a method supporting processes management in the high series manufacturing. The usefulness of the SPC and its applicability in practice are described in (Oakland 2000): there are various characteristics of manufactured products. If this variability is considerable it is impossible to predict the value of the characteristic of any single item. However, using statistical methods makes it possible to take meager knowledge of individual items and turn it into meaningful statements which may then be used to make decisions about the process or batch of products.”

Each real process is variable, so it is necessary to use statistical tools to simulate and predict how specific features of a product may behave in time. The SPC tools enable us to

monitor characteristics of both the process and the product (or the service) and obtained data are used to control the course of the process (Oakland 2000). The objective is to monitor the variability of the process, so that errors in manufacturing can be avoided and the number of eliminated faults and defects can be reduced. The reason for avoiding defects in high series manufacturing is an exponential dependence between the moment of fault detecting and the costs of its rectification. The costs of elimination of faults and defects can vary depending on the moment when total inspection or skip-lot control was conducted. The costs can differ by 10–100 times (Kaplan et al. 2017).

From the Big Data perspective SPC – and consequently smart manufacturing – benefits from data gathering, since this methodology provides tools for detecting gaps from accepted values of variability factors quickly and easily. We should remember that these gaps are not always caused by worsening of monitored factors; sometimes they may result from improvements or other changes to which an enterprise needs to react. Once we use SPC to analyze bigger and bigger amounts of data, we can understand better variability of the main processes and improve control. Moreover, we can figure out what factors influence mostly the main processes and the entire enterprise operational risk. The challenges faced in the enterprise during adapting the SPC to operate on the Big Data are the same as in case of any other tool. A great advantage of the SPC are both the existing infrastructure as well as popularity and well-understanding of the SPC rules among employees of manufacturing companies.

## 2.2. BIG DATA IN INDUSTRIAL LOGISTICS

The keys to success in industrial logistics and management are planning and scheduling of supply deliveries and shipping of final products. Nowadays, manufacturers constantly receive a great number of highly customized orders; hence it is necessary to gather a huge amount of data and to process information quickly, so that enterprises can react to operational risk understood as: new orders and breakdowns by adjusting schedules to new conditions. Setting delivery and shipment dates depends mostly on the production schedule, which defines dates and order volumes of each material and semi-manufactured product, and due dates for each production stage. Industrial logistics includes lot-sizing and scheduling, since it provides lot sizes of each product as well as setup and processing times. The objective of the lot-sizing and scheduling problem is to minimize the total production costs, which includes the cost of generating production lots and inventory costs. When lots are relatively big, their number is reduced, so the setup cost is also reduced, but inventory costs increase. In contrary, small-sized lots result in the decrease of the inventory costs, but in the same time the setup costs and the costs of generating production lots increase. When solving the lot-sizing and scheduling problems we try to find the trade-off between these two types of costs.

The lot-sizing and scheduling problems origin from the order quantity planning problems; however, similarity between them is gone as we include more and more detailed requirements of planning. Both the order quantity planning problems and the lot-sizing and scheduling problems are solved using exact methods (based on mixed-integer programming) and heuristics. The most important issue to overcome is the variability of demand. From the very beginning of the research on this issue (Harris 1913), planners tried to include demand fluctuations.

The very first model, the Economic Order Quantity (EOQ), assumes that demand can differ between planning periods, but in each planning period is fixed (Harris 1913). The same assumption is adopted in a simple heuristic (Silver-Meal heuristic) (Silver, Meal 1973) and an exact method based on the dynamic programming (Wagner–Within algorithm) (Wagner, Whitin 1958). All the aforementioned methods have significant limitations, but their huge advantage is to deal with lot-sizing and scheduling in relatively short time, hence they were used to prepare initial production schedules as well as to re-schedule production in case of an unexpected event.

Technological advances made it possible to solve complex lot-sizing and scheduling problems with heterogenous machines and products. However, we still need to include in the problem lot order, setup and processing times, demands at each planning period as well as the availability of machines and staff (Brahimi et al. 2016; Drexl and Kimms, 1997; Gdowska, Książek 2012; Karimi et al. 2003). Due to constantly received orders, planning periods become shorter and shorter, so the shift from deterministic lot-sizing and scheduling methods towards dynamic ones is needed. Lot-sizing and scheduling problems are NP-hard (Jans, Degraeve 2007), so computing time for exact methods increases exponentially with the size of instances. Newly developed heuristics, which are capable to use Big Data and generate feasible solution in real time (e.g. Gdowska, Książek 2012; Haase 1994; Książek, Gdowska 2014) are highly desirable assets for operational risk management.

### 2.3. BIG DATA IN PUBLIC TRANSIT PLANNING AND MANAGEMENT

In transport, the main risk factor is robustness of a public transit system and it is assessed with different criteria. Therefore, a multi-criteria analysis based on the Big Data provides a powerful supporting tool for decision making in public transit planning and risk management. Strategic and operational planning and timetabling is based on exact methods applied to deterministic problems (Gdowska, Książek 2011; Ortúzar, Willumsen 2001; Schobel 2001). For instance, in public transit planning deterministic travel times over a given period of the day are considered – it may be minimal or average travel times between two subsequent nodes in a route in a given period of the day. Such an approach results in reducing computation time; however, fixed travel times may affect synchronization. Detailed reviews of works dedicated to public transport system planning and management are presented in Guihaire and Hao (2008); Ibarra-Rojas and Muñoz, (2015); Poorjafari and Yue (2013).

As far as utilization of the Big Data in public transit planning and risk management is concerned, the main issues of its applicability are the objective of synchronization and solving methods used. The most popular optimization criteria for synchronization problems are: minimizing the average waiting time (e.g. Adamski 1995; Castelli et al. 2004; Ceder et al. 2013), minimizing the total travel time (e.g. Chakroborty et al. 1995), maximizing the total number of synchronizations (e.g. Ibarra-Rojas, Muñoz 2015, Ceder et al. 2001; Eranki 2004; Ibarra-Rojas, Rios-Solis 2012; Ibarra-Rojas et al. 2015), maximizing the number of direct transfers (Ceder et al. 2013), or minimizing the coefficient of variation of intervals between subsequent arrivals (Gdowska 2016). Among frequently used exact methods can be listed: non-linear programming (Adamski 1995), mixed-integer programming (Bruno 2009; Castelli

et al. 2004; 2001), mixed-integer linear programming (Ibarra-Rojas, Muñoz 2015; Eranki 2004; Ibarra-Rojas, Rios-Solis 2012; Ibarra-Rojas et al. 2015), integer linear programming (Ceder et al. 2001), mixed non-linear programming (Chakroborty et al. 1995), and multi-criteria linear programming (Gdowska 2016). In order to deal with the computational complexity of exact models heuristic methods of different types are developed, e.g. genetic algorithms (Adamski 1995; Chakroborty et al. 1995), Lagrangian based heuristics (Castelli et al. 2004), constructive heuristics (Eranki 2004), local search algorithms (Ibarra-Rojas, Rios-Solis 2012), or multi-start variable neighborhood search algorithms (Ibarra-Rojas et al. 2015).

Exact methods proposed for public transit planning and management are based on combinatorial optimization, where computational complexity is a significant issue and it is correlated with the size instances. In other words, computation time increases with the number of trips to be synchronized and it is long even for relatively small instances. It is acceptable, because synchronization is included in timetable generating process and long-term timetables are not prepared every day, so planners can wait for optimal solutions. Nowadays, in public transit systems and logistics there is a need to adapt schedules dynamically to current conditions and risk factors, e.g. traffic jams, road accidents, or vehicle breakdowns. It can be possible only if huge amounts of data are collected from the system (which already happens) and are processed in real time, so that they can be used by decision making tools. Therefore, both exact methods and heuristics for generating timetables are developed. There are several approaches to the reduction of computation time. For instance, planning horizons are divided into small planning periods, so that generated instances are solvable with available computing power and memory (Gdowska 2016). Another approach is to develop and implement valid inequalities for timetabling problems (Ibarra-Rojas, Rios-Solis 2012). Moreover, metaheuristics for interval synchronization problems are being developed, so that timetables can be re-scheduled on-the-fly (e.g. Eranki 2004; Ibarra-Rojas, Rios-Solis 2012).

### 3. CONCLUSIONS

In this paper selected tools and methods used commonly in the industry are reviewed from the perspective of possible utilization for the operational risk management and Big Data processing. Nowadays, decision making in the industry more and more frequently faces the problem of processing and analyzing huge amounts of data obtained from process monitoring. We should remember that multithreading and complexity of the problems determine the choice of methods and tools supporting operational risk mitigation. Dealing with variability of each large system requires using statistical approach to prevent and monitor errors as well as to evaluate the quality of system performance. Using the Statistical Process Control (SPC) tools we can monitor a single product or a service but obtained information can be used to control the entire production chain. These tools are commonly used in practice, but in this paper, we concentrate on their usefulness for Big Data processing.

Logistic flow planning is an important aspect of manufacturing control and production management, which needs to consider the dates of material supply and re-supply, the earliest possible dates of parts and final products to be ready, and the due dates of orders. As logistics



flow planning includes re-scheduling and adjusting to the up-to-date conditions it requires processing huge amount of data, so that production schedules can be optimized. Tools used for lot-sizing and scheduling enables us to transform aggregated data on the total demand into a feasible and operable production schedule. The objective is to minimize the total cost of set-up and processing and the total inventory cost. In this paper we review the most popular tools for lot-sizing and scheduling from the perspective of their effectiveness in the Big Data processing.

Public transit plays a critical role in the development of modern cities. Urban public transit planning and management includes route and line planning, generating timetables, vehicle scheduling, and crew rostering. In this paper we focus on analytical methods used for decision support in timetabling synchronization process. We review the most popular approaches and tools for the transfer synchronization and the interval synchronization, and we discuss their capability to process the Big Data and to act as effective tools for support decision making in this area.

Methods and tools to which this paper refers can be considered as sources of data necessary for operational risk control and many enterprises use information obtained from them as input data for risk management system. In the era of Big Data and Industry 4.0, characteristic features of these tools enable decision-makers to benefit from them in far wider scope. Traditional approach to risk management in an enterprise focuses on selected aspects of operations, therefore, decision-makers cannot see the wider perspective. It should be emphasized that it disables monitoring of interactions between different risk factors.

Combining the tools presented in this paper may be the solution to the aforementioned shortages. In results we would be able not only to obtain data for risk control, but also, we could analyze and assess risks and identify their sources. Such a holistic approach to risk management using from one side existing tools and methods and from another side wider and wider access to data can be considered as foundations for the future powerful operational risk management in enterprises.

## REFERENCES

- Adamski A., 1995, *Real-time computer aided adaptive control in public transport from the point of view of schedule reliability*, [in:] *Computer-aided transit scheduling: proceedings of the Sixth international workshop on Computer aided scheduling of public transport: Lisbon, Portugal, July 1993*, eds. J.R. Daduna, I. Branco, J.M.P. Paixão, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems 430, Springer-Verlag, Berlin–Heidelberg–New York, pp. 278–295.
- Brahimi N., Dauzère-Pérès S., Najid N.M., Nordli A., 2006, *Single item lot sizing problems*, *European Journal of Operational Research*, 168, 1, pp. 1–16.
- Bruno G., Improta G., Sgalambro A., 2009, *Models for the schedule optimization problem at a public transit terminal*, *OR Spectrum*, 31, pp. 465–481.
- Castelli L., Pesenti R., Ukovich W., 2004, *Scheduling multimodal transportation systems*, *European Journal of Operational Research*, 155, 3, pp. 603–615.

- Ceder A., Golany B., Tal O., 2001, *Creating bus timetables with maximal synchronization*, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 35, 10, pp. 913–928.
- Ceder A., Hadas Y., McIvor M., Ang A., 2013, *Transfer Synchronization of Public-Transport Networks*, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2350, 1, pp. 9–16.
- Chakroborty P., Deb K., Subrahmanyam P.S., 1995, *Optimal scheduling of urban transit systems using genetic algorithms*, *Journal of Transportation Engineering*, 121, pp. 544–553.
- Drexl A., Kimms A., 1997, *Lot sizing and scheduling – Survey and extensions*, *European Journal of Operational Research*, 99, 2, pp. 221–235.
- Eranki A., 2004, *A model to create bus timetables to attain maximum synchronization considering waiting times at transfer stops*, MA thesis, University of South Florida, Department of Industrial and Management System Engineering, Florida.
- Feigenbaum A.V., 1983, *Total Quality Control*, McGraw-Hill, New York.
- Furht B., Villanustre F., 2016, *Introduction to Big Data*, [in:] *Big Data Technologies and Applications*, Springer International Publishing, Cham, pp. 3–11.
- Gdowska K., 2016, *Models and methods for harmonization of urban public transport timetables in a network with radial routes*, PhD thesis, AGH University of Science and Technology, Faculty of Management, Krakow.
- Gdowska K., Książek R., 2012, *The structure of the genetic algorithm of lot-sizing and scheduling problem formulated as capacitated lot sizing problem*, *Logistyka*, 2, pp. 559–565.
- Gdowska K., Książek R., 2011, *Choice of optimisation criteria for the timetabling problem in city public transportation for tram lines sharing intermediate stops*, [in:] *Aspects of production engineering and management*, eds. P. Łebkowski, AGH University of Science and Technology Press, Krakow, pp. 107–121.
- Haase K., 1994, *Lot sizing and scheduling for production planning*, [in:] *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, eds. M. Beckmann, H.-P. Kunzi, Springer-Verlag, Heidelberg – London – New York.
- Harris F.W., 1913, *How Many Parts to Make at Once*, *Factory*, *The Magazine of Management*, 10, pp. 135–136.
- He Q.P., Wang J., 2018, *Statistical process monitoring as a big data analytics tool for smart manufacturing*, *Journal of Process Control*, 67, pp. 35–43.
- Guihaire V., Hao J.-K., 2008, *Transit network design and scheduling: a global review*, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42, 10, pp. 1251–1273.
- Ibarra-Rojas O.J., Lopez-Irarragorri F., Rios-Solis Y.A., 2015, *Multiperiod Bus Timetabling*, *Transportation Science*, 50, 3, pp. 805–822.
- Ibarra-Rojas O.J., Muñoz J.C., 2015, *Synchronizing different transit lines at common stops considering travel time variability along the day*, *Transportmetrica A: Transport Science*, 12, 8, pp. 751–769.
- Ibarra-Rojas O.J., Rios-Solis Y.A., 2012, *Synchronization of bus timetabling*, *Transportation Research Part B*, 46, 5, pp. 599–614.
- Jans R., Degraeve Z., 2007, *Meta-heuristics for dynamic lot sizing: A review and comparison of solution approaches*, *European Journal of Operational Research*, 177, 3, pp. 1855–1875.
- Juran J.M., 1975, *Quality Control Handbook*, McGraw-Hill, New York.

- Kaplan R., Saługa P., Kamiński J., Grzesiak P., 2017, *Koncepcja wykorzystania statystycznego sterowania procesem w sektorze energetycznym*, Rynek Energii, 6, pp. 27–32.
- Karimi B., Ghomi F.S.M.T., Wilson J.M., 2003, *The capacitated lot sizing problem: a review of models and algorithms*, Omega, 31, 5, pp. 365–378.
- Książek R., Gdowska K., 2014, *Algorytmy heurystyczne wyznaczania wielkości produkcji dla znanego harmonogramu przebrożeń dla zadania planowania wielkości i szeregowania partii produkcyjnych*, Logistyka, 4, pp. 4597–4608.
- Kune R., Konugurthi P., Agarwal A., Chillarige R.R., Buyya R., 2016, *The Anatomy of Big Data Computing*, Software: Practice and Experience, 46, pp. 79–105.
- Oakland J.S., 2008, *Statistical Process Control*, Heinemann, London.
- Oakland J.S., Followell R.R., 1990, *Statistical Process Control*, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Ortúzar J., Willumsen L.G., 2001, *Modelling Transport*, John Wiley and Sons, Chichester – New York – Weinheim – Brisbane – Toronto – Singapore.
- Oussous A., Benjelloun F.-Z., Lahcen A.A., Belfkih S., 2018, *Big Data technologies: A survey*, Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences, 30, 4, pp. 431–448.
- Poorjafari V., Yue W.L., 2013, *Synchronisation of Public Transport Services: Comparison of Methods*, [in:] *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, <http://east.info/on-line/proceedings/vol9/PDF/P237.pdf> [access: 29.12.2019].
- Rajaraman V., *Big data analytics*, Resonance, 21, 2016, pp. 695–716.
- Schobel A., 2001, *A model for the delay management problem based on mixed-integer-programming*, Electronic Notes in Theoretical Computer Science, 50, 1, pp. 1–10.
- Silver E.A., Meal H.C., 1973, *A heuristic for selecting lot size quantities for the case of a deterministic time-varying demand rate and discrete opportunities for replenishment*, Production and Inventory Management, 14, 2, pp. 64–74.
- Wagner H.M., Whitin T.M., 1958, *Dynamic version of the economic lot size model*, Management Science, 5, pp. 89–96.

#### WYBRANE NARZĘDZIA BIG DATA DO WSPIERANIA PODEJMOWANIA DECYZJI I ZARZĄDZANIA RYZYKIEM

**Streszczenie:** Współcześnie decyzyjne procesy zarządcze oparte są na rezultatach przetwarzania dużych zbiorów danych. W niniejszym rozdziale przedstawiono wybrane narzędzia do przetwarzania dużych ilości danych, które mogą pomóc decydentom w radzeniu sobie z ryzykiem operacyjnym w następujących obszarach: kontrola procesu, logistyka przemysłowa i planowanie transportu publicznego w miastach. Na początku rozdziału omówione zostały narzędzia statystycznej kontroli procesu (SPC), które można wykorzystać do kontrolowania całego procesu produkcyjnego lub usługowego. Radzenie sobie ze zmiennością dużych systemów wymaga zastosowania podejścia statystycznego w celu zapobiegania błędom oceny jakości działania systemu. W drugiej części rozdziału skoncentrowano się na logistycznym planowaniu przepływu w systemie produkcyjnym, w szczególności na narzędziach do harmonogramowania i wyznaczania wielkości partii, które umożliwiają przekształcanie zagregowanych danych dotyczących całkowitego zapotrzebowania w możliwe i wykonalne harmonogramy produkcji. Jest to ważny aspekt planowania i sterowania produkcją, ponieważ może skutkować minimalizacją całkowitych kosztów przebrożeń i wytwarzania oraz całkowitych kosztów zapasów. W kolejnej części rozdziału przedstawiono problem planowania miejskiego transportu zbiorowego,

który odgrywa kluczową rolę w rozwoju nowoczesnych miast. Dokonano przeglądu najpopularniejszych podejść i narzędzi do synchronizacji transferowej i interwałowej oraz omówiono ich możliwość wykorzystania w nich analizy dużych zbiorów danych. Rozdział ten stanowi przegląd metod analitycznych przeprowadzonych pod kątem ich przydatności do analizy dużych zbiorów danych. Przedstawiono narzędzia powszechnie stosowane w praktyce menedżerskiej, takie jak kontrola procesu, logistyka przemysłowa i planowanie transportu publicznego w mieście, które mogą wykorzystywać Big Data do wspierania zarządzania ryzykiem.

**Słowa kluczowe:** ryzyko operacyjne, zarządzanie ryzykiem, podejmowanie decyzji, Big Data, statystyczna kontrola procesów, logistyka przemysłowa, optymalizacja

*This work was supported by the AGH University of Science and Technology with the grant for the maintenance of research potential.*



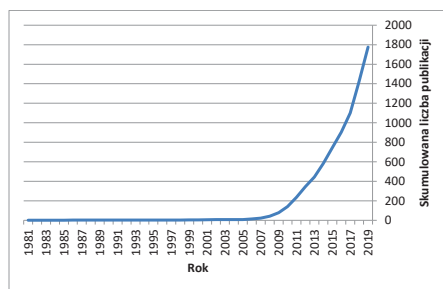
## DODATKOWE MOŻLIWOŚCI WSPOMAGANIA DECYZJI OFEROWANE PRZEZ METODĘ DEMATEL

**Streszczenie:** Metoda DEMATEL stanowi uznane i popularne narzędzie wspomaganie decyzji o długoletniej historii i licznych praktycznych zastosowaniach. Jednak zastosowania te obejmują jedynie podstawowe mechanizmy obliczeniowe. W rzeczywistości metoda oferuje także szereg innych – dziś zapomnianych – możliwości wspomaganie decyzji, których zastosowanie mogłoby wzbogacić współczesną analizę decyzji. W pracy przypomniano pozostałe elementy oryginalnej propozycji autorów metody, wykorzystując w tym celu ich raporty, nieznanne większości obecnych jej użytkowników.

**Słowa kluczowe:** DEMATEL, metoda, oryginał, elementy, opis, zastosowanie

### 1. WPROWADZENIE

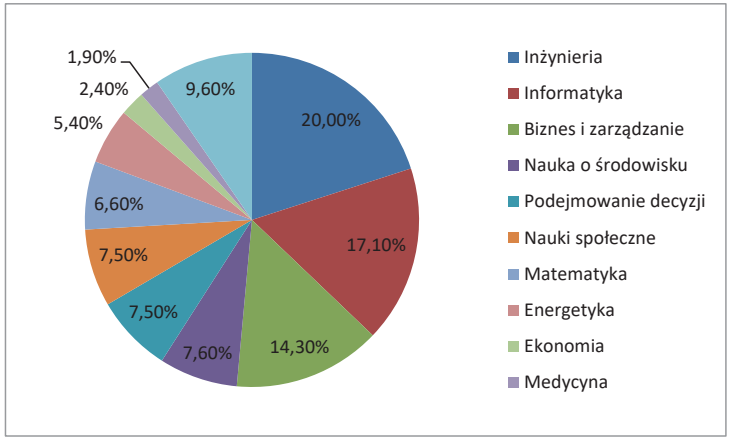
Metodę DEMATEL opracowano w celu rozwiązania konkretnego zagadnienia – identyfikacji i percepcji zasadniczych problemów świata pierwszej połowy lat 70. XX wieku. Jednak obecnie stanowi ona uznane uniwersalne narzędzie, które przysłużyło się do rozwiązania wielu problemów praktycznych z różnych dziedzin (Sheng i in. 2018). Świadczą o tym również dane prezentowane przez uznane bazy bibliograficzne, np. przez bazę Scopus (por. rys. 1 i 2).



Rys. 1. Informacja na temat liczby publikacji związanych z metodą DEMATEL

Źródło: Baza Scopus, <https://www.scopus.com> [dostęp: 19.07.2020]

\* AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Zarządzania, Katedra Zarządzania w Energetyce

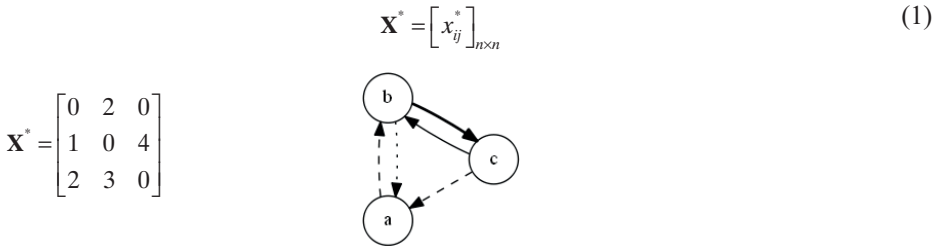


**Rys. 2.** Informacja na temat dziedzin zastosowań metody DEMATEL

Źródło: Baza Scopus, <https://www.scopus.com> [dostęp: 19.07.2020]

W trakcie wykorzystywania metody obecnie znajduje zastosowanie jedynie ograniczona liczba jej podstawowych, doskonale znanych elementów, do których należą (Dytczak 2010):

- ocena bezpośredniego wpływu  $n$  elementów rozważanego systemu  $x_{ij}^*$  ( $i, j = 1, \dots, n$ ) na podstawie skali o pewnej liczbie stopni (oryginalnie o 5 stopniach: 0–4), wyrażającej stopniowy wzrost wpływu od jego braku (poziom 0) do poziomu ekstremalnego, oraz ilustracja struktury tego wpływu za pomocą macierzy bezpośredniego wpływu i skierowanego grafu bezpośredniego wpływu (rys. 3):



**Rys. 3.** Przykładowa postać macierzy bezpośredniego wpływu ( $n = 3$ ) oraz odpowiadający jej graf bezpośredniego wpływu dla systemu złożonego z obiektów a, b i c

- agregacja  $K$  eksperckich opinii ( $\mathbf{X}_k^*$ ,  $k = 1 \dots K$ ) w przypadku wykorzystania opinii grona  $K$  ekspertów, w wyniku której otrzymuje się macierz zagregowanego bezpośredniego wpływu:

$$\mathbf{X}^* = \frac{\sum_{k=1}^K \mathbf{X}_k^*}{K} \tag{2}$$

- przekształcenie macierzy bezpośredniego wpływu do postaci zapewniającej zbieżność ciągu wyników podnoszenia jej do kolejnych naturalnych potęg:

$$\mathbf{X}^* \rightarrow \mathbf{X}: \lim_{l \rightarrow \infty} \mathbf{X}^l = 0 \quad (3)$$

- wyznaczenie struktury całkowitego wpływu elementów systemu i jej zilustrowanie w postaci macierzowej (za pomocą macierzy całkowitego wpływu  $\mathbf{T}$ ) i grafowej (za pomocą skierowanego grafu całkowitego wpływu) oraz przeprowadzenie dwuwymiarowej klasyfikacji elementów systemu, wykorzystującej dwa wskaźniki (pozycję  $s^+$  i relację  $s^-$ ) w celu ich podziału na przyczyny i skutki (na podstawie relacji) oraz określenia siły ich powiązań (na podstawie prominenacji):

$$\mathbf{T} = [t_{ij}]_{n \times n} = \mathbf{X}(\mathbf{I} - \mathbf{X})^{-1} \quad (4)$$

$$s_i^+ = \sum_{j=1}^n t_{ij} + \sum_{j=1}^n t_{ji}, \quad s_i^- = \sum_{j=1}^n t_{ij} - \sum_{j=1}^n t_{ji} \quad (5)$$

Na metodę składają się również inne interesujące elementy. Informacje na ich temat można znaleźć w oryginalnych raportach jej twórców – Emilio Fontela i André Gabusa z Batelle Memorial Institute w Genewie (*World problems...* 1973; Gabus 1974; Fontela 1974; Fontela, Gabus 1975; Gabus, Fontela 1975; Gabus, Fontela 1976). Niestety, od końca pierwszego dziesięciolecia XXI w., gdy były jeszcze powszechnie dostępne w internetowym serwisie André Gabusa, trudno do nich dotrzeć. Zapewne stąd właśnie tak niski poziom świadomości na temat pełnego potencjału metody. Dlatego pracę poświęcono jej oryginalnym, niewykorzystywanym obecnie elementom.

W podrozdziale 2 przedstawiono oryginalne przedsięwzięcie badawcze, w ramach którego opracowano metodę. W podrozdziale 3 opisano dodatkowe, mało znane, elementy metody, posługując się przykładami ich zastosowania do realizacji ww. przedsięwzięcia. Pracę podsumowano wnioskami na temat potencjału opisanych elementów metody.

## 2. PRZEDSIĘWZIĘCIE BADAWCZE DEMATEL

### 2.1. PRZEZNACZENIE

Metoda DEMATEL stanowi wynik realizacji przedsięwzięcia o nazwie *Decision Making Trial and Evaluation Laboratory of the Science and Human Affairs Program of the Batelle Memorial Institute (World problems...* 1973). Przedsięwzięcie realizowano w genewskim oddziale Batelle Memorial Institute w latach 1972–1974. Jego zasadniczym celem była identyfikacja złożonej wskutek globalizacji struktury powiązań problemów ówczesnego świata oraz różnic w percepcji tej struktury. Realizatorzy tego przedsięwzięcia chcieli w ten sposób nawiązać do wysiłków podejmowanych wtedy przez różne instytucje – od prywatnych grup, przez uniwersytety, aż po władze różnych krajów i organizacje międzynarodowe – dla rozpoznania możliwych kierunków przyszłego rozwoju świata.

Ostatecznie na podstawie dostępnych źródeł (deklaracji, naukowych raportów artykułów, książek oraz materiałów konferencyjnych) zidentyfikowano 48 problemów świata



podzielonych na 14 grup (*World problems...* 1973; Fontela, Gabus 1978). Pierwsza z grup dotyczyła przeszkód dla właściwej organizacji świata (problemy 1–4). Druga – naruszenia praw narodów (problemy 5–7). Trzecia – niewydolności instytucji (problemy 8–10). Czwarta – trudności w poprawie standardu życia szybko powiększającej się populacji (11–13). Piąta – problemów rozwiniętych społeczeństw industrialnych (problemy 14–16). Szósta – społecznego wykluczenia (problemy 17–19). Siódma – przemocy (problemy 20–23). Ósma – niedociągnięć w edukacji i międzyludzkiej komunikacji (problemy 24–26). Dziewiąta – przebudzenia się ludzkiej motywacji (problemy 27–30). Dziesiąta – degradacji i zniekształcania środowiska (problemy 31–35). Jedenasta – problemów w produkcji i technologii (problemy 36–40). Dwunasta – niestabilności monetarnej (problemy 41–42). Trzynasta – przeszkód w kształtowaniu międzynarodowych relacji gospodarczych (problemy 43–45). Czternasta – niepowodzenia w zaspokajaniu podstawowych potrzeb ludności krajów słabo rozwiniętych (problemy 46–48).

Wyszczególnione problemy mają zróżnicowany charakter, np. część z nich wykazuje globalny charakter, a inne – regionalny. Wskutek różnic w percepcji tych samych problemów przez różnych obserwatorów mogły być one postrzegane przez niektórych jako kontrowersyjne, a jednocześnie jako oczywiste przez innych.

## 2.2. POZYSKIWANIE DANYCH

W celu zapewnienia wiarygodnych, holistycznych danych – odpowiadających złożonemu charakterowi rozważanego zagadnienia – realizatorzy przedsięwzięcia postanowili wykorzystać doświadczenie i wiedzę, intuicję i racjonalne spojrzenie takich ekspertów, którzy z uwagi na pełnione funkcje i zajmowane pozycje mogą realnie wpływać na rozwój sytuacji na świecie. Aby pozyskać opinie ekspertów, pomagających w pełnym zrozumieniu istoty rozważanych problemów oraz powiązań między nimi, opracowano w 1972 r. badania ankietowe (Gabus 1974). Sposób formułowania pytań o mieszanym – otwartym i zamkniętym charakterze – został dostosowany do potrzeb analizy strukturalnej dokonywanej za pomocą metody DEMATEL, utworzonej specjalnie w celu analizy pozyskiwanych informacji. Dlatego poproszono ekspertów m.in. o wyrażenie opinii na temat kierunku i intensywności bezpośredniego wpływu ewentualnego rozwiązania poszczególnych problemów na rozwiązanie problemów z nimi powiązanych. Użyty sposób formułowania pytań miał także pomóc ekspertom w jednoznacznym wyrażeniu opinii, pomagających w identyfikacji wzorców – przypadków zgodności i konfliktowego charakteru opinii różnych ekspertów, na podstawie których można by ustalać ekspertyzy o zbieżnych poglądach. Proces pozyskiwania opinii ekspertów obejmował dwa etapy: oficjalne zaproszenie eksperta oraz wyrażenie przez niego opinii przez odpowiedź na pytania. Badania ankietowe miały wieloetapowy charakter, wykorzystujący sprzężenie zwrotne, polegające na komunikowaniu ekspertowi wyników analizy wyrażonych przez niego opinii, które jednocześnie pomagało mu w ewentualnej korekcie swej opinii w kolejnym kroku. Natomiast zagregowane wyniki analizy wykorzystywano do komunikowania rezultatów realizacji przedsięwzięcia szerszej publiczności.

Ostatecznie do udziału w badaniach zaproszono ekspertów reprezentujących zróżnicowane środowiska: decydentów z administracji rządowej i samorządowej, opiniotwórców z biznesu, polityki, związków pracowniczych itp. oraz opiniotwórców ze środowisk artystycznych,

naukowych, religijnych itp. Aby uwzględnić istnienie zróżnicowanych uwarunkowań geograficznych, kulturowych i gospodarczych, zadbano również o to, by wybrani eksperci reprezentowali różne kontynenty i kraje zarówno wysoko, jak i słabo rozwinięte. Przy tym dopuszczono możliwość rekrutacji więcej niż jednego przedstawiciela określonego kraju. Dzięki temu można było wzbogacić analizę wyników procesu pozyskiwania opinii ekspertów badaniami podobieństw i różnic w postrzeganiu problemów świata przez różnych reprezentantów tych samych krajów.

Realizację badań rozpoczęto w 1973 r., a zakończono w pierwszej połowie 1974 r. W trakcie badań podjęto próbę pozyskania opinii 48 wstępnie wytypowanych ekspertów. W rezultacie uzyskano 32 kompletne zestawy danych opisujących strukturę zależności między problemami (strukturę bezpośredniego wpływu problemów). W grupie 32 ekspertów, którzy dostarczyli kompletne odpowiedzi na pytania, byli przedstawiciele pięciu kontynentów (oprócz Australii). 13 z nich pochodziło z krajów Europy Zachodniej (7 z Francji, 3 ze Szwajcarii i po 1 z Austrii, Hiszpanii i Włoch), 10 z obu Ameryk (8 z USA, a po 1 z Brazylii i Kanady), 7 z Azji (5 z Japonii, a po 1 z Indii i Tajlandii), zaś 2 z Afryki (po 1 z Senegalu i Wybrzeża Kości Słoniowej). Kraje słabo rozwinięte reprezentowało 5 ekspertów z Brazylii, Indii, Senegalu, Tajlandii i Wybrzeża Kości Słoniowej. Pochodzenie ekspertów wyjaśnia tabela 1, w której podano również identyfikujące ich trzycyfrowe kody, zastosowane w celu ułatwienia analiz opinii ekspertów oraz zwięzłej i czytelnej prezentacji wyników.

**Tabela 1**  
Pochodzenie ekspertów

Ekspert	Kod	Liczba
<b>Rząd/ administracja</b>		11
Delegat/ doradca premiera	003, 006, 111, 112, 132	5
Minister	108, 126, 128	3
Wysoki urzędnik administracji publicznej	110, 135	2
Wysoki przedstawiciel międzynarodowej organizacji	117	1
<b>Opiniotwórcy/ przedsiębiorcy</b>		12
Lider związku pracowniczego	123, 124	2
Reprezentant partii politycznej	133, 134	2
Senator	004, 109	2
Felietonista	107, 113	2
Dyrektor korporacji	116, 122, 125, 129	4
<b>Pozostali opiniotwórcy</b>		9
Profesor uniwersytecki	101, 105, 118	3
Badacz	005, 106, 121	3
Przedstawiciel religii	007, 104, 127	3

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Fontela, Gabus 1976)

### 3. POZOSTAŁE ELEMENTY METODY DEMATEL

Poniżej zaprezentowano szereg elementów metody (Fontela 1974), które zostały opracowane i wykorzystane przez jej twórców do realizacji ich oryginalnego przedsięwzięcia, a które potem były jedynie śladowo wykorzystywane lub nie korzystano z nich wcale i dlatego dziś nie są znane. Zaprezentowano je w układzie odpowiadającym poszczególnym elementom pełnego zakresu oryginalnej wersji metody: analizie struktur bezpośredniego, pośredniego i całkowitego wpływu oraz analizie indywidualnej i grupowej percepcji problemów świata.

#### 3.1. ANALIZA STRUKTURY BEZPOŚREDNIEGO WPLYWU

Fontela i Gabus (1976) zaproponowali przeprowadzanie analizy znaczenia i roli rozważanych problemów świata nie tylko na podstawie wyników identyfikacji całkowitego wpływu, ale również na podstawie informacji pozyskanej bezpośrednio od ekspertów. Dlatego do wyrażenia bezpośredniego wpływu  $i$ -tego kolejnego problemu ( $i = 1, \dots, n$ ) na inne problemy oraz innych problemów na ten problem wykorzystali oni sumy elementów odpowiednich wierszy i kolumn macierzy bezpośredniego wpływu:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij}^*, \quad \sum_{j=1}^n x_{ji}^* \quad (6)$$

Podobny sposób pomiaru mógł być także użyty w odniesieniu do opinii poszczególnych ekspertów ( $k = 1, \dots, K$ ):

$$\sum_{j=1}^n x_{kij}^*, \quad \sum_{j=1}^n x_{kji}^* \quad (7)$$

dla przekazania im konsekwencji przyjętych przez nich opinii.

Powyższe miary zostały przez Fontelę i Gabusa wykorzystane do wskazania najbardziej newralgicznych problemów – najsilniej wpływających na inne problemy oraz poddanych najsilniejszemu oddziaływaniu pozostałych problemów.

#### 3.2. ANALIZA STRUKTURY POŚREDNIEGO WPLYWU

Zgodnie z opinią autorów metody (Fontela, Gabus 1973), struktura całkowitego wpływu problemów, określona macierzą całkowitego wpływu  $\mathbf{T}$  (4) może być przedstawiona w postaci złożenia struktur bezpośredniego wpływu problemów  $\mathbf{X}$ , określonej bezpośrednio na podstawie opinii ekspertów oraz wynikającej z niej struktury pośredniego wpływu  $\Delta\mathbf{X}$ :

$$\mathbf{T} = \mathbf{X} + \Delta\mathbf{X} \quad (8)$$

Strukturę pośredniego wpływu wyraża suma wyników podnoszenia macierzy bezpośredniego wpływu  $\mathbf{X}$  do kolejnych potęg, będących liczbami naturalnymi, począwszy od potęgi równej 2:

$$\Delta\mathbf{X} = \mathbf{X}^2 + \mathbf{X}^3 + \mathbf{X}^4 \dots = \sum_{l=2}^{\infty} \mathbf{X}^l \quad (9)$$

Okazuje się, że dzięki spełnieniu przez macierz bezpośredniego wpływu  $\mathbf{X}$  warunku (3) strukturę pośredniego wpływu można łatwo oszacować dzięki zastosowaniu formuły podobnej do (4):

$$\Delta \mathbf{X} = \mathbf{X}^2 (\mathbf{I} - \mathbf{X})^{-1} \quad (10)$$

Znajomość struktury pośredniego wpływu dała Fonteli i Gabusowi możliwość wzbogacenia analizy wpływu problemów badaniami procesu kształtowania jego ostatecznej struktury.

### 3.3. ANALIZA STRUKTURY CAŁKOWITEGO WPŁYWU

Poza oczywistym wykorzystaniem wskaźników pozycji i relacji (5) w trakcie analizy struktury całkowitego wpływu, twórcy metody skorzystali również z miar podobnych do (6) i (7) do określenia całkowitego wpływu poszczególnych problemów i na poszczególne problemy. Miary te przedstawiają się następująco:

$$\sum_{j=1}^n t_{ij}, \quad \sum_{j=1}^n t_{ji} \quad (11)$$

w odniesieniu do zbiorczych wyników analizy całkowitego wpływu, a w odniesieniu do wyników zastosowania opinii  $k$ -tego kolejnego eksperta ( $k = 1, \dots, K$ ):

$$\sum_{j=1}^n t_{kij}, \quad \sum_{j=1}^n t_{kji} \quad (12)$$

przy czym macierze  $\mathbf{T}_k$  otrzymujemy w sposób podobny do wyznaczania macierzy  $\mathbf{T}$  (3):

$$\mathbf{T}_k = [t_{kij}]_{n \times n} = \mathbf{X}_k (\mathbf{I} - \mathbf{X}_k)^{-1} \quad (13)$$

zakładając, że każda z macierzy bezpośredniego wpływu  $\mathbf{X}_k$  spełnia następujący warunek, analogiczny do warunku (3):

$$\mathbf{X}_k^* \rightarrow \mathbf{X}_k : \lim_{l \rightarrow \infty} \mathbf{X}_k^l = 0 \quad (14)$$

Struktury całkowitego wpływu problemów, wynikające z przetworzenia informacji dostarczonej przez ekspertów zgodnie ze wzorami (2)–(4), można również badać pod kątem występowania sprzężeń tego wpływu. Twórcy metody wykorzystali w tym celu binarną macierz  $\mathbf{B}$ , której elementy równe 1 sygnalizują istnienie całkowitego wpływu  $i$ -tego kolejnego problemu na kolejny problem  $j$ -ty, a elementy zerowe – brak takiego wpływu ( $i, j = 1, \dots, n$ ):

$$b_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{dla } t_{ij} \neq 0 \\ 0 & \text{dla } t_{ij} = 0 \end{cases} \quad (15)$$

Macierz **B** została użyta przez Fontelę i Gabusa jako uniwersalne narzędzie do wyrażania charakteru relacji między problemami. Na jej podstawie można bowiem otrzymać macierz **C**:

$$\mathbf{C} = \mathbf{C}(\mathbf{B}) = \mathbf{B} + \mathbf{B}^T \quad (16)$$

której elementy, w przypadku każdej z par kolejnego *i*-tego i kolejnego *j*-tego problemu, sygnalizują: brak wpływu któregośkolwiek z problemów na drugi spośród nich ( $c_{ij} = 0$ ), wpływ tylko jednego spośród nich na drugi ( $c_{ij} = 1$ ) oraz wpływ każdego spośród nich na drugi, czyli sprzężenie wpływu ( $c_{ij} = 2$ ).

Podobnie jak w przypadku analizy struktury bezpośredniego wpływu problemów (podrozdział 3.1), twórcy metody wykorzystali wskaźniki (11) i (12) do identyfikacji niewrażliwych problemów. Natomiast elementy macierzy **C** zostały przez nich użyte do identyfikacji sprzężeń problemów.

#### 3.4. ANALIZA OGÓLNEJ PERCEPCJI PROBLEMÓW

Metoda DEMATEL została także przystosowana przez Fontelę i Gabusa do analizy indywidualnego charakteru problemów i ich powiązań. W tym celu można wykorzystać uśrednione opinie ekspertów  $\mathbf{X}^*$  (2):

$$\mathbf{X}^* = \frac{\sum_{k=1}^{32} \mathbf{X}_k^*}{32} \quad (17)$$

Na ich podstawie można bowiem było zidentyfikować najsilniejsze bezpośrednie powiązania pomiędzy poszczególnymi problemami. Na przykład w tabeli 2 wyszczególniono pięć takich powiązań, odnotowanych w trakcie realizacji przedsięwzięcia.

**Tabela 2**

Najsilniejsze uśrednione powiązania między problemami

Lp.	<i>i</i>	Interpretacja problemu nr <i>i</i>	<i>j</i>	Interpretacja problemu nr <i>j</i>	$x_{ij}^*$
1	41	Inflacja	42	Funkcjonowanie systemu monetarnego	3,312
2	43	Niedostateczna dostępność kapitału dla krajów słabo rozwiniętych	36	Marnowanie zasobów ludzkich	2,969
3	46	Niedostateczne żywnienie ludności w krajach słabo rozwiniętych	47	Wysoka chorobowość w krajach słabo rozwiniętych	2,937
4	14	Występowanie chorób cywilizacyjnych	15	Brak poczucia bezpieczeństwa	2,781
5	17	Rasizm	18	Niekorzystna sytuacja mniejszości	2,750

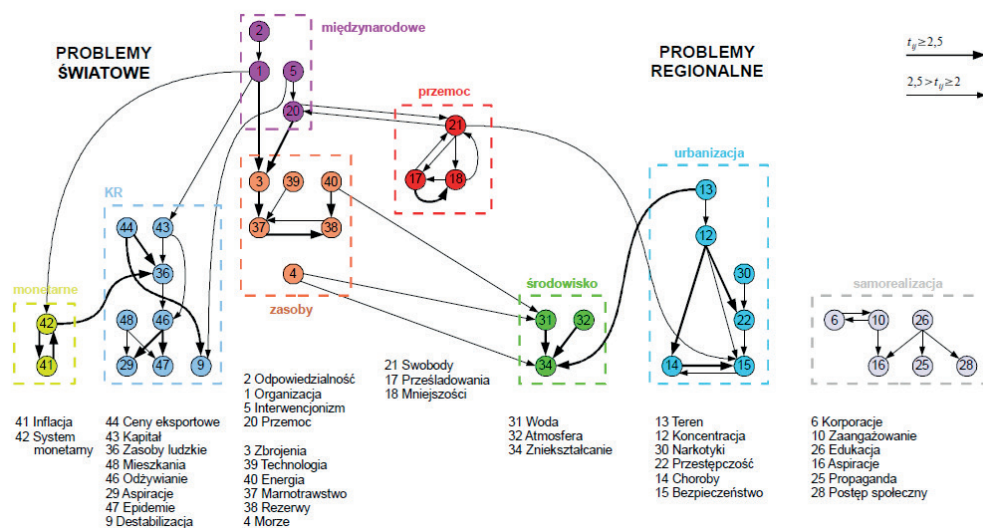
Źródło: opracowanie własne na podstawie (Fontela, Gabus 1976)

Do analizy ogólnej percepcji problemów można również użyć graficznej interpretacji struktury bezpośredniego wpływu. Z uwagi na znaczącą liczbę powiązań między problemami

Fontela i Gabus byli zmuszeni do ograniczenia liczby powiązań uwzględnionych w grafie przeciętnego bezpośredniego wpływu problemów do powiązań najsilniejszych. W tym celu arbitralnie przyjęli oni wartość progową uśrednionego bezpośredniego wpływu na poziomie 2,0. Wynikającą stąd strukturę bezpośredniego wpływu przedstawia rysunek 4. Jak widać, dzięki uwzględnieniu jedynie najsilniejszych bezpośrednich powiązań problemów rzeczywiście zapewniono przejrzystość ilustracji struktury.

Inny pomysł twórców metody polegał na zliczaniu wystąpień relacji problemów, ocenionych przez ekspertów na pewnym poziomie intensywności bezpośredniego wpływu. W tym celu użyli pięciu kwadratowych macierzy  $M_o$  ( $o=0, \dots, 4$ ). Ich elementom  $m_{oij}$  ( $i, j=1, \dots, n$ ) zostały przypisane liczby ekspertów, którzy ocenili intensywność bezpośredniego wpływu  $i$ -tego kolejnego problemu na problem  $j$ -ty ( $i, j=1, \dots, n$ ) na poziomie co najmniej równym  $o$  ( $k=1, \dots, K$ ):

$$x_{kij}^* \geq o \quad (18)$$



Rys. 4. Struktura uśrednionego bezpośredniego wpływu  $X^*$ , określonego na podstawie (17)

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Fontela, Gabus 1976)

Macierze  $M_0, M_1, M_2, M_3, M_4$  pozwoliły Fonteli i Gabusowi na identyfikację najczęściej pojawiających się w opiniach ekspertów zależności między problemami o takim samym kierunku i intensywności bezpośredniego wpływu. Zauważmy również, że poszczególne wiersze i kolumny powyższych macierzy odnoszą się odpowiednio do przyczynowego oraz skutkowego charakteru poszczególnych problemów. Dlatego analizując zawartość wierszy i kolumn tych macierzy, można także identyfikować problemy przodujące pod względem przyczynowości i skutkowego charakteru.

Oryginalna propozycja Fonteli i Gabusa pozwala również identyfikować najczęściej uznawane przez ekspertów sprzężenia bezpośredniego wpływu zachodzące między problemami. W analogii do macierzy  $\mathbf{B}$  (15), znajdującej zastosowanie w trakcie analizy całkowitego wpływu problemów (zob. podrozdział 3.3), można bowiem skonstruować binarną macierz  $\mathbf{E}$ , wyrażającą jakościowy charakter bezpośrednich powiązań między problemami, której elementy odzwierciedla następująca formuła ( $i, j = 1, \dots, n$ ):

$$e_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{dla } x_{ij}^* \neq 0 \\ 0 & \text{dla } x_{ij}^* = 0 \end{cases} \quad (19)$$

Z kolei w analogii do macierzy  $\mathbf{C}$  (16) można wtedy sformułować macierz  $\mathbf{F}$  wyrażającą charakter bezpośrednich powiązań problemów:

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}(\mathbf{E}) = \mathbf{E} + \mathbf{E}^T \quad (20)$$

której elementy  $e_{ij}$  równe zero sygnalizują brak bezpośredniego wpływu kolejnego  $i$ -tego problemu na kolejny  $j$ -ty problem, elementy równe 1 wyrażają bezpośredni, jednokierunkowy wpływ  $i$ -tego problemu na problem  $j$ -ty, a równe 2 wskazują na występowanie sprzężenia bezpośredniego wpływu między tymi problemami ( $i, j = 1, \dots, n$ ). Macierz tę można więc wykorzystać w sposób podobny jak macierz do identyfikacji sprzężonych ze sobą problemów, jednak tym razem w odniesieniu do bezpośredniego wpływu.

### 3.5. ANALIZA INDYWIDUALNEJ PERCEPCJI PROBLEMÓW

W ramach oryginalnej procedury metody DEMATEL jej twórcy przewidzieli również możliwość analizy podobieństw i różnic opinii ekspertów (Fontela, Gabus 1975). W tym celu zaproponowali wyrażanie stopnia różnicy między opiniami różnych ekspertów za pomocą specjalnej metryki. Wykorzystuje ona pojęcie odległości między jakościowymi obrazami struktur bezpośredniego wpływu w przestrzeni  $n$  problemów. Przy tym do wyrażania jakościowego charakteru struktury bezpośredniego wpływu, zaproponowanej przez  $k$ -tego kolejnego eksperta użyto binarnej macierzy  $\mathbf{D}_k$ , analogicznej do macierzy  $\mathbf{B}$  (15). Jej elementy są określane w następujący sposób ( $i, j = 1, \dots, n$ ):

$$d_{kij} = \begin{cases} 1 & \text{dla } x_{kij}^* \neq 0 \\ 0 & \text{dla } x_{kij}^* = 0 \end{cases} \quad (21)$$

Wspomniana powyżej metryka, w odniesieniu do różnic w opiniach między  $k$ -tym a  $l$ -tym kolejnym ekspertem ( $k, l = 1, \dots, K$ ) przedstawia się następująco:

$$d_{kl}^* = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (d_{kij} - d_{lij})^2}{n^2} \quad (22)$$

Przyjmuje ona wartości od 0 (dla braku jakichkolwiek różnic w opiniach ekspertów) do liczby bliskiej jedności (w przypadku pełnej niezgodności opinii). Stanowi ona miarę braku

podobieństwa opinii ekspertów. Dlatego w celu wyrażenia podobieństwa opinii wykorzystano jej dopełnienie do jedności:

$$p_{kl}^* = 1 - d_{kl}^* \quad (23)$$

Wartość wskaźnika  $p_{kl}^*$  bliska jego wartości maksymalnej równej 1 odpowiada więc pełnemu podobieństwu opinii, a im opinie obu ekspertów są bardziej rozbieżne, tym bardziej wartość wskaźnika zbliża się do 0. W przypadku oryginalnego przedsięwzięcia Fonteli i Gabusa okazało się, że najbardziej podobne pod względem jakościowym struktury bezpośredniego wpływu zaproponowali eksperci 107 i 122, dla których otrzymano wartość tego wskaźnika równą 0,972.

Inny pomysł twórców metody polegał na wykorzystaniu metryki  $d_{kl}^*$  (22) do zbudowania macierzy odległości  $\bar{\mathbf{D}}$ , wyrażającej jakościowe różnice między strukturami bezpośredniego wpływu zaproponowanymi przez wszystkich ekspertów. Elementy tej macierzy opisuje przeciętna odległość euklidesowa punktów reprezentujących jakościowe opinie ekspertów w przestrzeni problemów ( $k, l = 1, \dots, K$ ):

$$\bar{d}_{kl} = \sqrt{d_{kl}^*} \quad (24)$$

Na podstawie wyników identyfikacji najbardziej popularnych zdaniem ekspertów relacji zachodzących między problemami oraz charakteru poszczególnych problemów (zob. podrozdział 3.4) można także pokusić się o kojarzenie ze sobą ekspertów w taki sam sposób postrzegających te relacje i charakter problemów. Na przykład wyniki przeprowadzonej w trakcie oryginalnych badań Fonteli i Gabusa analizy elementów macierzy  $\mathbf{M}_3$  doprowadziły do odkrycia, że sześć najbardziej popularnych związków między problemami jest uznawanych za najważniejsze przez 11 z 32 ekspertów. Postępując w analogiczny sposób, można również kojarzyć ekspertów dzielących opinie na temat najbardziej popularnych związków i części problemów związanych z określonym zagadnieniem, np. warunkami życia w krajach słabo rozwiniętych.

Oprócz możliwości badania podobieństwa opinii ekspertów warto także zwrócić uwagę na możliwość analizy stopnia zgodności opinii ekspertów z uwagi na kierunek relacji bezpośredniego wpływu problemów, a także z uwagi na charakter poszczególnych problemów wynikający z analizy całkowitego wpływu, przeprowadzonej odrębnie na podstawie opinii poszczególnych ekspertów.

W celu analizy zgodności kierunku relacji bezpośredniego wpływu wyrażonych macierzami  $\mathbf{X}_k^*$  można wykorzystać  $K$  binarnych macierzy  $\mathbf{G}_k$  ( $k = 1, \dots, K$ ), które podobnie jak macierz  $\mathbf{E}$  (19) wyrażają kierunek relacji bezpośredniego wpływu problemów ( $i, j = 1, \dots, n$ ):

$$g_{kij} = \begin{cases} 1 & \text{dla } x_{kij}^* \neq 0 \\ 0 & \text{dla } x_{kij}^* = 0 \end{cases} \quad (25)$$

Zauważmy, że liczba potencjalnych niezgodności opinii między dwoma ekspertami jest równa liczbie elementów każdej z macierzy  $\mathbf{G}_k$ . Ponieważ liczba ta wynosi  $n^2$ , to stopień



zgodności opinii  $k$ -tego kolejnego i  $l$ -tego kolejnego eksperta ( $k, l = 1, \dots, K$ ) można wyrazić liczbą zgodnych opinii (wynoszącą maksymalnie  $n^2$ ), wyrażoną następującą formułą:

$$\Delta g_{kl} = n^2 - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n |g_{kij} - g_{lij}| \quad (26)$$

Fontela i Gabus wykorzystali również możliwość badania zgodności opinii ekspertów w kontekście charakteru poszczególnych problemów. W tym celu można użyć wskaźników analogicznych do wskaźnika (26), ale odnoszących się do pojedynczych wierszy (badanie zgodności w kontekście przyczynowości problemu) lub kolumn (badanie zgodności w kontekście skutkowego charakteru problemu). Na przykład w odniesieniu do kontekstu przyczynowości  $i$ -tego kolejnego problemu ( $i = 1, \dots, n$ ) można by zastosować wskaźnik:

$$\Delta h_{i\ kl}^+ = n - \sum_{j=1}^n |g_{kij} - g_{lij}| \quad (27)$$

a w odniesieniu do jego charakteru skutkowego wskaźnik:

$$\Delta h_{i\ kl}^- = n - \sum_{j=1}^n |g_{kji} - g_{lji}| \quad (28)$$

Przy tym całkowitej zgodzie ekspertów odpowiadają maksymalne wartości tych wskaźników równe liczbie problemów  $n$ .

Zastosowanie powyższych wskaźników pozwala na wyciągnięcie interesujących wniosków na temat różnic w postrzeganiu przyczynowości i skutkowości problemów. Na przykład w rezultacie badań Fonteli i Gabusa okazało się, że zatrudnieni przez nich eksperci byli częściej zgodni co do skutkowego charakteru problemów niż co do ich przyczynowości.

W celu realizacji analizy zgodności w kontekście ostatecznego charakteru problemów twórcy metody zaproponowali porównanie podziałów problemów na przyczyny i skutki, uzyskanego na podstawie analiz (13), przeprowadzonych odrębnie na podstawie opinii dostarczonych przez poszczególnych ekspertów. Przy czym w przypadku opinii wyrażonych przez kolejnego  $k$ -tego eksperta ( $k = 1, \dots, K$ ) do określenia ostatecznego charakteru  $i$ -tego kolejnego problemu ( $i = 1, \dots, n$ ) wykorzystali oni różnicę między wierszami i kolumnami macierzy  $\mathbf{T}_k$ :

$$\Delta t_{ki} = \sum_{j=1}^n t_{kij} - \sum_{j=1}^n t_{kji} \quad (29)$$

kojarząc przyczynowość problemu z dodatnią, a jego skutkowy charakter – z ujemną wartością tej różnicy.

Ponieważ w praktyce trudno zawsze spodziewać się pełnej zgodności ekspertów, Fontela i Gabus zaproponowali, by uznawać za zgodnych takich ekspertów, którzy mają takie samo zdanie na temat roli więcej niż 2/3 problemów (a więc 33 spośród 48 w przypadku oryginalnych badań). Na tej podstawie zdołali oni podzielić 22 ekspertów na sześć grup o liczebności od dwóch do ośmiu członków. Opinie pozostałych 10 ekspertów nie pozwoliły na ich przydzielenie do żadnej z tych grup.

Inny pomysł twórców metody polegał na określaniu odpowiednio licznych grup zgodnych ekspertów mianem „szkół myśli”, reprezentujących podobne spojrzenie na problemy świata.

Ostatecznie uznali oni, że na miano to zasługują grupy złożone z więcej niż dwóch ekspertów:

- grupa złożona z ośmiu ekspertów o kodach: 003, 004, 110, 125, 126, 129, 133, 134,
- grupa złożona z sześciu ekspertów o kodach: 007, 118, 127, 128, 132, 135.

Co ciekawe, wydzielenie szkół myśli znalazło dodatkowe uzasadnienie w radykalnych różnicach opinii. O ile bowiem pierwsza, bardziej liczna ze szkół myśli grupuje wyłącznie przedstawiciele administracji i środowisk opiniotwórczych rozwiniętej części świata, uznających hierarchiczny charakter struktury jego problemów, o tyle druga szkoła zgromadziła reprezentantów krajów słabo rozwiniętych, religii i nauki, przychylnych postrzeganiu tej struktury w bardziej złożony sposób.

#### 4. WNIOSKI

Metoda DEMATEL stanowi obecnie narzędzie o ugruntowanej renomie (Shen i in. 2018). Lektura oryginalnych raportów twórców metody, niedostępnych szerszemu gronu obecnych użytkowników, świadczy jednak o tym, że w praktyce wykorzystywana jest jedynie część potencjału tej metody. Dlatego w pracy dokonano przeglądu nieużywanych obecnie oryginalnych elementów metody. Dotyczą one przede wszystkim wszechstronnej analizy opinii ekspertów i rezultatów ich stosowania. Zasady korzystania z tych elementów wyjaśniono na przykładzie realizacji przedsięwzięcia badawczego (*World Problems... 1973*), na której potrzeby zostały one opracowane. Na podstawie przedstawionych rozważań można stwierdzić, że zaprezentowane elementy pozwalają znacząco wzbogacić analizy wykonywane przy użyciu metody DEMATEL. Przede wszystkim dlatego, że nie tylko pomagają w usystematyzowaniu przeprowadzanych analiz i we wszechstronnym wykorzystaniu opinii ekspertów, ale również sprzyjają pozyskiwaniu dodatkowej wiedzy na temat funkcjonowania modelowanych systemów.

Na zakończenie warto jeszcze raz podkreślić oryginalny i źródłowy charakter pracy. Wskutek braku szerokiego dostępu do oficjalnych raportów na temat pełnej wersji metody i stojącej za nią motywacji jej twórców, można ją bowiem traktować – zwłaszcza na gruncie krajowym – jako deficytowy materiał źródłowy, który może przyczynić się do pełnego wykorzystania potencjału metody DEMATEL.

#### LITERATURA

Dytczak M., 2010, *Wybrane problemy rozwiązywania wielokryterialnych problemów w budownictwie i dziedzinach pokrewnych*, Politechnika Opolska, Opole.

Fontela E., 1974, *DEMATEL 1973 Report: Analytical Methods*, Batelle-Geneva, Geneva.

Fontela E., Gabus A., 1975, *DEMATEL 1974 Report: Structural Analysis of the World Problematique*, Batelle-Geneva, Geneva.

Fontela E., Gabus A., 1978, *La problématique mondiale: l'enquête Dematel*, Futuribles, Mars-Avril, s. 211–221.

Gabus A., 1974, *DEMATEL 1973 Report: Communication Procedure*, Batelle-Geneva, Geneva.

- Gabus A., Fontela E., 1975, *DEMATEL 1975 Report: Perceptions of the World Problematique*, Batelle-Geneva, Geneva.
- Gabus A., Fontela E., 1976, *The DEMATEL Observer: DEMATEL 1976 Report*, Batelle-Geneva, Geneva.
- World Problems: An invitation to Further Thought*, 1973, red. A. Gabus, E. Fontela, Batelle-Geneva, Geneva.
- Sheng-Li S., Xiao-Yue Y., Hu-Chen L., Ping Z., 2018, *DEMATEL Technique: A Systematic Review of the State-of-the-Art Literature on Methodologies and Applications*, Mathematical Problems in Engineering, article 3696457.

#### ADDITIONAL DECISION-MAKING POSSIBILITIES OFFERED BY THE DEMATEL METHOD

**Summary:** The DEMATEL method is a recognized and popular tool for supporting decisions with a long history and numerous practical applications. However, these applications only cover basic computational mechanisms. In fact, the method offers other – seemingly forgotten – options for decision support, the use of which could also enrich contemporary decision analysis today. Therefore, the work reminds the other elements of the original proposal of the authors of the method, using for this purpose the original reports, unknown to most current users of the method.

**Keywords:** DEMATEL, method, original, elements, description, application

*Publikacja została sfinansowana przez Akademię Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie (subwencja na utrzymanie i rozwój potencjału badawczego).*

## ZASTOSOWANIE WYBRANYCH METOD WSPOMAGANIA DECYZJI W PROCESIE ZAOPATRZENIA W PRZEDSIĘBIORSTWIE SEKTORA ROŚLIN OZDOBNYCH

**Streszczenie:** Podejmowane decyzje w procesie zaopatrzenia mają znaczący wpływ na rozwój przedsiębiorstw handlowych, produkcyjnych czy usługowych. W ogólnym rozumieniu decyzja kojarzy się z dokonywaniem wyborów, rozwiązywaniem pojawiających się problemów, określaniem celów i kierunków działania, jak również doбором metod służących ich realizacji. W rozdziale przedstawiono zastosowanie dwóch metod do podejmowania decyzji w procesie zaopatrzenia w przedsiębiorstwie handlowym sektora roślin ozdobnych. Wykorzystano klasyczną metodę ABC, która posłużyła do klasyfikacji asortymentu oraz zaprezentowano możliwość zastosowania wielokryterialnej metody hierarchicznej analizy problemów decyzyjnych (AHP). Celem głównym zastosowania metod był dobór asortymentu (kwiatów ciętych) z punktu wystąpienia popytu w okresie obchodzonych w Polsce 14 lutego walentynek. Do badań wykorzystano dane sprzedażowe wybranych kwiatów ciętych, pochodzące z przedsiębiorstwa branży kwiatowej, działającego na obszarze województwa małopolskiego.

**Słowa kluczowe:** wielokryterialne podejmowanie decyzji, wspomaganie podejmowania decyzji, metoda ABC, metoda AHP, proces zaopatrzenia

### 1. WPROWADZENIE

Każde przedsiębiorstwo handlowe, produkcyjne czy usługowe realizuje zadania i ustala cele w wyniku podejmowanych decyzji, które są elementem zarządzania przedsiębiorstwem. Ma to spowodować pożądany przebieg procesów oraz zjawisk, których rezultatem ma być poprawa działalności danego podmiotu/ przedsiębiorstwa (Ogryczak 1997). W przedsiębiorstwach handlowych rynku kwiatowego decyzje podejmowane w procesie zakupów powinny być takie, aby zaspokoić występujący w danym czasie popyt na określony asortyment. Wyznacznikiem zmieniającego się zapotrzebowania na kwiaty cięte w ciągu roku są między innymi zdarzenia i zjawiska, które wykazują specyficzną okresowość związaną z kalendarzem (święta, popularne imieniny, imprezy okolicznościowe) i przebiegają odmiennie w zależności od dnia tygodnia czy miesiąca. Podjęcie właściwych decyzji w procesie zaopatrzenia wymaga poznania potrzeb nabywców, preferencji rynku, a także ich determinantów, co przekłada się na konkretne zachowania zakupowe. Ze względu na specyfikę rynku oraz produktu rolę

---

\* AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Zarządzania, Katedra Inżynierii Zarządzania

decydenta jest dobór asortymentu w taki sposób, aby w pełni zaspokoić występujący popyt w czasie, a jednocześnie zminimalizować straty wynikające z nadmiaru asortymentu, co jest szczególnie ważne w przypadku asortymentu o krótkiej trwałości, jakim są kwiaty cięte. Gdy decydent ma do czynienia z dużą liczbą wariantów decyzyjnych, ocenianych przez pryzmat wielu kryteriów, brak metodycznego podejścia i oparcie się jedynie na intuicyjnym wyborze mogą prowadzić do fatalnych w skutkach decyzji.

Przedmiotem badań jest proces decyzyjny w przedsiębiorstwie handlowym branży kwiatowej, gdzie decydent ma do czynienia z dużą liczbą wariantów decyzyjnych, spośród których chce wybrać wariant najlepiej odpowiadający jego preferencjom. Problem decyzyjny dotyczy doboru asortymentu (typy kwiatów) istotnego w związku z wystąpieniem przyszłego zapotrzebowania w okresie obchodzonego w Polsce święta zakochanych (walentynki). Celem głównym badań było wykorzystanie dwóch metod: analizy ABC oraz metody AHP do wspomagania podejmowanych decyzji zakupowych w przedsiębiorstwie branży kwiatowej. Do badań posłużyły dane prezentujące tygodniową sprzedaż kwiatów ciętych w latach 2012–2018 w okresie walentynkowym. Analizę ABC wykorzystano do podziału asortymentu na trzy istotne grupy: A, B i C, zaś wynikiem analizy jest informacja, jaki asortyment (kwiaty) ma największe znaczenie w związku z wystąpieniem zapotrzebowania w badanym okresie. Asortyment tworzący grupę A posłużył jako warianty decyzyjne w metodzie AHP, która umożliwiła analizę przedstawionego problemu decyzyjnego w formie hierarchicznej struktury. W prezentowanym przykładzie wyróżniono główny cel, kryteria oraz warianty decyzyjne.

Zaprezentowano wyniki z uzyskanych analiz oraz oceniono przydatność wykorzystanych metod oraz wskazano walory metody AHP.

## 2. WYBRANE METODY WSPOMAGANIA DECYZJI

### 2.1. ANALIZA ABC

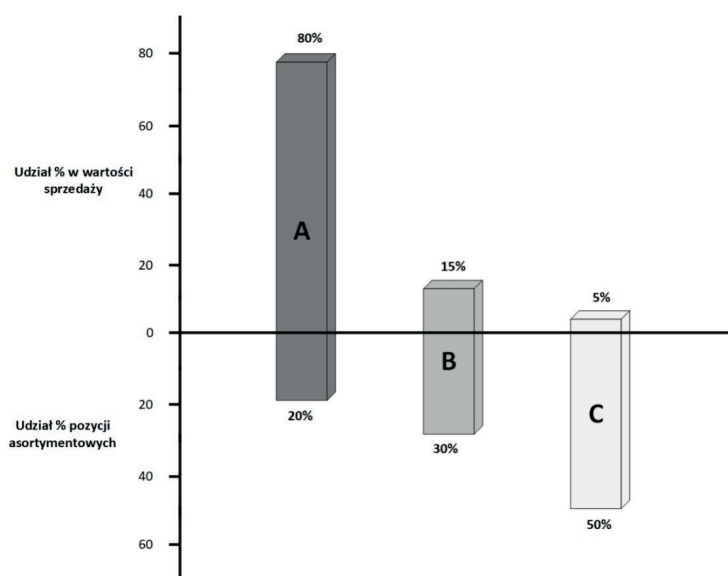
Analiza ABC jest jedną z metod znajdujących zastosowanie w logistyce zaopatrzenia, która jest odmianą analizy Pareto–Lorenza, zgodnie z którą 20% zbioru tworzącego klasę A generuje 80% wartości całego zbioru. Metoda ABC powstała na potrzeby uszeregowania pozycji asortymentowej wchodzącej w skład zapasów. Pozwala ona dokonać podziału produktów na trzy grupy o procentowym udziale wynoszącym: A – 80%, B – 15%, C – 5%. W klasyfikacji ABC otrzymujemy obraz statyczny, odzwierciedlający pozycję danego produktu w każdym z badanych okresów. Podstawowe założenie analizy jest takie, że okres wykorzystywany do obliczeń musi być wspólny dla wszystkich produktów oraz musi być zapewniona jednolitość cech i jednostek, w jakich są one mierzone. Kryterium porządkowania może stanowić wielkość zapotrzebowania, produkcji lub sprzedaży w danym okresie. Dzięki analizie ABC łatwiej można znaleźć równowagę między wielkością zapasów towarów a popytem na niego (Krzyżaniak 2005). Analiza ABC jest analizą jednokryterialną, nie ma zatem możliwości uwzględnienia kilku parametrów jednocześnie. Natomiast możliwe jest kilkukrotne wykonanie

analizy, za każdym razem uznając jako kryterium inną cechę, a następnie dokonanie syntezy wyników, przyjmując stosowne wagi dla każdej cechy (Kaczor, Lorenc 2012).

Klasyfikacja najczęściej jest wykonywana według kryteriów (Felix, Chan 2011; Niemczyk 2011):

- wartości sprzedaży lub zysku ze sprzedaży,
- częstości pobrań,
- wielkości wydań,
- wagi i objętość.

Wyniki tej analizy przedstawiono na rysunku 1.



**Rys. 1.** Podział asortymentów materiałowych według metody ABC

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Sarjusz-Wolski 1998)

Poniżej przedstawiono etapy procedury postępowania w klasyfikacji ABC:

1. Wybór cechy (kryterium), dla którego będzie wykonywana analiza wraz z określeniem okresu, z którego będą uwzględniane dane.
2. Opracowanie listy towarów, które będą poddane klasyfikacji. Można dla nich przyjąć następujące oznaczenia:
  - $P_1, \dots, P_m$  – nazwy produktów,
  - $w, \dots, w_m$  – wartość kryteriów,
  - $m = 1, 2, 3 \dots$  – indeks produktów.
3. Uporządkowanie listy towarów według wartości kryterium malejąco, poczynając od największej.

4. Obliczenie całkowitej wartości kryterium:

$$W = \sum_{i=1}^m w_i \quad (1)$$

gdzie:

$W$  – całkowita wartość kryterium,

$w_i$  – wartość analizowanego kryterium.

5. Obliczanie udziału w całkowitej wartości kryterium wyrażonej w procentach:

$$r_i = \frac{w_i}{w}; \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

6. Obliczenie skumulowanego wskaźnika udziału sum częściowych rekurencyjnie:

$$\begin{aligned} q_1 &= w_1 \\ q_k &= q_{k-1} + w_k; \quad k = 2, 3, \dots, m \end{aligned} \quad (3)$$

gdzie:

$q_k$  – suma wskaźnika udziału  $k$ -tego produktu,

$w_k$  – wartość  $k$ -tego kryterium.

7. Określenie wartości granicznych dla grup. Zazwyczaj przyjmuje się wartość udziału skumulowanego: A = 80%, B = 15%.

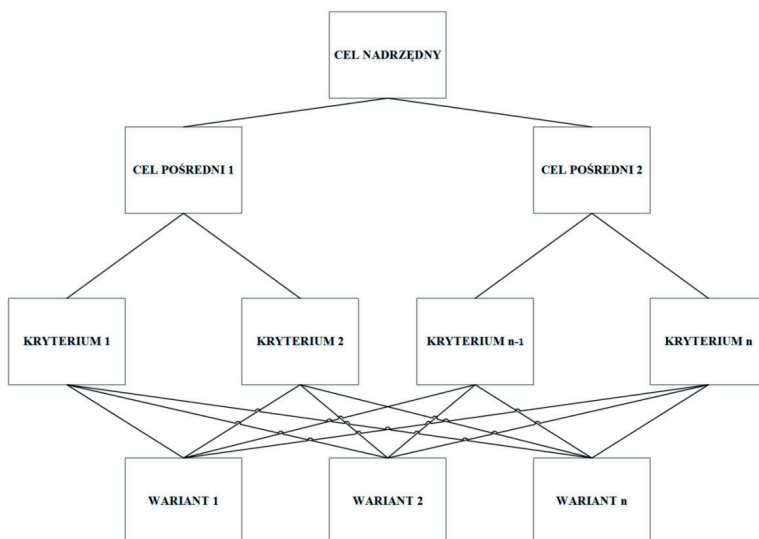
8. Podział produktów na grupy:  $A \in (0; 80]$ ;  $B \in (80; 95]$ ;  $C \in (95; 100]$ .

## 2.2. METODA AHP

Metoda procesu analizy hierarchicznej (ang. *Analytic Hierarchy Process*, AHP) jest jedną z metod analizy wielokryterialnej. Została opracowana w latach 70. XX wieku przez Thomasa L. Saaty'ego z Uniwersytetu w Pittsburgu, USA (Saaty 1980). Jest ona techniką określania ocen z wykorzystaniem bezwzględnej skali dla kryteriów mierzalnych i niemierzalnych. Jednym z jej głównych zagadnień jest ocena ilościowa, a warianty decyzyjne są analizowane w ramach oceny porównawczej lub diagnostycznej (Saaty 1994). Metodę AHP realizuje się w czterech etapach (Drake 1998).

1. Wybór uszeregowanych hierarchicznie kryteriów analizy.
2. Ustalenie wag poszczególnych kryteriów przez porównania z parami z zastosowaniem dziewięciostopniowej skali Saaty'ego.
3. Ocena, jak analizowane rozwiązania spełniają poszczególne kryteria, przez porównania rozwiązań parami z zastosowaniem dziewięciostopniowej skali Saaty'ego.
4. Obliczenie ostatecznej oceny poszczególnych rozwiązań, którą jest suma iloczynów wag przypisanych poszczególnym kryteriom i stopnia spełnienia danego kryterium przez analizowane rozwiązanie.

Przykład prostej struktury hierarchicznej przedstawiono na rysunku 2.



**Rys. 2.** Hierarchiczna struktura decyzyjna

Źródło: opracowanie na podstawie (Downarowicz i in. 2000)

Oceny liczbowe i werbalne w metodzie AHP przedstawia tabela 1.

**Tabela 1**

Oceny liczbowe i werbalne w metodzie AHP

Ocena liczbowa	Ocena słowna (werbalna, jakościowa)
1	równoważny (tak samo preferowany)
2	równoważny do nieznacznie preferowany
3	nieznacznie preferowany
4	nieznacznie do silnie preferowany
5	silnie preferowany
6	silnie do bardzo silnie preferowany
7	bardzo silnie preferowany
8	bardzo silnie do wyjątkowo preferowany
9	wyjątkowo preferowany

Źródło: opracowanie na podstawie (Saaty 1994)

W badaniu problemu decyzyjnego metodą AHP ważna jest spójność ocen kryteriów, tożsama z przechodniością wag kryteriów. Aby oceny ważności kryteriów można było uznać



za spójne, wartość wyliczanego wskaźnika CR nie powinna być większa od 0,1 (Saaty 1994). Stosunek zgodności (CR) wyznaczany jest ze wzoru:

$$CR = \frac{CI}{r} < 0,1 \quad (5)$$

gdzie:

- $CI$  – współczynnik zgodności,
- $r$  – współczynnik losowych zgodności.

Wartość współczynnika zgodności macierzy porównań ( $CI$ ) wyznaczana jest zgodnie ze wzorem:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{r(n-1)} < 0,1 \quad (6)$$

gdzie:

- $\lambda_{max}$  – współczynnik niespójności,
- $n$  – liczba kryteriów (wierszy w macierzy),
- $r$  – współczynnik losowych zgodności.

Współczynnik niespójności dla poszczególnych kryteriów oblicza się jako iloczyn sumy ocen i wag poszczególnych kryteriów. Współczynnik losowych zgodności  $r$  jest zależny od liczby uwzględnianych kryteriów. Wartości współczynnika  $r$  dla określonej liczby kryteriów  $n$  przedstawia tabela 2.

**Tabela 2**

Wartość współczynnika  $r$  dla określonej liczby kryteriów  $n$

$n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$r$	0,00	0,00	0,52	0,89	1,12	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Miszczyński 2007)

Można również analogicznie wyznaczyć spójność preferencji wariantów decyzyjnych dla każdego kryterium. Za  $n$  przyjmuje się liczbę wariantów decyzyjnych (nie liczbę kryteriów). Synteza ważności kryteriów i preferencji alternatyw dla każdego kryterium polega na przemnożeniu wagi danego kryterium przez wartość oceny wariantu decyzyjnego dla tego kryterium. Wynikiem jest ranking wariantów ze względu na otrzymaną miarę jakości każdej alternatywy decyzyjnej (Zdanowicz 2006).

### 3. MATERIAŁY I METODY BADAWCZE

Materiałem źródłowym do badań były dane sprzedażowe pochodzące z przedsiębiorstwa handlowego branży kwiatowej, prowadzącego działalność na terenie województwa

małopolskiego. Dane wykorzystane do przeprowadzenia analizy ABC to szereg czasowy prezentujący tygodniową sprzedaż wybranej grupy kwiatów ciętych w jednostce sztuka, które cieszyły się największą popularnością w okresie walentynek w latach 2012–2018. Do klasyfikacji asortymentu zastosowano metodę ABC, gdzie kryterium porządkowania była tygodniowa sprzedaż w badanym okresie. Analizę przeprowadzono dla każdego roku osobno (lata 2012–2018). Wynikiem analizy był podział asortymentu na trzy grupy: A – 80%, B – 15% i C – 5%. Analizie poddano dziewięć kolorów róży z podziałem na jej osiem długości pędów. Wymagało to wykonania następujących czynności:

- określenie zakresu pozycji asortymentu – zebranie danych tygodniowej sprzedaży poszczególnych pozycji asortymentu (72 typów kwiatów);
- do obliczeń przyjęto wspólny okres dla każdego produktu – jednostka tydzień charakteryzujący się występowaniem święta walentynek;
- przyjęto jednolitość jednostek, w jakich są one mierzone – jednostka sztuki;
- klasyfikacji dokonano według przyjętego kryterium podziału – tygodniowa wielkość sprzedaży.

Pierwszym etapem analizy jest uporządkowanie asortymentu towarowego malejąco według wielkości sprzedaży w poszczególnych tygodniach roku. Następnie wyliczono narastające sumy wielkości obrotu dla kolejnych pozycji i obliczono procentowy udział pojedynczego asortymentu (typ kwiatu) w sprzedaży całkowitej. Ostatni etap to pogrupowanie towaru na trzy podstawowe grupy: A, B i C. Wyniki przedstawia rysunek 3.

Uzyskane wyniki informują, że:

- grupę A tworzą wszystkie kwiaty, które stanowią 80% wielkości sprzedawanego asortymentu w analizowanym okresie;
- w grupie B znajdują się towary, które stanowią około 15% wielkości sprzedawanego asortymentu w analizowanym okresie;
- w grupie C znajduje się pozostały asortyment, który stanowi 5% wielkości sprzedawanego asortymentu.

Analizując uzyskane wyniki (rys. 3), można zauważyć, że róże, takie jak: 70\_R, 50\_R, 30\_R, 60\_R, 80\_R, 40\_R są asortymentem, który w każdym analizowanym roku (2012–2018) tworzył grupę A. Pozostały asortyment zmieniał swoje sfery w poszczególnych latach. Asortyment tworzący w każdym analizowanym roku grupę A posłużył jako warianty decyzyjne w metodzie AHP.

W celu prezentacji zastosowania metody AHP do wskazania istotnego asortymentu przy podejmowaniu decyzji w procesie zaopatrzenia na okres charakteryzujący się występowaniem święta walentynek ocenie zostanie poddany asortyment, w którego skład wchodzi sześć rodzajów kwiatów: 70\_R, 50\_R, 30\_R, 60\_R, 80\_R, 40\_R. Kwiaty zostały wytypowane na podstawie wyników klasyfikacji uzyskanych metodą ABC.

Jako kryteria (cele pośrednie) oceny zostały przyjęte następujące parametry:

- K1 – maksymalna wielkość sprzedaży,
- K2 – najmniejsze odchylenie standardowe,
- K3 – maksymalny współczynnik trendu liniowego.

Lp.	Kwiaty	Rok							Lp.	Kwiaty	Rok						
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018			2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	30_B	C	C	A	A	A	A	C	37	70_B	A	A	B	A	B	A	A
2	30_C	C	C	A	A	A	A	C	38	70_C	B	B	B	C	C	C	C
3	30_G	C	C	A	A	A	A	C	39	70_G	C	C	C	C	C	C	C
4	30_L	C	C	A	A	A	A	C	40	70_L	C	C	C	B	C	B	C
5	30_O	C	C	A	A	A	A	C	41	70_O	B	B	B	B	C	A	C
6	30_P	C	C	A	A	A	A	C	42	70_P	C	C	C	A	B	B	B
7	<b>30_R</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>43</b>	<b>70_R</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>
8	30_W	C	C	A	A	A	A	C	44	70_W	C	C	C	C	C	C	C
9	30_Y	C	C	A	A	A	A	C	45	70_Y	A	B	A	B	C	A	B
10	40_B	B	A	A	C	B	C	C	46	80_B	B	B	C	C	C	B	C
11	40_C	B	C	B	B	C	C	C	47	80_C	C	C	C	C	C	B	C
12	40_G	C	C	C	C	C	C	C	48	80_G	C	C	C	C	C	C	C
13	40_L	C	C	C	B	B	C	B	49	80_L	C	C	C	C	C	B	C
14	40_O	B	C	B	C	C	C	C	50	80_O	C	B	C	C	B	B	C
15	40_P	B	C	C	B	B	C	C	51	80_P	C	C	C	B	C	B	B
16	<b>40_R</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>52</b>	<b>80_R</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>A</b>
17	40_W	C	C	C	C	C	C	C	53	80_W	C	C	C	C	C	C	C
18	40_Y	A	A	A	B	C	C	B	54	80_Y	B	B	B	C	C	B	B
19	50_B	A	A	B	B	A	A	A	55	90_B	C	C	C	C	C	C	C
20	50_C	A	B	B	B	C	C	C	56	90_C	C	C	C	C	C	C	C
21	50_G	C	C	C	C	C	C	C	57	90_G	C	C	C	C	C	C	C
22	50_L	C	C	C	B	B	A	A	58	90_L	C	C	C	C	C	C	C
23	50_O	A	B	A	A	B	C	B	59	90_O	C	C	C	C	C	C	C
24	50_P	B	B	C	B	A	A	B	60	90_P	C	C	C	C	C	B	C
25	<b>50_R</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>61</b>	<b>90_R</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
26	50_W	C	B	C	B	C	B	C	62	90_W	C	C	C	C	C	C	C
27	50_Y	A	A	A	A	B	B	B	63	90_Y	B	C	C	C	C	B	C
28	60_B	A	B	B	A	A	A	A	64	10_A	B	C	A	A	B	A	C
29	60_C	A	A	A	C	C	C	C	65	100_B	C	C	C	C	C	C	C
30	60_G	C	C	C	C	C	C	C	66	100_G	C	C	C	C	C	C	C
31	60_L	C	C	C	B	B	B	A	67	100_L	C	C	C	C	C	C	C
32	60_O	A	A	A	A	B	B	C	68	100_O	C	C	C	C	C	C	C
33	60_P	B	A	B	A	A	A	A	69	100_P	C	C	C	C	C	C	C
34	<b>60_R</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>70</b>	<b>100_R</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>C</b>
35	60_W	C	C	B	B	C	B	C	71	100_W	C	C	C	C	C	C	C
36	60_Y	A	A	A	A	C	A	B	72	100_Y	C	C	C	C	C	C	C

Rys. 3. Wynik klasyfikacji ABC sprzedaży kwiatów w latach 2008–2014

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z przedsiębiorstwa branży kwiatowej

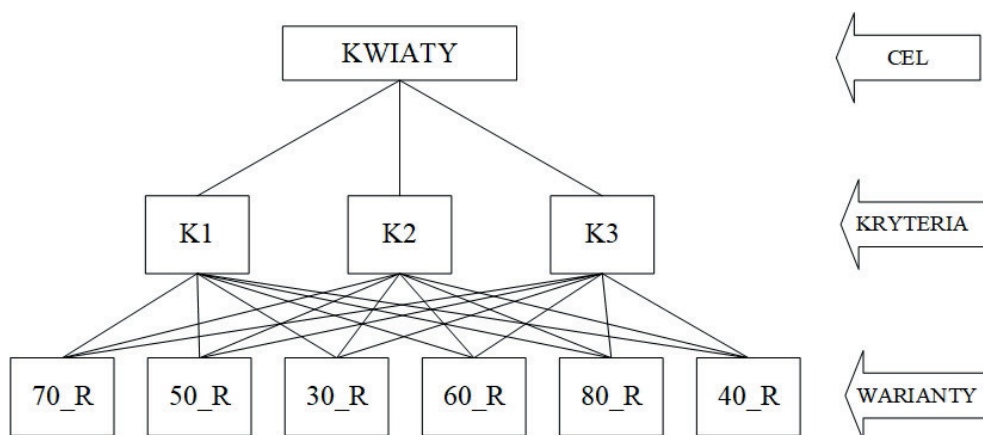
W tabeli 3 zostały zestawione poszczególne rodzaje kwiatów wraz z określonymi wartościami poszczególnych kryteriów.

**Tabela 3**  
Dane wejściowe do oceny metodą AHP

Kryteria	Asortyment					
	70_R	50_R	30_R	60_R	80_R	40_R
K1	2463	4429	1900	6240	2147	3460
K2	821	1383	599	1946	700	1080
K3	141	343	-162	-360	14	129

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z przedsiębiorstwa branży kwiatowej

Dekompozycję problemu w postaci drzewa hierarchicznego przedstawia rysunek 4.



**Rys. 4.** Struktura procesu decyzyjnego wyboru typu róży dla hierarchii dwupoziomowej

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Downarowicz i in. 2000)

Ocena preferencji była przeprowadzona dla wszystkich par wariantów oddzielnie z punktu widzenia każdego kryterium, przy czym ocena preferencji dla każdego kryterium dokonywana była metodą ekspercką z wykorzystaniem dziewięciostopniowej skali ocen Saaty'ego.

Wyniki oceny wraz z wartościami wag (priorytetów), rankingiem kryteriów i wynikami badania poprawności przyjętych ocen (badanie spójności macierzy) przedstawia tabela 4.

**Tabela 4**  
Preferencje kryteriów ze względu na cel nadrzędny

	K1	K2	K3	Waga	Ranking
K1	1,00	7,00	5,00	0,74	1
K2	0,14	1,00	0,50	0,09	3
K3	0,20	2,00	1,00	0,17	2
<b><math>r = 0,52; \lambda_{\max} = 3,02; CI = 0,02; CR = 0,05</math></b>					

Ze względu na duże zróżnicowanie danych poszczególnych kryteriów przeprowadzono normalizację do przedziału od 1 do 9. Normalizacji dokonano dla danych wszystkich kryteriów według wzoru:

$$V' = \frac{(V - \min)}{\max - \min} * (\text{new\_max} - \text{new\_min}) + \text{new\_min} \quad (7)$$

gdzie:

- $V'$  – wartość znormalizowana,
- $V$  – wartość normalizowana,
- min, max – wartość minimalna i maksymalna danych normalizowanych,
- new\_max, new\_min – wartości minimalne i maksymalne nowego przedziału danych.

Na podstawie macierzy znormalizowanej dokonano przydziału ocen według skali Saaty’ego. Macierz ocen dla kryterium K2 została transponowana z uwagi na fakt, że wartość najmniejsza jest najbardziej pożądana. Macierze ocen wraz z wartościami wag, rankingiem rodzaju asortymentu dla poszczególnych kryteriów i wynikami badania poprawności przyjętych ocen przedstawiają tabele 5–7.

**Tabela 5**  
Preferencje asortymentu ze względu na maksymalną wielkość sprzedaży (K1)

	70_R	50_R	30_R	60_R	80_R	40_R	Waga	Ranking
70_R	1,00	0,50	5,00	0,50	4,00	2,00	0,18	3
50_R	2,00	1,00	7,00	0,50	6,00	2,00	0,26	2
30_R	0,20	0,14	1,00	0,11	0,50	0,25	0,03	6
60_R	2,00	2,00	9,00	1,00	7,00	2,00	0,35	1
80_R	0,25	0,17	2,00	0,14	1,00	0,33	0,05	5
40_R	0,50	0,50	4,00	0,50	3,00	1,00	0,13	4
<b><math>r = 1,25; \lambda_{\max} = 6,13; CI = 0,022; CR = 0,017</math></b>								

**Tabela 6**

Preferencje asortymentu ze względu na minimalne odchylenie standardowe (K2)

	70_R	50_R	30_R	60_R	80_R	40_R	Waga	Ranking
70_R	1,00	2,00	0,25	2,00	0,25	1,00	0,091	3
50_R	0,50	1,00	0,14	2,00	0,14	0,50	0,055	5
30_R	4,00	7,00	1,00	9,00	1,00	4,00	0,364	1
60_R	0,50	0,50	0,11	1,00	0,13	0,50	0,041	6
80_R	4,00	7,00	1,00	8,00	1,00	4,00	0,357	2
40_R	1,00	2,00	0,25	2,00	0,25	1,00	0,091	4
$r = 1,25; \lambda_{\max} = 6,05; CI = 0,008; CR = 0,006$								

**Tabela 7**

Preferencje asortymentu ze względu na maksymalny współczynnik trendu liniowego (K3)

	70_R	50_R	30_R	60_R	80_R	40_R	Waga	Ranking
70_R	1,00	2,00	2,00	0,33	2,00	0,25	0,115	3
50_R	0,50	1,00	0,50	0,14	0,50	0,11	0,043	6
30_R	0,50	2,00	1,00	0,25	1,00	0,20	0,074	5
60_R	3,00	7,00	4,00	1,00	4,00	0,50	0,284	2
80_R	0,50	2,00	1,00	0,25	1,00	0,25	0,077	4
40_R	4,00	9,00	5,00	2,00	4,00	1,00	0,406	1
$r = 1,25; \lambda_{\max} = 6,12; CI = 0,019; CR = 0,015$								

Uzyskane wyniki współczynnika niezgodności  $CR$  oraz indeksu niezgodności  $CI$  potwierdzają, że spełniony jest warunek spójności ocen w macierzy porównań parami dla kryteriów oraz wariantów decyzyjnych.

W tabeli 8 zestawiono końcowe wyniki uzyskane na podstawie przemnożenia wag kryteriów i wag preferencji asortymentu, szeregując badany asortyment od najbardziej do najmniej istotnego.

**Tabela 8**  
Wyniki rankingu asortymentów

	K1	K2	K3	Waga	Ranking
70_R	0,135	0,009	0,019	0,16	4
50_R	0,190	0,005	0,007	0,20	2
30_R	0,024	0,034	0,012	0,07	6
60_R	0,255	0,004	0,048	0,31	1
80_R	0,036	0,034	0,013	0,08	5
40_R	0,098	0,009	0,068	0,17	3

Z przedstawionych analiz wynika, że ze względu na przyjęte kryteria oceny najkorzystniejszym wariantem jest wybór asortymentu 60\_J, a następnie 50\_J, gdyż dla tych kwiatów wartości wag są największe. Natomiast najmniej istotny jest asortyment 60\_L oraz 60\_C, gdyż wartości wag dla tych kwiatów są najmniejsze.

#### 4. WNIOSKI

Różnorodność technik oraz metod, jakimi posługują się analitycy podczas modelowania procesów, umożliwia dokładne odzwierciedlenie badanych sytuacji oraz daje możliwość dokładnego przewidywania podejmowanych decyzji, szczególnie tych powiązanych z dużym ryzykiem działalności. W sytuacji gdy zbiorowość towaru jest bardzo liczna, niezbędne jest wprowadzenie klasyfikacji poznawczych z wykorzystaniem odpowiedniej metody. Jedną z takich metod jest analiza ABC.

Celem rozdziału było zaprezentowanie metodologii rozwiązywania problemów decyzyjnych opartej na analizie ABC oraz wielokryterialnej metodzie AHP. Praca koncentruje się głównie na doborze asortymentu (kwiatów) istotnego z uwagi na wystąpienie zapotrzebowania w okresie obchodzonych w Polsce walentynek. Rezultatem zastosowanych metod było wyznaczenie (ze zbioru możliwych) najkorzystniejszego asortymentu (kwiaty) w związku z wystąpieniem popytu w badanym okresie.

Zastosowane metody rozwiązywania problemów decyzyjnych w przedsiębiorstwie handlowym branży kwiatowej mogą posłużyć jako element wsparcia procesu podejmowania decyzji w sferze zaopatrzenia. Zarówno klasyczna metoda ABC oraz wielokryterialna metoda AHP są metodami elastycznymi i mogą być dostosowane do różnych klas badanych obiektów z uwzględnieniem ich specyfikacji łącznie. Wsparcie procesów decyzyjnych metodą AHP daje bowiem szereg korzyści, m.in. (Szymaczek 2008):

- pozwala spojrzeć na problem decyzyjny z innej perspektywy przez uporządkowanie kryteriów i wariantów w ramach hierarchii;
- redukuje problem wielokryterialny do szeregu prostych porównań parami poszczególnych kryteriów i wariantów;

- daje możliwość łącznej analizy kryteriów wymiernih i niewymiernih oraz uzyskania zagregowanej oceny wariantów;
- eliminuje ryzyko wpływu na decyzję uprzedzeń czy manipulacji;
- pozwala racjonalnie uzasadnić podjętą decyzję;
- umożliwia tzw. analizę czułości (wpływu zmian poszczególnych ocen cząstkowych na ostateczną decyzję).

Znajomość metody AHP może okazać się przydatna decydom na wielu szczeblach organizacji, począwszy od obszaru zakupów, poprzez inwestycje, aż po strategię. Metoda AHP może być pomocna w podejmowaniu decyzji i określeniu asortymentu w sferze zaopatrzenia. Należy jednak zaznaczyć, że nigdy nie udaje się wyeliminować wszystkich barier i zagrożeń lub ewentualnego ryzyka popełnienia błędów w procesie decydowania, można jedynie ograniczyć prawdopodobieństwo podjęcia decyzji niewłaściwych. Zwłaszcza w przypadku podejmowania takich decyzji, których skutki oraz negatywne następstwa mają fundamentalne znaczenie dla rozwoju organizacji i jej przyszłości (Ackoff 1969).

## LITERATURA

- Ackoff A., 1969, *Decyzje optymalne w badaniach stosowanych*, PWN, Warszawa.
- Downarowicz O., Krause J., Sikorski, Stachowski W., 2000, *Zastosowanie metody AHP do oceny i sterowania poziomem bezpieczeństwa złożonego obiektu technicznego*, Politechnika Gdańska, Gdańsk, s. 7–42.
- Felix T.S Chan, Chan H.K., 2011, *Improving the productivity of order picking of a manual-pick and multi-level rack distribution warehouse through the implementation of class-based storage*, *Expertsystems with Applications*, 38, s. 2686–2700.
- Kaczor G., Lorenc A., 2012, *Zwiększenie efektywności procesu komplementacji zamówień w wyniku optymalizacji rozmieszczenia produktów w magazynie z uwzględnieniem ich częstotliwości pobrań oraz gramatury*, *Logistyka*, 5, s. 41–45.
- Krzyżaniak S., 2005, *Podstawy zarządzania zapasami w przykładach*, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań.
- Miszczyński M., 2007, *Wielokryterialna optymalizacja dyskretna. Wybrane metody*, Uniwersytet Łódzki, Łódź.
- Niemczyk A., 2007, *Zapasy i magazynowanie*, t. 2: *Magazynowanie*, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań.
- Ogryczak W., 1997, *Wielokryterialna optymalizacja liniowa i dyskretna: modele preferencji i zastosowania do wspomaganie decyzji*, Uniwersytet Warszawski Instytut Informatyki, Warszawa.
- Saaty T.L., 1980, *The analytic hierarchy process*, McGraw-Hill, New York.
- Saaty T.L., 1994, *Fundamentals of Decisions Making and Priority and Theory with the Analytical Hierarchy Process*, RWS Publications, Pittsburgh.
- Sarjusz-Wolski Z., 1998, *Strategia zarządzania zaopatrzeniem. Praktyka logistyki biznesu*, Agencja Wydawniczo-Poligraficzna PLACET, Warszawa.



- Szymaczek M., 2008, *AHP pomoże podjąć decyzję*, Akademia Wiedzy BCC, www.bcc.com.pl/akademia.
- Zdanowicz R., 2006, *Dobór oprogramowania do modelowania i symulacji procesów wytwarzania*, *Pomiary, Automatyka, Robotyka*, 10, 1, s. 10–17.

THE USE OF SELECTED DECISION-MAKING METHODS IN THE SUPPLY PROCESS  
IN AN ORNAMENTAL PLANT SECTOR ENTERPRISE

**Summary:** The decisions taken in the supply process have a significant impact on the development of commercial, manufacturing or service enterprises. In a general sense, a decision is associated with making choices, solving emerging problems, defining goals and directions of action, as well as choosing methods to achieve them. The article presents the use of two methods for making decisions in the supply process of a decorative plant sector trading company. The classical ABC method was used, which was used to classify the assortment and the possibility of using multi-criteria hierarchical method of decision problem analysis (AHP) was presented. The main purpose of the methods was to select an assortment (cut flowers) from the point of demand during the traditional holiday celebrated in Poland “Valentine’s Day”. The sales data of selected cut flowers from the flower industry company operating in the Lesser Poland Voivodeship were used for the research.

**Keywords:** multi-criteria decision making, decision support, ABC method, AHP method, supply process

*Publikacja została sfinansowana przez Akademię Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie (subwencja na utrzymanie i rozwój potencjału badawczego).*

**Lubomyr PETRYSHYN\***, **Anna CHŁOPEK\***,  
**Mykhailo PETRYSHYN\*\***

## SYSTEM INFORMATYCZNY ZARZĄDZANIA SIECIĄ SKLEPÓW SPRZEDAJĄCYCH GRY PLANSZOWE

**Streszczenie:** Modelowanie procesów zarządzania w warunkach kooperacji sektorowej na podstawie rozproszonych systemów informatycznych pozwala zmniejszyć koszty opracowania i eksploatacji takich złożonych systemów. Proponowana technika analizy procesowej pozwala na dekompozycję całościowego procesu systemu zarządzania oraz na wizualizację modeli informacyjnych oraz odwzorowanie w formie graficznej procesów i upraszcza porozumienie na etapie analizy i projektowania pomiędzy klientem a producentem systemu. Przedstawiono podstawy analizy systemowej i uproszczony przykład opracowania systemu zarządzania siecią dostaw produkcji.

**Słowa kluczowe:** analiza procesowa, modelowanie wizualizacyjne, procesy informacyjne, zarządzanie, kooperacja sektorowa, systemy rozproszone

### 1. WPROWADZENIE

Wdrażanie informatycznych systemów zarządzania przedsiębiorstwami, automatyzacji działalności firmy, tworzenia narzędzi programistycznych i witryn internetowych jest spowodowane trendami współczesnego otoczenia. Przedsiębiorstwa muszą prowadzić swoją działalność zgodnie z coraz to wyższymi wymogami rynku (Laudon, Laudon 2017; Peters, Peters 2018; Sousa, Oz 2014).

Informatyzacja i automatyzacja procesów zarządzania przedsiębiorstwem zapewnia zdalne administrowanie, przejście od struktur hierarchicznych do struktur sieciowych, prognozowanie wieloczynnikowe, zintegrowane planowanie wielowymiarowe, analizę operacyjną, badania konkurencyjności potencjalnych dostawców, a w rezultacie optymalizację modeli funkcjonowania firmy (Alter 1999). To powoduje zmniejszenie kosztów księgowania i zarządzania, obciążenia zespołu zarządzającego. Uproszczony zostaje system kontroli nad przepływem towarów w procesie świadczenia usług lub produkcyjnym, zoptymalizowanie relacji między

---

\* AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Zarządzania, Katedra Zarządzania Przedsiębiorstwem

\*\* Przykarpacki Narodowy Uniwersytet w Iwano-Frankiwsku, Wydział Matematyki i Informatyki, Katedra Nauk Komputerowych oraz Systemów Informatycznych

pracownikami firmy oraz relacji między firmą a klientami. Ponadto przejście na zautomatyzowany system rachunkowości i zarządzania pozwoli firmie nadrobić niedostateczną elastyczność samego procesu zarządzania, świadczenia usług lub produkcji, opracowując platformę informatyczną, która zapewni kontrolę, księgowanie i zarządzanie procesami świadczenia usług lub produkcyjnymi i pomoże zwiększyć konkurencyjność przedsiębiorstwa na rynku (Alter 1999; Peters, Peters 2018).

Zarządzanie złożonymi systemami w warunkach kooperacji sektorowej wymaga zastosowania technologii informacyjnej, która zapewnia odwzorowanie stanu i umożliwia zarządzanie rozproszonymi systemami w czasie rzeczywistym. Analiza oraz wizualizacja procesów zarządzania pozwala na usunięcie bariery psychologicznej i uniknięcie nieporozumienia pomiędzy klientem i projektantem systemów informatycznych, a także pozwala zmniejszyć koszty opracowania, wdrażania i obsługi takich złożonych systemów (Schwalbe 2018; Sousa, Oz 2014).

Zadaniem projektu jest opracowanie informatycznego systemu zarządzania na polecenie firmy, która zajmuje się dystrybucją gier planszowych. Dotychczas sprzedaż była realizowana jedynie w sklepach stacjonarnych. Wprowadzany system informatyczny umożliwi sprzedaż na dwa dodatkowe sposoby:

- zakup gry zdalnie (w sklepie internetowym) z dostawą pod podany adres;
- zakup gry zdalnie (w sklepie internetowym) z odbiorem osobistym w placówce.

Opracowany system ma za zadanie udoskonalić proces zarządzania firmą i zwiększyć efektywność pracy, co jest ściśle związane z maksymalizacją zysku (Laudon, Laudon 2017). Generowanie wyższych zysków (niż przed wprowadzeniem systemu) będzie możliwe dzięki większej liczbie pozyskanych klientów, a więc większej ilości sprzedanych gier. Dodatkowym profitem będą pieniądze uzyskane z usług dostawczych. Nacisk jest położony na zapewnienie maksymalnego usatysfakcjonowania klienta przez zaspokojenie jego potrzeb. Zarządzanie rozproszonymi systemami wymaga zastosowania technologii informacyjnej, która zapewnia odwzorowanie stanu i umożliwia zarządzanie systemem w czasie rzeczywistym. Analiza oraz wizualizacja procesów zarządzania pozwala na usunięcie bariery psychologicznej i uniknięcie nieporozumienia pomiędzy klientem a projektantem systemów informatycznych, a także pozwala zmniejszyć koszty opracowania, wdrażania i obsługi takich złożonych systemów (Alter 1999; Peters, Peters 2018; Stair, Reynolds 2017).

Celem opracowania jest przedstawienie techniki analizy procesowej jako podstawy wizualnych metod modelowania procesów zarządzania zintegrowanymi systemami w warunkach kooperacji sektorowej, a także sporządzenie uproszczonego przykładu systemu zarządzania siecią dostaw produkcji. Implementacja metod analizy procesowej w trakcie modelowania informacyjnego systemów zapewnia wizualizację procesów zarządzania i upraszcza zrozumienie ich przepływów. Za podstawę posłużyły normy międzynarodowe (IEEE 1233-1996, IEEE 1362-1998, IEEE 830-1998, ISO 10628:1997, ISO 5807:1985).

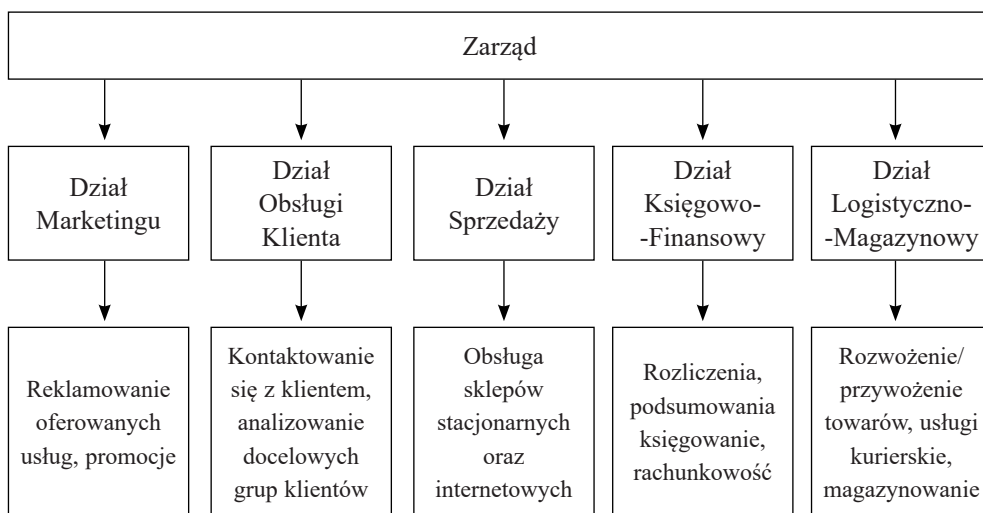
Aspekt praktyczny polega na kompleksowej analizie struktury systemu oraz wizualizacji przepływu procesów zarządzania, unikaniu nieporozumień przy formułowaniu zadania i zaspokajania wymagań klienta, a także zmniejszenia kosztów tworzenia i eksploatacji systemów zarządzania (Peters, Peters 2018; Schwalbe 2018).

Podstawy modelowania wizualizacyjnego są opublikowane w pracach (Peters, Peters 2018; Petryshyn, Nykolaichuk 2007; Petryshyn i in. 2019; Stair, Reynolds 2017). W niniejszym opracowaniu analizie zostanie poddany uproszczony przykład modelowania rozproszonego systemu zarządzania siecią dystrybucji gier planszowych w skali kraju w celu usprawnienia i ułatwienia potencjalnemu klientowi wyboru konkretnego zamówienia według jego potrzeb w danej chwili. Innym aspektem będzie wypromowanie początkujące oddziałów firmy, która zajmuje się dystrybucją gier planszowych i poszerzenie oferty sprzedażowej tych, które już prosperują na rynku.

Na początku zostanie przedstawiona analiza jednostek organizacyjnych systemu zarządzania oraz opisane ich funkcje systemowe. W trakcie modelowania systemu korzystano z istniejących już systemów prezentujących podobną ofertę.

## 2. ANALIZA STRUKTURY ORGANIZACYJNEJ SYSTEMU

Podjęcie do analizy procesowej i zdefiniowane funkcje systemowe decydują o doborze jednostek organizacyjnych oraz ich uporządkowaniu hierarchicznym w systemie zarządzania (Peters, Peters 2018; Schwalbe 2018), którego schemat przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Struktura organizacyjna systemu zarządzania

Dla każdej z jednostek systemu zostały określone najważniejsze operacje systemowe związane z ich funkcjonowaniem. Łączenie poszczególnych operacji systemowych tworzy proces zarządzania według wymagań zleceniodawcy. Dobór oraz układ operacji w procesie zarządzania decyduje o przyszłej efektywności techniczno-ekonomicznej działania firmy na rynku. Definicję działań każdego z działów systemu przedstawiono poniżej.

Do głównych zadań zarządu, na podstawie których zostaną zdefiniowane wymagania użytkownika, należą: zarządzanie firmą, jej majątkiem oraz finansami; budowanie dobrego wizerunku firmy oraz pracodawcy; monitorowanie efektywności działania pracowników; rozwiązywanie problemów pracowniczych; organizowanie szkoleń mających na celu rozwój pracowników; decyzje o rekrutowaniu pracowników.

Dział marketingu ma za zadanie opracowanie i wdrożenie strategii marketingowych; prowadzenie działalności medialnych mających na celu kreowanie dobrego wizerunku firmy i oferowanych produktów; analizę działań marketingowych konkurencji; przygotowanie akcji promocyjnych oraz opracowywanie i rozpowszechnianie materiałów reklamowych.

Do zadań pracowników działu obsługi klienta należą: kontaktowanie się i współpraca z klientem; budowanie relacji z klientem (przez szybką i kompletną obsługę zamówień); analizowanie docelowego rynku zbytu przez grupowanie klientów w celu weryfikacji ich potrzeb; obsługiwanie reklamacji.

Zadaniami pracowników działu sprzedaży są: gwarantowanie dostępności oferowanych produktów; monitorowanie i uzupełnianie brakujących produktów; monitorowanie rynku gier planszowych w celu uzupełnienia oferowanych produktów o nowe tytuły; nadzorowanie dostaw produktów; realizowanie zamówień w sklepach stacjonarnych i sklepie internetowym; wdrażanie planów promocyjnych stworzonych przez dział marketingu; obsługiwanie strony internetowej.

Dział księgowo-finansowy ma za zadanie: kalkulowanie obiegu finansów; naliczanie podatków; monitorowanie zakupów i sprzedaży; prowadzenie ksiąg rachunkowych; monitorowanie i raportowanie o sytuacji finansowej; prowadzenie ewidencji wynagrodzeń pracowników.

Do głównych zadań pracowników działu logistyki należą: planowanie i realizacja zakupów gier planszowych od wydawców; koordynowanie i realizacja dostaw zakupionych gier do magazynów oraz sklepów; koordynowanie i realizacja dostaw zakupionych gier do klientów (w przypadku zakupu gry w sklepie internetowym, z możliwością dostawy); planowanie transportu i zarządzanie nim.

Każdy z powyżej wymienionych zestawów zadań pozwala na formowanie w sposób odpowiedni do wymagań zleceniodawcy procesu zarządzania przedsiębiorstwem w całości oraz na dekompozycję procesu na autonomiczne operacje systemowe, wykonywane w poszczególnych oddziałach w odpowiednim czasie przez system informatyczny, wspomagający proces zarządzania. Według wymagań norm międzynarodowych (IEEE 1233-1996; IEEE 1362-1998; IEEE 830-1998; ISO 10628:1997; ISO 5807:1985) w celu ułożenia operacji systemowych procesu zarządzania procesem biznesowym dokonamy analizy wymagań funkcjonalnych oraz нефункциональных złożonych na wyżej wymienione procesy.

## 2.1. ANALIZA PROCESÓW BIZNESOWYCH ORAZ PROCESÓW ZARZĄDZANIA SYSTEMEM

Do najważniejszych zadań biznesowych w branży działania przedsiębiorstwa zleceniodawca zalicza: sprzedaż gier planszowych w sklepach stacjonarnych; prowadzenie badań nad liczbą sprzedanych poszczególnych gier; operowanie liczbą gier planszowych pomiędzy

sklepami a magazynem; realizację zamówień internetowych na grę planszową; dostarczanie gier do klientów; ustalanie promocji; uzupełnianie magazynów; prowadzenie działalności reklamowej sklepu.

Natomiast efektywność techniczno-ekonomiczna działania przedsiębiorstwa na rynku w dużym stopniu jest uzależniona od układu operacji systemowych w procesie zarządzania (Laudon, Laudon 2017; Peters, Peters 2018). Implementacja informatycznego systemu zarządzania z niewłaściwym doborem i układem operacji systemowych może prowadzić do mylnej konfiguracji systemu, nieoptymalizowanego przebiegu procesu zarządzania, narzutu dużych kosztów pośrednich, a w rezultacie nawet do bankructwa przedsiębiorstwa na rynku. Stosowanie technik modelowania komputerowego na stadium projektowania systemu zarządzania pozwala na sprawdzenie efektywności funkcjonowania systemu w przyszłości, operatywną modyfikację konfiguracji oraz zestawu operacji systemowych, co pozwala bez ponoszenia kosztów implementacji systemu zaprojektować optymalną konfigurację, skład operacji systemowych oraz ich układ w skali czasu (Laudon, Laudon 2017; Peters, Peters 2018; Schwalbe 2018). W celu definicji oraz doboru operacji systemowych przeanalizujemy zestaw funkcji, wymagań funkcjonalnych oraz niefunkcjonalnych zleceniodawcy.

#### 2.1.1. FUNKCJE INFORMATYCZNEGO SYSTEMU ZARZĄDZANIA

Celem kierownictwa wyższego szczebla oraz systemu zarządzania jest zapewnienie ekonomicznie uzasadnionego działania przedsiębiorstwa. Optymalna organizacja procesów zarządzania przedsiębiorstwem powinna zapewniać realizację zdefiniowanych zadań i funkcji działów i personelu w celu jak najszybszego wdrożenia strategii firmy na rynku (Alter 1999). Osiąga się to przez kompetentną definicję i właściwy układ poszczególnych funkcji zarządzania procesem działania przedsiębiorstwa. Każda funkcja charakteryzuje się celem, powtarzalnością, jednolitością treści, a także specyfiką niezbędnego przygotowania personelu do jej wykonania (Schwalbe 2018; Sousa, Oz 2014). Na podstawie wymagań zleceniodawcy zostały zdefiniowane funkcje systemowe – zdekomponowane czynności menedżerskie, wyróżnione w procesie zarządzania przedsiębiorstwem:

- przyjmowanie nowego zamówienia od klienta;
- przyjmowanie zamówień z odbiorem osobistym w sklepie stacjonarnym;
- przyjmowanie zamówień z dostawą zamówienia na adres podany przez klienta;
- informowanie dostawców o potrzebie dostarczenia przesyłki;
- informowanie dostawców o potrzebie uzupełnienia zapasów gier planszowych w sklepie stacjonarnym;
- oszacowanie czasu dostawy paczki przez dostawcę;
- powiadamianie o otrzymanej płatności ze strony klienta;
- kontrola ilości towarów w magazynie za pomocą bazy danych;
- kontrola ilości towarów w sklepach stacjonarnych za pomocą bazy danych;
- poinformowanie klienta o statusie realizacji jego zamówienia;
- poinformowanie klienta o przewidywanym terminie realizacji jego zamówienia;
- dodanie nowych towarów do magazynu w wyniku aktualizacji bazy danych;

- zbieranie danych o zamówieniach na rzecz późniejszej analizy, takich jak:
  - liczba sztuk zamówionych gier,
  - nazwa zamówionych gier,
  - wartość zamówienia,
  - ocena kontroli jakości,
  - kwota otrzymana za zrealizowanie zamówienia,
  - ocena klienta po otrzymaniu towaru.

Wymagania zleceniodawcy to ukierunkowane rozwiązanie umożliwiające osiągnięcie określonych celów biznesowych przedsiębiorstwa. Jest to wejście do kolejnych etapów cyklu życiowego oprogramowania SDLC (*Software Development Life Cycle*) (IEEE 830-1998) i podstawą projektu, która musi zostać zatwierdzona przez interesariuszy i użytkowników biznesowych przed jego wdrożeniem. Dlatego zostaną omówione wymagania użytkowników wobec opracowywanego systemu.

#### 2.1.2. WYMAGANIA FUNKCJONALNE ZLECENIODAWCY WOBEK SYSTEMU ZARZĄDZANIA

Wymagania funkcjonalne opisują funkcje, które musi spełniać opracowane oprogramowanie systemu zarządzania, i są zdefiniowane według wymagań użytkowników systemu. Standardowe wymagania funkcjonalne są ustalone przez normy (IEEE 1233-1996; IEEE 830-1998; IEEE 1362-1998). Poniższe wymagania funkcjonalne zleceniodawcy są uznane za zadania dla zespołu programistów:

- monitorowanie pracy systemu i administrowania zasobami systemu z jednego, centralnego miejsca;
- zarządzanie konfiguracją oraz zmianami wersji informatycznego systemu zarządzania;
- dodawanie i edytowanie informacji o użytkownikach;
- nadanie i odbieranie uprawnień dla poszczególnych użytkowników;
- złożenie zamówienia bez konieczności logowania się do systemu;
- przeglądanie operacji przeprowadzonych przez użytkowników;
- zarządzanie danymi o zalogowanych klientach w poniższym zakresie:
  - dane podstawowe: imię i nazwisko, adres, e-mail, numer telefonu,
  - informacje o wcześniej zrealizowanych zamówieniach;
- możliwość uzupełniania informacji o brakach magazynowych;
- możliwość szybkiego dostępu pracowników do niezrealizowanych zamówień;
- zapis danych ze złożonych (zrealizowanych i anulowanych) zamówień do bazy danych;
- system musi zapewniać także poniższe funkcjonalności:
- wykonywanie procesów natychmiastowych i odroczonego,
  - obsługę pojawiających się w czasie wykonania wyjątków,
  - utrzymanie różnych wersji systemu,
  - implementację nowych wersji systemu,
  - możliwość przywrócenia poprzedniej wersji systemu,
  - filtrowanie komunikatów na podstawie stopnia uprawnień.

### 2.1.3. WYMAGANIA NIEFUNKCJONALNE ZLECENIODAWCY WOBEC SYSTEMU ZARZĄDZANIA

Wymagania niefunkcjonalne opisują, jak powinien działać system zarządzania oraz jakie właściwości lub cechy powinien posiadać, charakterystykę systemu i jego środowiska, lecz nie zachowanie systemu. Dla opracowywanego systemu zostały zdefiniowane następujące reguły biznesowe, procedury i ograniczenia procesów biznesowych w przedsiębiorstwie klienta:

- wykonawca dostarcza wytyczne na temat tego, jak eksploatować zaprojektowany system w celu monitorowania przepływu danych;
- kupujący jest jedynym właścicielem opracowanych rozwiązań oraz licencji dostarczonych przez wykonawcę wraz ze wszystkimi rozwiązaniami oraz procesami utworzonymi specjalnie na potrzeby funkcjonowania systemu;
- system musi być wykonany w taki sposób, aby zapewniał proste przeniesienie utworzonych rozwiązań do nowszych wersji systemu lub przejścia na inny rodzaj serwera;
- konfiguracja uprawnień systemu musi być zrealizowana zgodnie z zasadą minimalnych uprawnień;
- system musi zapewniać ciągłą całodobową dostępność przez siedem dni w tygodniu; dopuszczalna jest chwilowa przerwa wyłącznie podczas wdrażania nowych wersji systemu;
- system musi zapewniać możliwość odtworzenia stanu systemu sprzed aktualizacji lub awarii;
- system powinien zapewniać możliwość rekonfiguracji oraz osadzania nowych usług bez zakłócania pracy innych modułów lub operacji;
- system musi zapewniać możliwość komunikacji za pomocą następujących standardów:
  - HTTP/HTTPS,
  - MS SQL;
- system powinien mieć oprogramowanie skonfigurowane w taki sposób, aby zapewnić wysoką dostępność usług oraz możliwość zastosowania komponentów powyższego oprogramowania, odpornego na awarie pojedynczego serwera lub modułu będącego częścią składową systemu w celu zwiększenia niezawodności.

Jakość wymagań niefunkcjonalnych bezpośrednio określa jakość opracowanego systemu i jest osiągnięta w trakcie iteracyjnego iteracyjnego procesu definicji i analizy wymagań niefunkcjonalnych podczas skoordynowanej pracy całej grupy, zaangażowanej w ich wdrożenie.

### 2.2. DEKOMPOZYCJA PROCESÓW SYSTEMU ZARZĄDZANIA

Podstawowy proces zarządzania siecią dostaw produkcji został zdekomponowany na trzy procesy: przyjęcie zamówienia internetowego na grę planszową, realizację zamówienia z odbiorem w sklepie stacjonarnym oraz realizację zamówienia z dowozem na wskazany adres (tab. 1), które będą implementowane w informatycznym systemie zarządzania.



**Tabela 1**

Lista modelowanych procesów z definicją operacji systemowych

Typ operacji	Dział	Treść operacji	Odpowiedzialny za operację
<b>Przyjęcie zamówienia internetowego na grę planszową</b>			
D1	O3	Otrzymanie zgłoszenia zakupu towarów	Dział Sprzedaży
D2	O6	Weryfikacja klienta	System
D3	O5	Sprawdzenie dostępności produktu w magazynie	Dział Logistyczno-Magazynowy
D4	O6	Udzielenie ewentualnego rabatu na dany towar	System
D5	O3	Przyjęcie zamówienia	Dział Sprzedaży
D6	O3	Zatwierdzenie zamówienia	Dział Sprzedaży
D7	O4	Zaksięgowanie płatności	Dział Księgowo-Finansowy
D8	O6	Przesłanie zamówienia do realizacji	System
<b>Realizacja zamówienia z odbiorem w sklepie stacjonarnym</b>			
D8	O5	Odbiór zgłoszonego zamówienia	Dział Logistyczno-Magazynowy
D9	O5	Skompletowanie zamówienia w magazynie	Dział Logistyczno-Magazynowy
D10	O5	Przetransportowanie zamówienia z magazynu do wskazanej placówki	Dział Logistyczno-Magazynowy
D11	O6	Uaktualnienie statusu zamówienia na „Gotowe do odbioru”	System
D12	O2	Wpisanie danych z zamówienia do bazy w celu analizy	Dział Obsługi Klienta
<b>Realizacja zamówienia z dowozem na wskazany adres</b>			
D8	O5	Odbiór zgłoszonego zamówienia	Dział Logistyczno-Magazynowy
D9	O5	Skompletowanie zamówienia w magazynie	Dział Logistyczno-Magazynowy
D11	O5	Dostarczenie zamówienia na wskazany adres	Dział Logistyczno-Magazynowy
D11	O2	Potwierdzenie odbioru zamówienia	Dział Obsługi Klienta
D12	O2	Wpisanie danych z zamówienia do bazy w celu analizy	Dział Obsługi Klienta

Po negocjacjach i uzgodnieniu ze zleceniodawcą każdy proces został zdekomponowany na operacje systemowe (treść operacji). Do każdej z nich przyporządkowano indywidualny kod, zawierający identyfikator typu operacji DX oraz identyfikator działu zajmującego się jej wykonaniem OY. Jeżeli jakaś operacja jest wykonywana w kilku procesach, jej kod pozostaje niezmienny. Identyfikatory typu operacji oraz działu zostaną zastosowane w modelowaniu przebiegów procesów w celu unifikacji prezentacji operacji systemowych w różnych systemach zarządzania oraz skrócenia formy opisu wymienionych operacji systemowych.

### 2.3. MODELOWANIE WIZUALNE PROCESÓW ZARZĄDZANIA SYSTEMEM

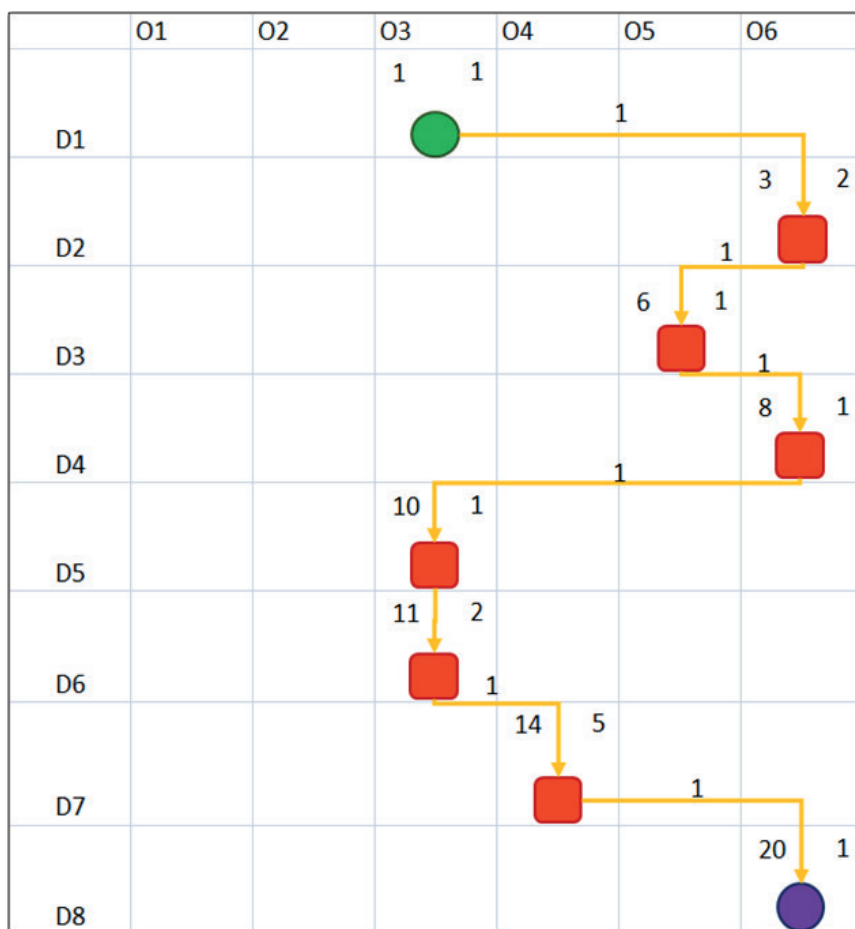
Wizualizacja i modelowanie wizualne jest jednym z komponentów nowoczesnej technologii informacyjnej (Peters, Peters 2018; Petryshyn i in. 2019; Stair, Reynolds 2017). Modelowanie wizualne to modelowanie znakowo-obrazowe, oparte na informacyjnej interakcji obrazów modeli wizualnych z ich składową semantyczną. Wykorzystuje połączenie metod i narzędzi przedstawiania wiedzy i pracy z nimi na poziomie obiektów graficznych i modeli. Modelowanie wizualne pozwala przedstawić symulowany system w formie graficznej, która jest bardziej zrozumiała dla ludzi i pozwala automatycznie przetłumaczyć ten opis na język komputerowy i znacznie skrócić czas opracowywania złożonego oprogramowania i systemów informatycznych (Alter 1999; Laudon, Laudon 2017; Sousa, Oz 2014).

Wizualna forma reprezentacji różni się od informacji tekstowej znacznie większą pojemnością informacyjną (Peters, Peters 2018; Petryshyn i in. 2019). Modelowanie wizualne związane jest z analizą wizualną obrazów oraz różnych odwzorowań obiektów w rzeczywistości. Procedury odwzorowania modeli informacyjnych mają na celu optymalną prezentację informacji źródłowych do analizy wizualnej i szybkiego podejmowania właściwej decyzji (Laudon, Laudon 2017; Sousa, Oz 2014).

Modelowanie wizualne w systemach zarządzania, wspomaganie i podejmowanie decyzji polega na tym, że model wizualny odzwierciedla sytuację informacyjną, w której podejmowana jest decyzja zarządcza. Wizualne zmiany modelu, dokonywane metodami heurystycznymi, pozwalają na analizę przyjętej decyzji i tworzenie uwarunkowań do prognozowania (Laudon, Laudon 2017; Peters, Peters 2018; Petryshyn i in. 2019; Schwalbe 2018; Sousa, Oz 2014). Przeprowadzimy modelowanie systemu komputerowego opracowanego systemu zarządzania z wykorzystaniem narzędzi do analizy systemu i wizualnych modeli graficzno-analitycznych (ISO 10628:1997; ISO 5807:1985).

#### 2.3.1. MODEL MATRYCOWY

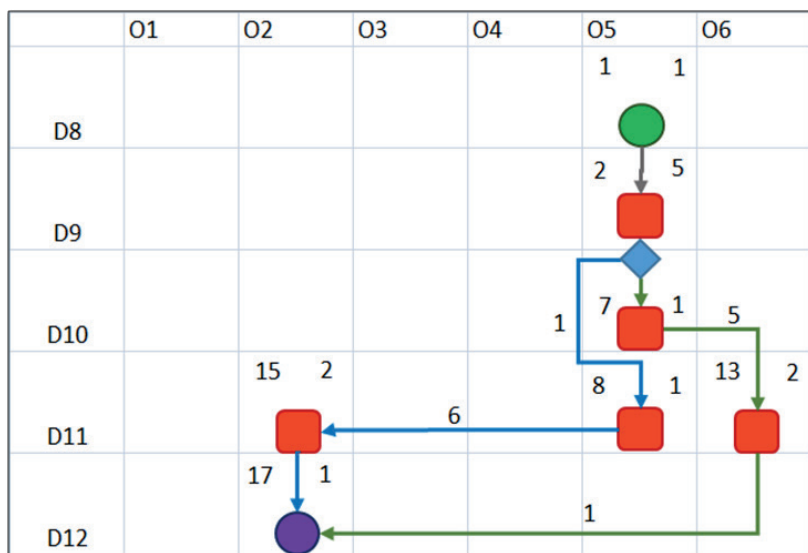
Podstawowym modelem, który odwzoruje strukturę systemu, układ procesowy oraz parametry czasowe wykonywania operacji systemowych, jest model matrycowy (ISO 10628:1997; Petryshyn, Nykolaichuk 2007) przedstawiony na rysunkach 2 i 3. Pierwszy model (rys. 2) wizualizuje proces przyjęcia zamówienia internetowego na grę planszową.



Rys. 2. Model matrycowy procesu przyjęcia zamówienia internetowego

W każdej z komórek matrycy lewy górny róg zawiera informację o czasie rozpoczęcia wykonywania operacji systemowej. Z kolei liczba znajdująca się w prawym górnym rogu podaje czas trwania tej operacji. Liczby nad przejściami między operacjami informują o czasie przekazania danych między działami systemu zarządzania. Jeżeli nie została podana żadna liczba, oznacza to, że czas przekazywania jest równy 0. Jednak z takimi sytuacjami można się spotkać jedynie przy zadaniach następujących w tych samych działach systemu. Założono bowiem, że pracownicy każdego działu mają informacje o tym, jakie operacje są obecnie realizowane.

W drugim modelu (rys. 3) zostały uwzględnione oba procesy realizacji zamówienia, czyli jego skompletowanie i dostarczenie bądź do sklepu stacjonarnego, bądź pod adres wskazany przez składającego zamówienie klienta.



Rys. 3. Model matrycowy procesu realizacji zamówienia

## 2.3.2. TABLICE CZASOWE

W rzeczywistości każda z operacji systemowych w układzie procesowym wykonuje się w pewnej kolejności w zdefiniowanych przedziałach czasowych (Laudon, Laudon 2017; Peters, Peters 2018). W zależności od dynamiki przebiegu operacji systemowych w procesie zarządzania jednostki czasu mogą być wybrane w sekundach, minutach, godzinach, dniach (Petryshyn, Nykolaichuk 2007). Przez zleceniodawcę ustalono skalę jednostki czasu jako godzinę. Wartości maksymalnych czasów trwania każdej z operacji systemowych zawiera tabela 2. Natomiast czas rozpoczęcia i realizacji poszczególnych operacji systemowych oraz przekazania przetworzonych danych do kolejnych działów systemu uwzględniają tablice czasowe (tab. 3).

Tabela 2

Czas realizacji poszczególnych operacji

Operacja	Czas (w systemowych jednostkach czasu) [godz.]			
	Rozpoczęcia	Formowania	Przetwarzania	Ustalenia
D1.03	1	1	–	–
D8.05	1	1	–	–
D2.06	3	–	2	–
D3.05	6	–	1	–
D4.06	8	–	1	–
D5.03	10	–	1	–
D6.03	11	–	2	–

Tabela 2 cd.

Operacja	Czas (w systemowych jednostkach czasu) [godz.]			
	Rozpoczęcia	Formowania	Przetwarzania	Ustalenia
D7.04	14	–	5	–
D9.05	2	–	5	–
D10.05	7	–	1	–
D11.02	15	–	2	–
D11.05	8	–	1	–
D11.06	13	–	2	–
D8.06	20	–	–	1
D12.02	17	–	–	1

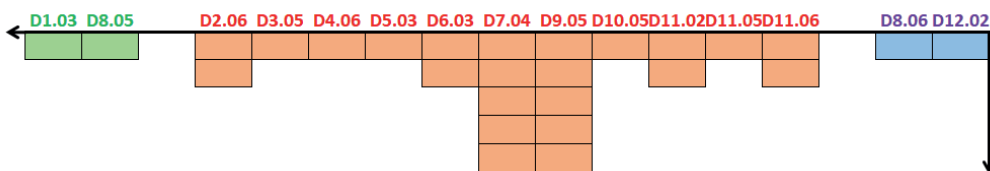
Tabela 3

Czas przekazywania dokumentów

Dokument poprzedzający	Dokument następujący	Czas przekazywania [godz.]
D1.03	D2.06	1
D8.05	D9.05	0
D2.06	D3.05	1
D3.05	D4.06	1
D4.06	D5.03	1
D5.03	D6.03	2
D6.03	D7.04	1
D7.04	D8.06	1
D9.05	D10.05	0
D9.05	D11.05	1
D10.05	D11.06	5
D11.02	D12.02	1
D11.05	D11.02	6
D11.06	D12.02	1

### 2.3.3. MODEL CZASOWY

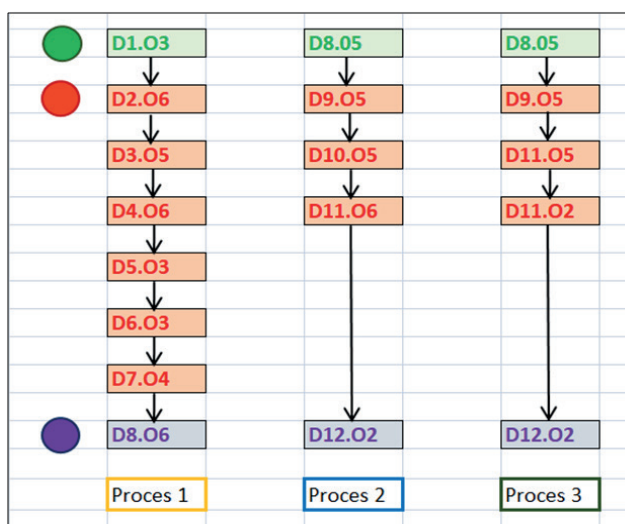
Model czasowy jest zbudowany na podstawie tabeli czasu realizacji poszczególnych operacji, nawiązuje do modelu strukturalno-czasowego i pokazuje jedynie czas trwania każdej z operacji systemowych i nie zawiera informacji o kolejności wykonywania operacji systemowych, jak również należności do odpowiednich procesów (rys. 4). Jako jednostkę czasu wykonywania każdej z operacji przyjęto skalę D11.05, przy czym czas trwania operacji zaokrąglano w górę. Tak więc zakłada się, że każda z operacji może trwać nie krócej niż jedną jednostkę czasu.



Rys. 4. Model czasowy

#### 2.3.4. MODEL STRUKTURALNY SYSTEMU

W celu wizualizacji każdego z procesów oraz kolejności wykonywania poszczególnych operacji systemowych stworzono model strukturalny (rys. 5), który odwzoruje układ procesowy bez uwzględnienia parametrów czasowych wykonywania operacji systemowych (Petryshyn, Nykolaichuk 2007).

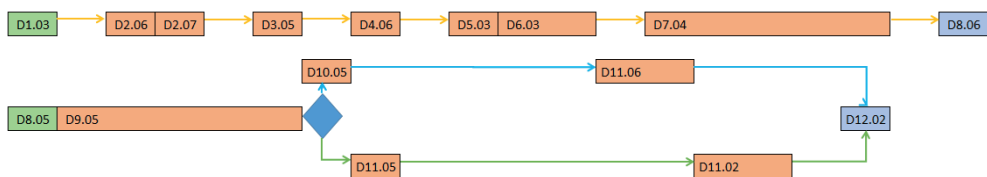


Rys. 5. Model strukturalny systemu

Jak można zauważyć, stopień dekompozycji procesów jest zróżnicowany, niektóre procesy zawierają mniej operacji systemowych niż inne. Model jest zbudowany z osobnym włączeniem powtarzających się operacji w odpowiednich procesach.

#### 2.3.5. MODEL STRUKTURALNO-CZASOWY

Hierarchię wykonywanych w procesach operacji systemowych z uwzględnieniem czasu wykonywania poszczególnych operacji przedstawia model strukturalno-czasowy (rys. 6).

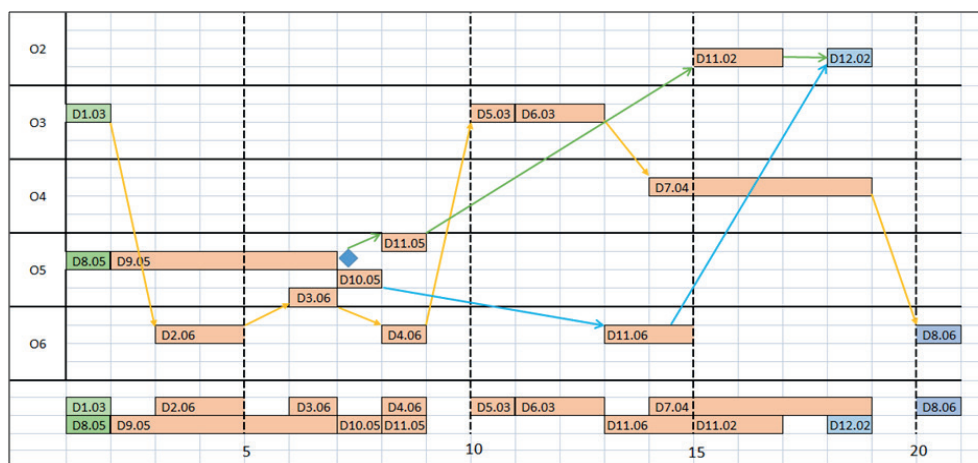


Rys. 6. Model strukturalno-czasowy

Jednak model strukturalno-czasowy nie przedstawia czasu rozpoczęcia każdej z operacji w systemie i ich uporządkowanie w skali czasu oraz działań, w których operacje są wykonywane.

### 2.3.6. DIAGRAM SIECIOWY

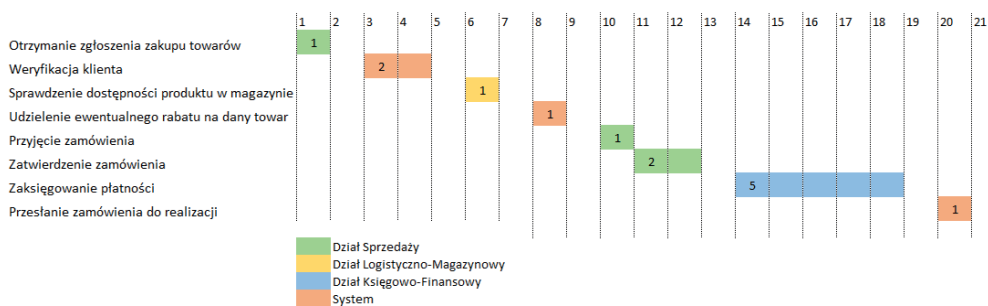
Układ operacyjny każdego z procesów względem czasu trwania, przekazywania oraz działu wykonywania każdej z operacji systemowej przedstawia hybrydowy diagram sieciowy (Petryshyn, Nykolaichuk 2007) (rys. 7). W modelu pionowo wyszczególniono działy odpowiedzialne za realizację poszczególnych operacji. Taki model jest podstawą szybkiej implementacji aplikacji za pośrednictwem narzędzi UML (ang. *Unified Modeling Language*) – zunifikowanego języku modelowania (Peters, Peters 2018; Schwalbe 2018).



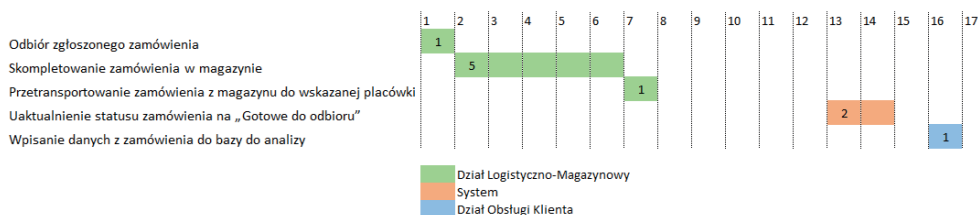
Rys. 7. Diagram sieciowy systemu zarządzania

### 2.3.7. MODELE TYPU WYKRES GANTTA

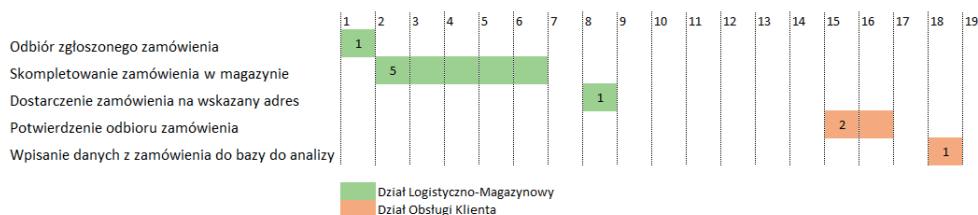
Poniższe modele przedstawiają każdy z procesów przyjęcia, realizacji zamówienia z odbiorem w sklepie stacjonarnym lub z dowozem na wskazany adres, uwzględniając przy tym podział całego procesu na poszczególne operacje systemowe, a także ich rozplanowanie w skali czasu (rys. 8–10) (Schwalbe 2018; Sousa, Oz 2014).



Rys. 8. Wykres Gantta dla procesu przyjęcia zamówienia



Rys. 9. Wykres Gantta dla procesu 2 – realizacji zamówienia z odbiorem w sklepie stacjonarnym



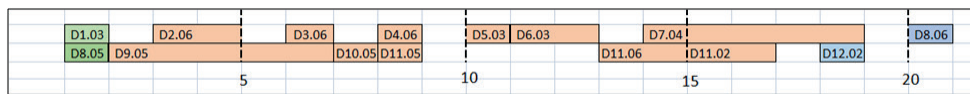
Rys. 10. Wykres Gantta dla procesu 3 – realizacji zamówienia z dowozem na wskazany adres

Model pokazuje działy zajmujące się wykonywaniem operacji systemowych poszczególnych procesów zarządzania oraz ich uporządkowanie.

### 2.3.8. GRAF CZASOWY SPÓJNY

Diagram sieciowy z kolei jest podstawą budowy modelu typu graf czasowy spójny, w którym uwzględniono tylko parametry czasowe oraz obciążenie obliczeniowe systemu informatycznego przy wykonaniu poszczególnych operacji systemowych (rys. 11) (Petryshyn, Nykolaichuk 2007). Model powstał na skutek zrzutowania czasów rozpoczęcia oraz trwania operacji z diagramu sieciowego na oś czasu (rys. 7).



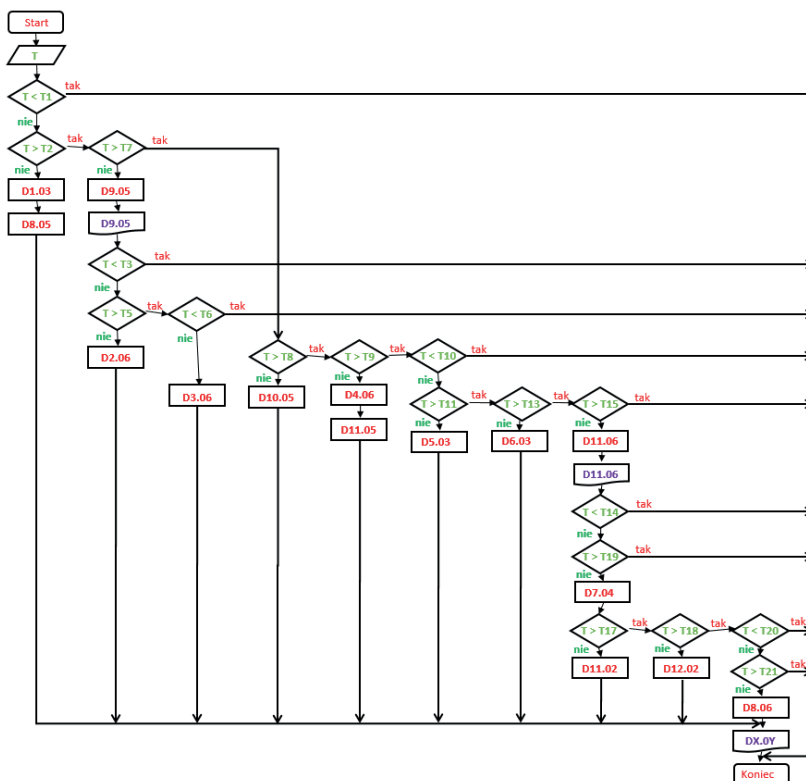


Rys. 11. Graf czasowy spójny

Przydziału mocy obliczeniowej systemu informatycznego dokonuje się z zastosowaniem wyżej wymienionego modelu. W odpowiednich momentach rozpoczęcia oraz okresach czasowych system informatyczny przetwarza zadania odpowiednich operacji systemowych. Jest to podstawą syntezy kolejnego modelu algorytmu wykonywania operacji w systemie.

### 2.3.9. SCHEMAT BLOKOWY ALGORYTMU PRZEBIEGU PROCESU ZARZĄDZANIA W SYSTEMIE

Schemat blokowy algorytmu (rys. 12) przedstawia warunki czasowe oraz kolejność wykonywania poszczególnych operacji systemowych procesu w opracowywanym informatycznym systemie zarządzania (Laudon, Laudon 2017; Peters, Peters 2018; Schwalbe 2018; Sousa, Oz 2014; Stair, Reynolds 2017; ISO 10628:1997; ISO 5807:1985).

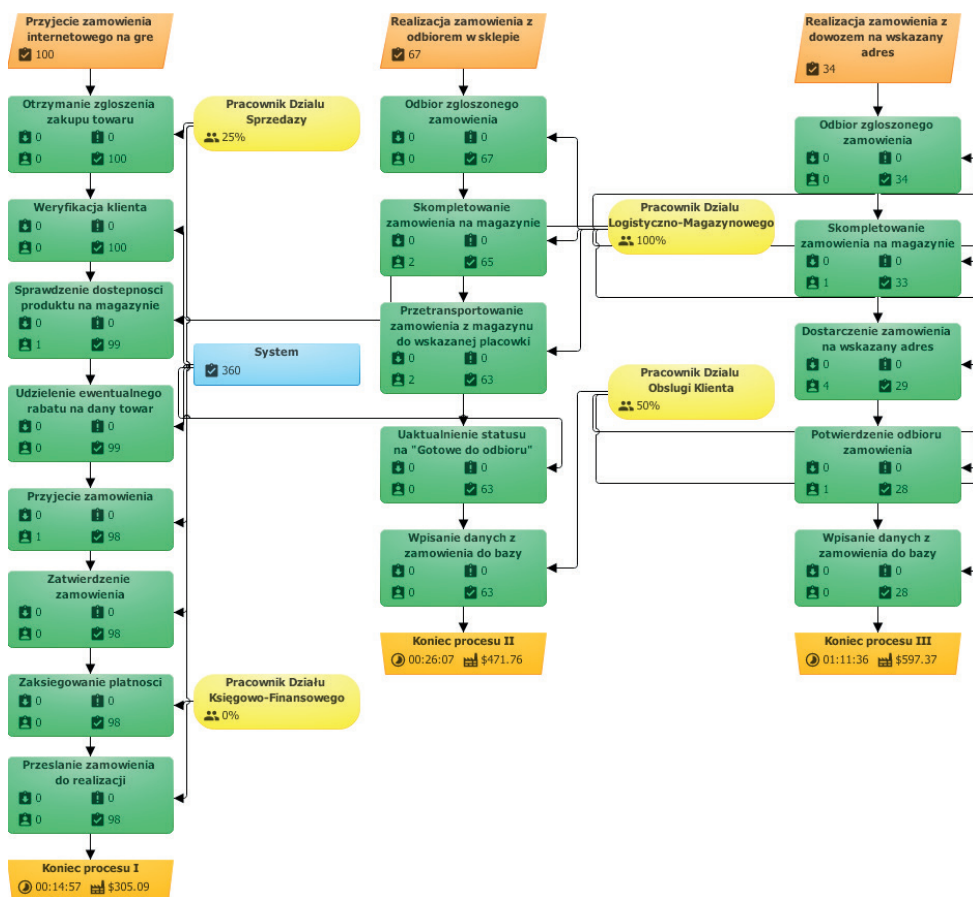


Rys. 12. Schemat blokowy

Algorytm jest kolejnym modelem i podstawą implementacji aplikacji zarządzania procesowego na bazie podejścia obiektowego w opracowaniu oprogramowania systemu zarządzania (Peters, Peters 2018; Stair, Reynolds 2017; ISO 10628:1997; ISO 5807:1985).

#### 2.4. SYMULACJA PROCESÓW W MODELOWANYM SYSTEMIE

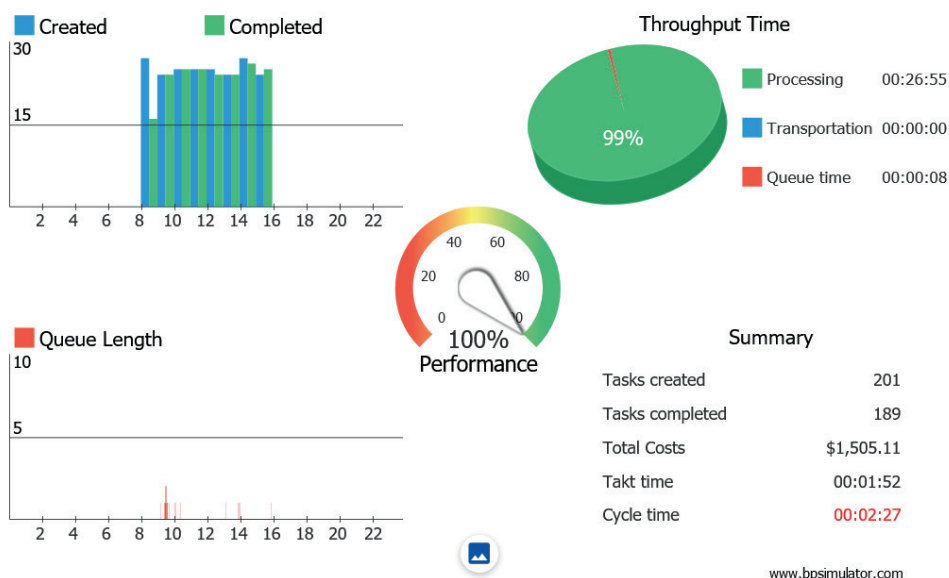
W celu weryfikacji modeli analitycznych i wykrycia „wąskich gardeł” niezbędna jest symulacja dynamiczna przebiegu operacji systemowych w procesie zarządzania (Laudon, Laudon 2017; Peters, Peters 2018). Wykorzystano do tego wirtualne oprogramowanie symulacyjne do analizy procesów biznesowych, udostępnione na stronie internetowej Business Process Simulator – <https://www.bpsimulator.com/run/> (BP Simulator 2019). W symulacji uwzględniono zdefiniowane i omówione procesy oraz operacje systemowe wraz z czasem ich trwania oraz zasobów koniecznych do ich wytworzenia (rys. 13).



Rys. 13. Schemat symulacyjny procesów systemu zarządzania

W wyniku symulacji uzyskano szacunkowe koszty generowane przez system oraz średni czas realizacji każdego z procesów. Raport z przeprowadzonej symulacji (rys. 14) informuje o obciążeniu obliczeniowym wykonywania procesów i operacji systemowych. Symulację przeprowadzono dla okresu czasowego 8.00–16.00, ponieważ są to najczęstsze godziny pracy.

W koszty wliczono zarówno płace pracowników, jak i koszt związany z funkcjonowaniem systemu. Jak można zauważyć, większość zadań została wykonana, a koszty ogólne szacuje się na 1505,11 zł (uznano, że wyniki będą liczone w walucie polskiej, ponieważ to w niej podano koszt robocizny).



Rys. 14. Raport z przeprowadzonej symulacji

### 3. WNIOSKI

Na podstawie opracowanych metod wizualizacji przebiegów funkcjonowania zintegrowanych systemów zarządzania zostały przedstawione podstawy symulacji, które pozwoliły na odwzorowanie przebiegu procesów i umożliwiły zarządzanie systemem informacyjnym w czasie rzeczywistym. Wizualizacja procesów zarządzania pozwoliła usunąć barierę psychologiczną i uniknąć wzajemnego nieporozumienia między zleceniodawcą i twórcą systemów informatycznych, a także zmniejszyć koszty opracowania, wdrażania i obsługi sieciowych systemów zarządzania.

Osiągnięto cel projektu, jakim było przedstawienie wizualnych metod modelowania procesów zarządzania zintegrowanymi systemami na podstawie analizy procesowej, a także opracowanie uproszczonego przykładu systemu zarządzania sklepem internetowym, który ma na celu usprawnienie przetwarzania dokumentów przez osoby przypisane do odpowiednich zadań. Przeprowadzono modelowanie systemu na podstawie procesów zachodzących w rzeczywistości. Dzięki zasympulowanym modelom systemu można zoptymalizować koszty, poprawić jakość obsługi oraz zautomatyzować procesy w przedsiębiorstwie na etapie opracowania projektu. Wdrożenie opracowanego modelu systemu pozwoli na usprawnienie wymiany informacji między klientami i oddzielnymi jednostkami oraz przejście na elektroniczny system zarządzania.

Na podstawie opracowanych modeli oraz symulacji procesów w firmie osiągnięte będą wyznaczone cele systemu zarządzania, którymi są przede wszystkim maksymalizacja zysku spowodowana zwiększeniem liczby sprzedawanych gier planszowych, podniesienie zadowolenia klientów korzystających z oferowanych usług oraz minimalizacja kosztów związanych z dostarczeniem gier klientowi (możliwy odbiór osobisty w sklepie stacjonarnym). Przeprowadzona symulacja pozwala na oszacowanie kosztów, jakie będą generowane przez korzystanie z opracowanego systemu. Symulacja zmian w systemie i ich wdrażanie w rzeczywistości umożliwi wzrost konkurencyjności firmy na rynku.

## LITERATURA

- Alter S., 1999, *Information Systems: A Management Perspective*, Addison-Wesley.
- BP Simulator, <https://www.bpsimulator.com/run/> [dostęp: 10.09.2019].
- IEEE 1233-1996, *Guide for Developing of System Requirements Specifications*, <https://ieeexplore.ieee.org/document/502838> [dostęp: 10.09.2019].
- IEEE 1362-1998, *Guide for Information Technology – System Definition – Concept of Operations (ConOps)*, <https://ieeexplore.ieee.org/document/761853> [dostęp: 10.09.2019].
- IEEE 830-1998, *Recommended Practice for Software Requirements Specifications*, <https://standards.ieee.org/standard/830-1998.html> [dostęp: 10.09.2019].
- ISO 10628:1997, *Flow diagrams for process plants – General rules*, [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm?csnumber=18721](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=18721) [dostęp: 10.09.2019].
- ISO 5807:1985, *Information processing – Documentation symbols and conventions for data, program and system flowcharts, program network charts and system resources charts*. <https://www.iso.org/standard/11955.html> [dostęp: 10.09.2019].
- Laudon K.C., Laudon J.P., 2017, *Management Information Systems: Managing the Digital Firm*, Pearson.
- Peters B., Peters T., 2018, *Computing the Environment: Digital Design Tools for Simulation and Visualisation of Sustainable Architecture*, Wiley.
- Petryshyn L., Nykolaichuk Ja., 2007, *Analytical modeling of infosystems of automated management*, [w:] *Zarządzanie organizacjami w gospodarce rynkowej*, red. W. Waszkiewicz, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków, s. 268–275.

- Petryshyn L., Rogóż-Duda A., Petryshyn M., 2019, *Wizualizacyjne Modelowanie Zintegrowanych Systemów Zarządzania*, [w:] *Information Systems and Technologies: Proceedings of the 8-th International Scientific and Technical Conference IST-2019, Kobleve-Kharkiv, Ukraine, September 10–15, 2019*, eds. A.D. Teviashev, L.B. Petryshyn, V.G. Kobzey, KhNURE, Kharkiv, s. 4–8.
- Schwalbe K., 2018, *Information Technology Project Management*, Cengage Learning.
- Sousa K.J., Oz E., 2014, *Management Information Systems*, Cengage Learning.
- Stair R., Reynolds G., 2017, *Fundamentals of Information Systems*, Cengage Learning.

#### INFORMATION SYSTEM FOR MANAGING OF BOARD GAMES SELLING SHOP NETWORKS

**Summary:** Modeling of management processes in the conditions of sectoral cooperation on the basis of distributed IT systems allows to reduce the costs of developing and operating such complex systems. The proposed process analysis technique allows the decomposition of the overall management system process and the visualization of information models as well as the mapping of processes in graphic form and simplifies communication at the stage of analysis and design between the customer and the system developer. The bases of system analysis and a simplified example of developing a production supply network management system are presented.

**Keywords:** process analysis, visualization modeling, information processes, management, sectoral cooperation, distributed systems

*Publikacja została sfinansowana przez Akademię Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie (subwencja na utrzymanie i rozwój potencjału badawczego).*

## ZASTOSOWANIE MODELI WYGLĄDZANIA WYKŁADNICZEGO DO PROGNOZOWANIA WYDATKÓW NA OCHRONĘ ZDROWIA

**Streszczenie:** W rozdziale przedstawiono wykorzystanie modeli wygładzania wykładniczego do prognozowania wydatków na ochronę zdrowia. Analiza wydatków sektora ochrony zdrowia związana jest ze świadczeniem usług i uzależniona od kadry zarządzającej, Ministerstwa Zdrowia i Narodowego Funduszu Zdrowia. Założeniem przeprowadzonej analizy było zastosowanie najprostszych metod wygładzania wykładniczego. Zaprezentowanie modeli prognostycznych i prawidłowy wybór parametrów daje możliwość oceny problemu oraz zaprezentowanie trzech różnych metod. Modele prognostyczne zbudowano na danych rzeczywistych od 2007 do 2016 r. pochodzących z Głównego Urzędu Statystycznego. Autorka dokonała oceny porównawczej otrzymanych prognoz za pomocą miar statystycznych. Celem prowadzonych badań było zaprezentowanie skutków niewłaściwego doboru modelu do danych rzeczywistych.

**Słowa kluczowe:** wygładzanie wykładnicze, ochrona zdrowia, prognoza, parametry modelu

### 1. WPROWADZENIE

Rolą sektora ochrony zdrowia jest zagwarantowanie opieki zdrowotnej społeczeństwu. Placówki medyczne w Polsce są określane przez kadrę zarządzającą, Ministerstwo Zdrowia i Narodowy Fundusz Zdrowia. Analiza sektora pod względem finansowania przez organy publiczne i prywatne jest wieloaspektowa. Ekspert, który zajmuje się prognozowaniem, powinien znać sytuację gospodarczą i według niej tworzyć modele prognostyczne. Wybór modelu jest trudny, ponieważ przewidzenie i ocena przyszłości opiera się na teoretycznych rozważaniach, doświadczeniu oraz logicznym podejściu do problemu. Badanie szeregów czasowych opiera się na informacjach dostępnych dla ogółu ludności w Polsce. Wykorzystując metody ilościowe o charakterze matematyczno-statystycznym oraz modele statystyczno-ekonomiczne, instytucja może zaplanować wydatki na krótkie okresy rozliczeniowe.

Celem rozdziału jest przedstawienie wybranych modeli wygładzania wykładniczego w jednostce medycznej w Polsce. Podjęty temat ma za zadanie zobrazować konsekwencje niewłaściwego doboru parametrów do danych rzeczywistych.

---

\* AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Zarządzania

## 2. MODELE WYGŁADZANIA WYKŁADNICZEGO

Modele wygładzania wykładniczego mają najczęściej zastosowanie do analizy szeregu czasowego. Charakter rekurencyjny modeli jest wykorzystywany do skorygowania tych szeregów. Należy jednak pamiętać, że prognozy trzeba uaktualniać po dodaniu nowych danych (Gelper i in. 2010). Do modeli takich należą: model liniowy Holta, Browna oraz Holta–Wintersa.

Model liniowy Holta jest wykorzystywany do prognoz krótkookresowych. Szereg czasowy musi mieć tendencję rozwojową oraz wahania przypadkowe (Nazarko 2004). Parametry modelu przyjmują wartości  $\alpha \in [0, 1]$  oraz  $\beta \in [0, 1]$ .

Równania modelu opisane są w sposób następujący (Szostak 2012):

$$F_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)(F_{t-1} + S_{t-1}) \quad (1)$$

$$S_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta)S_{t-1} \quad (2)$$

$$F_1 = y_1 \quad (3)$$

$$S_1 = y_1 - y_0 \quad (4)$$

gdzie:

$t$  – szereg czasowy ( $t = 2, \dots, n - 1$ ),

$F_t$  – wygładzona wartość szeregu czasowego w okresie  $t$ ,

$S_t$  – wygładzona wartość trendu w okresie  $t$ ,

$\alpha, \beta$  – parametry modelu.

Prognozy następnych wartości szeregu są określane za pomocą poniższego wzoru:

$$y_{n+k-1}^* = F_{n-1} + k \cdot S_{n-1}; k = 1, 2, \dots \quad (5)$$

Parametry  $\alpha$  oraz  $\beta$  dobiera się przez minimalizację błędów prognoz wygasłych metodą średniej liniowej lub średniej kwadratowej. Zakłada się również, że dla wzoru (5)  $n = t$  oraz  $k = 1$ , co daje:

$$y_t^* = F_{t-1} + S_{t-1} \quad (6)$$

Prognozy porównywane są z danymi rzeczywistymi, a ich różnice są błędami prognoz wygasłych dla przyjętych parametrów  $\alpha$  i  $\beta$ .

Model Browna wykorzystywany jest przy prawie stałym poziomie zmiennej prognozowanej lub bardzo słabym trendzie i niewielkich wahaniami przypadkowych [1]. Równanie modelu na okres  $t - 1$  wyznaczamy na podstawie wzoru (2):

$$y_{t-1}^* = F_{t-2} = \frac{y_{t-2} + y_{t-3} + \dots + y_{t-k-1}}{k} \quad (7)$$

gdzie:

$t$  – szereg czasowy ( $t = 2, \dots, n - 1$ ),

$F_t$  – wygładzona wartość szeregu czasowego w okresie  $t$ ,

$k$  – zmienna prognozowana.

Na okres  $t$  wartość prognozy przedstawia się następująco:

$$y_t^* + F_{t-1} = \frac{y_{t-1}}{k} - \frac{y_{t-k-1}}{k} + y_{t-1}^* \quad (8)$$

Podstawiając pod  $\alpha = \frac{1}{k}$ , otrzymujemy wzór na prognozę ex ante i ex post na okres  $t - 1$ :

$$y_t^* = F_{t-1} = \alpha y_{t-1} + (1 - \alpha) y_{t-1}^* \quad (9)$$

Prognoza jest otrzymywana za pomocą średniej ruchomej prostej. Autorka założyła, że pierwszy wyraz jest pierwszą wartością szeregu czasowego oraz jest średnią z trzech początkowych wartości.

Model Holta–Wintersa opiera się na trendzie oraz wahaniami przypadkowych. Zakłada, że im starsza informacja z danego okresu, tym jej wartość dla prognozy jest mniejsza. Do wygładzania wykorzystuje się ważoną średnią ruchomą. Parametry modelu przyjmują postać  $\alpha \in [0, 1]$  oraz  $\beta \in [0, 1]$  (Chatfield 1986; Gardner 1985).

Równania modelu określają następujące równania (Przystupa, Juściński 2015):

$$F_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)(F_{t-1} + S_{t-1}) \quad (10)$$

$$S_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta)S_{t-1} \quad (11)$$

$$F_1 = y_1 \quad (12)$$

$$S_1 = y_1 - y_0 \quad (13)$$

gdzie:

$t$  – szereg czasowy ( $t = 2, \dots, n - 1$ ),

$F_t$  – wygładzona wartość szeregu czasowego w okresie  $t$ ,

$S_t$  – wygładzona wartość trendu w okresie  $t$ ,

$\alpha, \beta$  – parametry modelu.

Prognoz dla następnych wartości szeregu opisuje poniższy wzór:

$$y_t^* = F_{t-1} + S_{t-1} \quad (14)$$

$$y_t^* = F_n + (t - n)S_n \quad (15)$$

gdzie:

$n$  – okres prognozowania,

$S_n$  – wygładzona wartość trendu w okresie  $n$ .

Wzór (14) przedstawia prognozy wygasłe, natomiast zależność (15) – prognozy rzeczywiste.



### 3. METODA BADAŃ

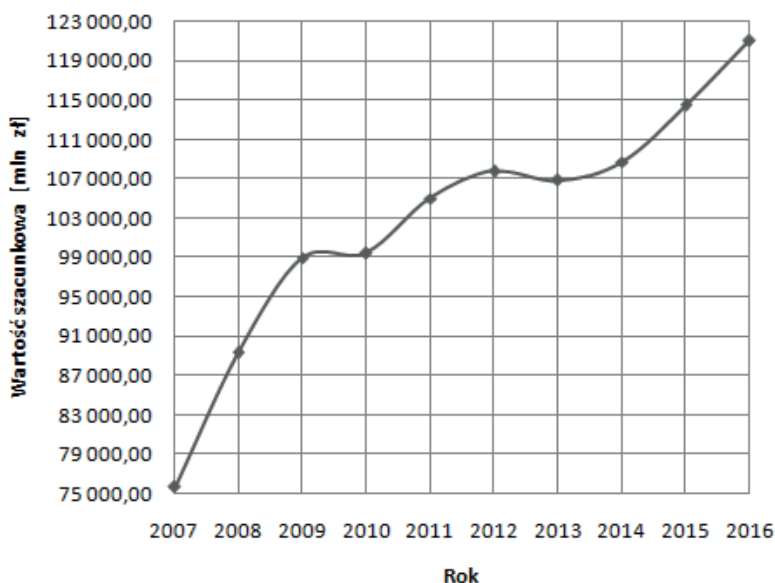
Zbudowanie modelu prognostycznego na lata 2017–2019 opierało się na stworzeniu prognozy wydatków bieżących na ochronę zdrowia na podstawie danych historycznych. Analizie poddano dane za lata 2007–2016. Zaobserwowano, że istnieje tendencja rozwojowa jako element główny oraz wahania przypadkowe jako składowa losowa. Wydatki bieżące zostały poklasyfikowane na wydatki publiczne i prywatne, przy czym publiczne stanowiły 69,8% nakładów na ochronę zdrowia, a prywatne – 30,2%. Według schematów finansowania (klasyfikacja ICHAHF) struktura wydatków w Narodowym Rachunku Zdrowia z 2016 r. przedstawiała się następująco: obowiązkowe składkowe ubezpieczenie zdrowotne (59,8%), wydatki gospodarstw domowych (22,9%), programy rządowe i samorządowe (10,0%), dobrowolne programy ubezpieczenia zdrowotnego (5,4%), programy finansowane przez organizacje niekomercyjne (0,9%) oraz prywatne przedsiębiorstwa (0,9%). Kwota wydatków w Narodowym Rachunku Zdrowia obejmuje tylko wydatki bieżące. Wydatki kapitałowe (np. wydatki inwestycyjne, na badania i rozwój, kształcenie) nie są wliczone do rachunku ogólnego. Zestawienie wyników narodowego funduszu zdrowia na lata 2003–2008 wykazuje wzrost wydatków zarówno publicznych, jak i prywatnych. Dane rzeczywiste pochodzące z głównego urzędu statystycznego wskazują, że największy wzrost nakładów nastąpił w latach 2007–2008 – aż o 15,28%. W latach 2008–2011 wzrost finansowania utrzymywał się na różnym poziomie i wynosił odpowiednio: 9,77%, 0,51%, 5,25% oraz 2,60%. W latach 2012–2013 nastąpił spadek o 0,87%. Nakłady finansowe w latach 2014–2016 ciągle wzrastały. Dodatkowo analizie poddano rok 2016, w którym bieżące wydatki publiczne stanowiły 4,55% PKB, a wydatki prywatne 1,96% PKB. W tabeli 1 przedstawiono wydatki ogółem na ochronę zdrowia na lata 2007–2016, a na rysunku 1 analizowany szereg czasowy.

**Tabela 1**

Wydatki ogółem na ochronę zdrowia na lata 2007–2016

<b>Rok</b>	<b>Wydatki ogółem na ochronę zdrowia [mln zł]</b>
2007	75 665,00
2008	89 307,00
2009	98 976,00
2010	99 485,00
2011	104 997,00
2012	107 802,00
2013	106 869,40
2014	108 737,20
2015	114 496,80
2016	121 106,70

Źródło: opracowanie własne na podstawie Narodowego Rachunku Zdrowia na lata 2007–2016



Rys. 1. Dane rzeczywiste w latach 2007–2016

Analiza wizualna danych rzeczywistych wskazuje na wahania przypadkowe w 2010 i 2013 roku. W przypadku trendu liniowego zauważalny jest wzrost przez cały okres szeregu czasowego. Do budowania prognoz krótkookresowych zastosowano metody wygładzania wykładniczego Holta, Browna oraz Holta-Wintersa.

Zbudowanie modelu oraz oszacowanie prognoz ma na celu przygotowanie danych do przeglądu tych prognoz. Do oceny prognoz autorka wykorzystała mierniki charakterystyczne dla obszaru zastosowań jako miary opisu statystycznego (Chodakowska i in. 2005; Nazarko 2005):

- MAE (ang. *mean absolute error*) – średni błąd bezwzględny,
- MAPE (ang. *mean absolute percentage error*) – średni bezwzględny błąd procentowy,
- RMSE (ang. *root meansquare error*) – pierwiastek błędu średniokwadratowego,
- $V_{RMSE}$  (ang. *relative prediction error ex-post*) – względny błąd predykcji ex post.

#### 4. WYNIKI BADAŃ

Za pomocą trzech metod wygładzania wykładniczego przeanalizowano parametry. Wartości dobrano z dokładnością do 0,0001. Prognozy oszacowano na trzy przyszłe okresy czasowe. Dodatkowo za pomocą dodatku Solver pakietu MS Excel dobrano parametry optymalne dla każdego modelu. Parametry te dopasowano za pomocą minimalizacji wartości średniego błędu kwadratowego prognoz wygasłych.

W przypadku modelu liniowego Holta wygładzono szereg czasowy, zakładając, że istnieje trend wzrostowy oraz wahania przypadkowe. Uzyskano wartości parametrów  $\alpha = 0,8981$  oraz  $\beta = 0,5106$ . Wartości obliczone zaprezentowano w tabeli 2.

**Tabela 2**  
Wyniki obliczeń modelu liniowego Holta

$t$	$Y_t$	$F_t$	$S_t$	$Y_{t^*}$	Błąd prognozy wygaslej
2007	75 665,00	75 665,00	13 642,00	–	–
2008	89 307,00	89 307,00	13 642,00	89 307,00	0,00
2009	98 976,00	99 380,92	11 820,23	102 949,00	–3973,00
2010	99 485,00	100 679,07	6447,92	111 201,14	–11 716,14
2011	104 997,00	105 214,08	5471,24	107 127,00	–2130,00
2012	107 802,00	108 095,86	4149,12	110 685,32	–2883,32
2013	106 869,40	107 417,26	1684,21	112 244,98	–5375,58
2014	108 737,20	108 774,33	1517,18	109 101,47	–364,27
2015	114 496,80	114 068,21	3445,47	110 291,50	4205,30
2016	121 106,70	120 740,51	5093,01	117 513,68	3593,02
2017				125 833,52	
2018				130 926,53	
2019				136 019,54	

W modelu Browna założono, że osoba prognozująca wydatki nie zanalizowała danych rzeczywistych. W przypadku tego modelu dane nie wykazują trendu (rosnącego ani malejącego) oraz wahań przypadkowych. Dobrano  $\alpha$  tak, aby RMSE było jak najmniejsze. Uzyskano parametr  $\alpha = 0,6091$ . Wartości przedstawiono w tabeli 3.

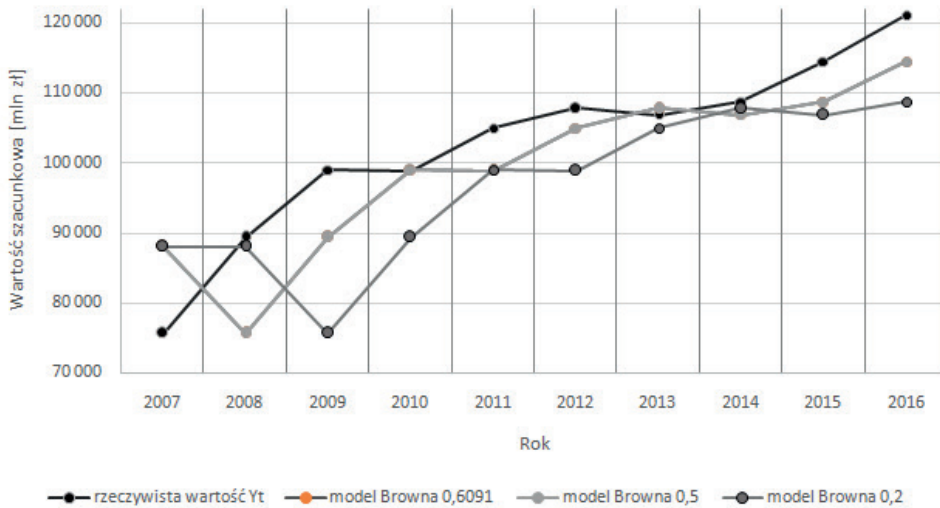
**Tabela 3**  
Wyniki obliczeń modelu Browna dla  $\alpha = 0,0609$

$t$	$Y_t$	$Y_{t^*}$	Błąd prognozy wygaslej
2007	75 665	75 665	0
2008	89 307	75 665	13 642
2009	98 976	89 307	9669
2010	98 845	98 976	–131
2011	104 997	98 845	6152
2012	107 802	104 997	2805
2013	106 869	107 802	–933
2014	108 737,20	106 869	1868
2015	114 496,80	108 737	5760
2016	121 106,70	114 497	6610

Następnie wygenerowano prognozy dla przypadkowej wartości  $\alpha$ . Parametry te zostały przypasowane w sposób przypadkowy. W tabeli 4 zaprezentowano wyniki obliczeń, a na rysunku 2 ich graficzną interpretację.

**Tabela 4**  
Wyniki obliczeń modelu Browna dla różnych wartości  $\alpha$

$t$	$Y_t$	$\alpha = 0,6091$	$\alpha = 0,5$	$\alpha = 0,2$
2007	75 665	87 982	87 982	87 982
2008	89 307	75 665	75 665	87 982,67
2009	98 976	89 307	89 307	75 665
2010	98 845	98 976	98 976	89 307
2011	104 997	98 845	98 845	98 976
2012	107 802	104 997	104 997	98 845
2013	106 869	107 802	107 802	104 997
2014	108 737,20	106 869,4	106 869,4	107 802
2015	114 496,80	108 737,2	108 737,2	106 869,4
2016	121 106,70	114 496,8	114 496,8	108 737,2



**Rys. 2.** Wyniki obliczeń dla modelu Browna

W tabeli 5 przedstawiono model Holta–Wintersa bez sezonowości, który charakteryzuje się trendem i wahaniami przypadkowymi. W modelu tym dopasowano parametry i uzyskano wartości  $\alpha = 0,7596$  oraz  $\beta = 0,9364$ .

**Tabela 5**  
Wyniki obliczeń modelu Holta–Wintersa

$t$	$Y_t$	$F_t$	$S_t$	$Y_{t^*}$	Błąd prognozy wygaslej
2007	75 665,00	75 665,00	13 642,00	–	–
2008	89 307,00	89 307,00	13 642,00	89 307,00	0,00
2009	98 976,00	99 930,98	10 815,89	102 949,00	–3973,00
2010	99 485,00	102 191,99	2805,01	110 746,88	–11 261,88
2011	104 997,00	104 997,00	2805,01	104 997,00	0,00
2012	107 802,00	107 802,00	2805,00	107 802,01	–0,01
2013	106 869,40	107 767,80	146,34	110 607,00	–3737,60
2014	108 737,20	108 539,36	731,81	107 914,14	823,06
2015	114 496,80	113 240,73	4448,94	109 271,17	5225,63
2016	121 106,70	120 285,36	6879,57	117 689,67	3417,03
2017				127 164,93	
2018				134 044,50	
2019				140 924,08	

Zdefiniowane błędy przedstawiono w tabeli 6.

**Tabela 6**  
Błędy prognoz

	Model Holta	Model Browna	Model Holta–Wintersa
Parametry modelu	$\alpha = 0,8981$ $\beta = 0,5106$	$\alpha = 0,0609$	$\alpha = 0,7596$ $\beta = 0,9364$
MEA [mln zł]	2071,5546	5285,4333	3159,8007
RMSE [mln zł]	5005,8526	6721,0135	4669,5824
MAPE [%]	2,14	5,19	1,07
$V_{RMSE}$ [%]	4,64	6,55	4,37

Autorka prognozowała na lata 2017–2019 za pomocą trzech modeli. Zarówno w modelu Holta, jak i Holta–Wintersa jest zauważalna podobna wartość RMSE. W przypadku błędu procentowego MAPE, który przedstawia średnią wielkość błędu dla okresu 2017–2019 jest zauważalna różna wartość, przy czym najmniejsza jest dla modelu Holta–Wintersa i wynosi ona 1,07%, a największa dla Browna 5,19%.

## 5. WNIOSKI

Wyodrębniono optymalne parametry modeli za pomocą dodatku Solver pakietu MS Excel dla trzech wybranych modeli na lata 2017–2019, czyli na trzy okresy rozliczeniowe. Autorka założyła, że prognoza nie powinna być obciążona błędem większym niż 5%. Obciążenie błędem 4,37% dla modelu Holta–Wintersa i 4,64% dla modelu Holta wskazuje, że prognoza jest dopuszczalna. W przypadku wartości MEA równej 0 dopasowanie modelu do danych historycznych jest doskonałe. We wszystkich badanych modelach wartość MEA jest różna od zera, co świadczy o istnieniu wartości odstających od danych. Porównując mierniki określające miary opisu statystycznego do oceny prognoz należy zwrócić szczególną uwagę na współczynnik RMSE. Dodatkowo różnica pomiędzy MEA a RMSE (1509,7817 mln zł) dla modelu Holta–Wintersa dowodzi, że istnieje mniejsza różnica pomiędzy prognozą a wartością prognozowaną. W modelu Browna różnica ta jest najmniejsza (1435,5802 mln zł), ale wartość prognozy ex post przekracza założoną wartość.

## LITERATURA

- Chatfield Ch., 1986, *Holt-Winters forecasting: some practical issues*, *The Statistician*, 37, s. 129–140.
- Chodakowska E., Halicka K., Kononiuk A., Nazarko J., 2005, *Zastosowanie modeli klasy GARCH do prognozowania cen energii elektrycznej na Towarowej Gieldzie Energii SA*, [w:] red. L. Kiełtyka, J. Nazarko, *Technologie informatyczne i prognozowanie w zarządzaniu: wybrane zagadnienia*, Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok, s. 150–171.
- Gardner E.S., 1985, *Exponential smoothing: The state of art*, *Journal of Forecasting*, 4, s. 1–28.
- Gelper S., Fried R., Croux Ch., 2010, *Robust Forecasting with Exponential and Holt-Winters Smoothing*, *Journal of Forecasting*, 29, s. 285–300.
- Nazarko J. (red.), 2004, *Prognozowanie w zarządzaniu przedsiębiorstwem. Cz. 1 – Wprowadzenie do metodyki prognozowania*, Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok.
- Nazarko J. (red.), 2005, *Prognozowanie w zarządzaniu przedsiębiorstwem. Cz. 3 – Prognozowanie na podstawie modeli adaptacyjnych*, Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok.
- Przystupa W., Juściński S., 2015, *Analiza możliwości wykorzystania modelu Holta–Wintersa do oceny popytu na części zamienne do pojazdów rolniczych*, *Logistyka*, 5, s. 475–482.
- Szostak R., 2012, *Uogólniony model Holta na przykładzie prognozowania liczby pasażerów w transporcie lotniczym w Polsce*, *Ekonometria*, 2, s. 16–26.

### Źródła internetowe

- <http://www.ekonometria.4me.pl/wygładzanie-wykładnicze-Browna.htm> [dostęp: 20.12.2019].
- [https://stat.gov.pl/cps/rde/xbr/gus/ZO\\_narodowy\\_rachunek\\_zdrowia\\_2010.pdf](https://stat.gov.pl/cps/rde/xbr/gus/ZO_narodowy_rachunek_zdrowia_2010.pdf) [dostęp: 20.12.2019].
- [https://stat.gov.pl/cps/rde/xbr/gus/zos\\_narodowy\\_rachunek\\_zdrowia\\_2009.pdf](https://stat.gov.pl/cps/rde/xbr/gus/zos_narodowy_rachunek_zdrowia_2009.pdf) [dostęp: 20.12.2019].

[https://stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/zos\\_narodowy\\_rachunek\\_zdrowia\\_2008.pdf](https://stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/zos_narodowy_rachunek_zdrowia_2008.pdf) [dostęp: 20.12.2019].

<https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/zdrowie/zdrowie/narodowy-rachunek-zdrowia-2011,4,4.html> [dostęp: 20.12.2019].

<https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/zdrowie/zdrowie/narodowy-rachunek-zdrowia-2012,4,5.html> [dostęp: 20.12.2019].

<https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/zdrowie/zdrowie/narodowy-rachunek-zdrowia-2014,4,6.html> [dostęp: 20.12.2019].

<https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/zdrowie/zdrowie/narodowy-rachunek-zdrowia-2015,4,8.html> [dostęp: 20.12.2019].

<https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/zdrowie/zdrowie/narodowy-rachunek-zdrowia-za-2016-rok,4,9.html> [dostęp: 20.12.2019].

#### THE USE OF EXPONENTIAL SMOOTHING MODELS TO FORECAST EXPENDITURE ON HEALTH CARE

**Summary:** The article presents the use of exponential smoothing models to forecast expenditure on health care. The analysis of expenditure in the healthcare sector is related to the provision of services and depends on the management, the Ministry of Health and the National Health Fund. The analysis was based on the simplest methods of exponential smoothing. The presentation of prognostic models and the correct selection of parameters gives the opportunity to assess the problem and to present three different methods. Forecast models were built on real data from 2007 to 2016 from the Central Statistical Office. The author made a comparative assessment of the forecasts obtained using statistical measures. The purpose of the research was to present the effects of incorrect selection of the model to real data.

**Keywords:** exponential smoothing, health care, forecast, model parameters

*Publikacja została sfinansowana przez Akademię Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie (subwencja na utrzymanie i rozwój potencjału badawczego).*

## MODELE OPTYMALIZACYJNE DLA PROBLEMU PLANOWANIA TRAS ODBIORU ODPADÓW

**Streszczenie:** System gospodarowania odpadami komunalnymi (SGOK) integruje takie procesy, jak odbiór odpadów, segregację odpadów, selektywne przetwarzanie odpadów na surowce wtórne lub energię oraz składowanie odpadów, których przetworzyć nie można. W celu minimalizacji kosztów ponoszonych przez przedsiębiorstwa zajmujące się transportem i zagospodarowaniem odpowiednio selekcjonowanych odpadów muszą one opracować efektywny plan wykorzystania posiadanej floty. Ważnym elementem sprawnego odbioru poszczególnych frakcji odpadów z miejsc ich powstawania jest zapewnienie odpowiedniego harmonogramu i marszrut pojazdów. W niniejszej pracy zostały zebrane dwa warianty problemu planowania tras odbioru odpadów komunalnych sformułowane w latach 2016–2019, inspirowane wymaganiami dotyczącymi systemu odbioru odpadów obowiązującymi w tym okresie w Gminie Miejskiej Kraków. Problemy te różnią się między sobą w zakresie uwzględniania rodzajów odpadów i sposobu ich odbioru, posiadanego taboru (wielkość i ładowność pojazdów), terminów odbioru odpadów od klientów, ale łączy je cel polegający na minimalizacji całkowitych kosztów funkcjonowania tego systemu. Dla każdego problemu został sformułowany model programowania całkowitoliczbowego mieszanego.

**Słowa kluczowe:** odbiór odpadów komunalnych, odpady komunalne, odpady segregowane, selektywny odbiór odpadów, zarządzanie odpadami, optymalizacja, wyznaczanie tras, VRP, MILP, PLMC, logistyka miejska

### 1. WPROWADZENIE

System gospodarowania odpadami komunalnymi (SGOK) jest jednym z najważniejszych zagadnień we współczesnej polityce lokalnej oraz logistyce miejskiej. Ważną kwestią jest właściwe zagospodarowanie odpadów komunalnych, aby zredukować ich udział w zanieczyszczeniu oceanów i gleby, rozprzestrzenianiu się chorób oraz szkód wyrządzanych dzikim zwierzętom. Właściwy system gospodarowania odpadami komunalnymi obejmuje takie procesy, jak odbiór odpadów, segregację odpadów, selektywne przetwarzanie odpadów na surowce wtórne lub energię oraz składowanie odpadów, których przetworzyć nie można (Edalatpour i in. 2018; Ghiani i in. 2014).

---

\* AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Zarządzania



Zgodnie z *Ustawą z dnia 19 lipca 2019 r. o zmianie ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach oraz niektórych innych ustaw* (Dz.U. z 2019 r., poz. 1579) jednym z procesów w SGOK jest odbiór odpadów komunalnych wraz z selektywnym odbiorem odpadów segregowanych, którego organizacja należy w Polsce do zadań własnych gminy. Wykonawcą tego zadania jest organizacja dysponująca flotą specjalistycznych pojazdów do odbioru odpadów komunalnych, za pomocą których odpady są zabierane z punktów odbioru i transportowane do sortowni. Kluczowym zadaniem w organizacji odbioru odpadów komunalnych jest planowanie tras przejazdu pojazdów, tak aby dysponowana flota mogła zrealizować usługę odbioru odpadów komunalnych zgodnie z przewidzianą częstotliwością, w określonych porach, a także zapewnić selektywny odbiór odpadów segregowanych. W planowaniu tras odbioru odpadów komunalnych należy uwzględnić także rozmieszczenie punktów odbioru odpadów, gdyż może ono decydować o ograniczeniach w zakresie rodzaju pojazdów, które można skierować do obsługi danego punktu (np. znajdującego się przy wąskiej drodze dojazdowej). Zaniedbania w analizie charakterystyki punktów odbioru odpadów i pominięcie ich w planowaniu tras mogą prowadzić do marnowania czasu na oczekiwanie na dostęp do punktu odbioru odpadów lub nadmiarowych kilometrów przejechanych w celu dotarcia do takiego punktu. W konsekwencji plan odbioru odpadów zostaje naruszony, a usługa wykonana jest niewłaściwie.

W niniejszym rozdziale zostały zebrane dwa warianty problemu planowania tras odbioru odpadów komunalnych sformułowane w latach 2016–2019 inspirowane wymaganiami dotyczącymi systemu odbioru odpadów obowiązującymi w tym okresie w Gminie Miejskiej Kraków. Problemy te różnią się między sobą w zakresie uwzględniania rodzajów odpadów i sposobu ich odbioru, różnorodności floty i sposobu realizacji usługi.

W podrozdziale 2 niniejszej pracy został scharakteryzowany problem wyznaczania tras odbioru odpadów komunalnych w odniesieniu do ogólnej charakterystyki systemu gospodarowania odpadami komunalnymi, zagadnień dotyczących selektywnego odbioru odpadów segregowanych oraz problemu optymalizacji tras (ang. *Vehicle Routing Problem*, VRP) jako zadania badań operacyjnych. Problemy planowania tras odbioru odpadów komunalnych wraz ze zbudowanymi dla nich modelami MIP zostały zebrane w podrozdziale 3. Wnioski płynące z porównania tych modeli oraz planowane ich dalsze wykorzystanie praktyczne zostały zebrane w podrozdziale 4.

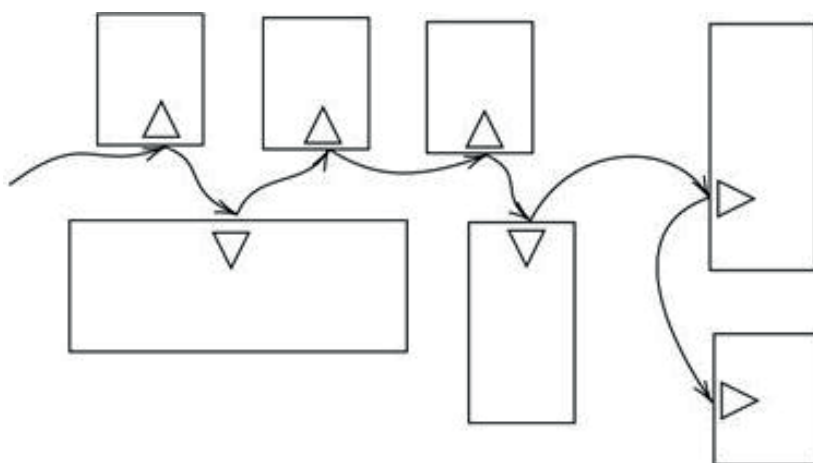
## 2. PROBLEM WYZNACZANIA TRAS ODBIORU ODPADÓW KOMUNALNYCH

### 2.1. SYSTEM GOSPODAROWANIA ODPADAMI KOMUNALNYMI

Odbiór odpadów odpowiednio dostosowany do wybranego w danej gminie sposobu ich gromadzenia i sortowania jest głównym zadaniem stojącym przed władzami gmin. System ten powinien zapewniać terminowy, zgodny z przepisami oraz minimalizujący koszty

realizacji takiego zadania. Wspólny transport różnych posegregowanych odpadów jest bardzo ograniczony i wymaga stosowania specjalistycznych pojazdów do tego przygotowanych. Gminy, posiadając bazy danych o liczbie miejsc odbioru selektywnie zgromadzonych odpadów oraz ich szacowanej ilości, na drodze przetargów mogą decydować o powierzeniu ich odbioru wyspecjalizowanym i odpowiednio przygotowanym do realizacji takich zadań firmom. Jednocześnie firmy, które będą zamierzały realizować te zadania, muszą dostosować swoje możliwości transportowe do posiadanej liczby pojazdów. Także optymalizacja wykorzystania posiadanych środków jest istotnym problemem, z jakim muszą się zmierzyć tego rodzaju firmy.

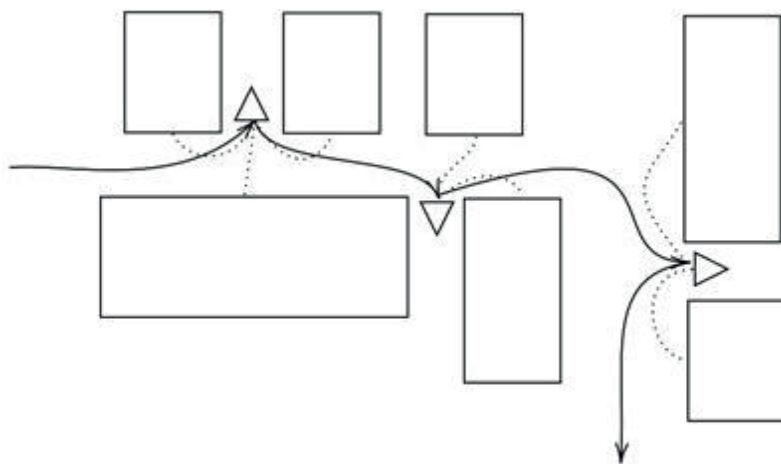
Odbiór odpadów komunalnych może się odbywać w różny sposób w zależności od gminy. W większości stosowane są dwa systemy odbioru odpadów komunalnych, w tym selektywnie zbieranych odpadów segregowanych. System odbioru u źródła, gdzie odpady odbierane są w miejscach ich powstawania (por. rys. 1). System ten jest stosowany w miastach, w zabudowie mieszkaniowej jednorodzinnej. Odpady gromadzone są przez mieszkańców na terenach swoich posesji i w odpowiednim momencie (określonym dniu i godzinie odbioru danego typu odpadów) muszą umożliwić firmie odbierającej odpady dostęp do nich.



Rys. 1. Odbiór odpadów u źródła

Źródło: (Bilitewski i in. 2000)

Drugim sposobem odbioru odpadów jest system donoszenia (por. rys. 2). System ten jest stosowany przeważnie miastach w zabudowie wielorodzinnej, gdzie wyznaczone są miejsca składowania odpadów umożliwiające ich segregowanie (wiaty śmietnikowe), do których mieszkańcy budynków wielorodzinnych wynoszą odpady generowane w swoich mieszkaniach. W określonym dniu oraz godzinach odpady danego typu są odbierane przez firmy zajmujące się ich dalszym zagospodarowaniem.



Rys. 2. Odbiór odpadów z donoszeniem

Źródło: (Bilitewski i in. 2000)

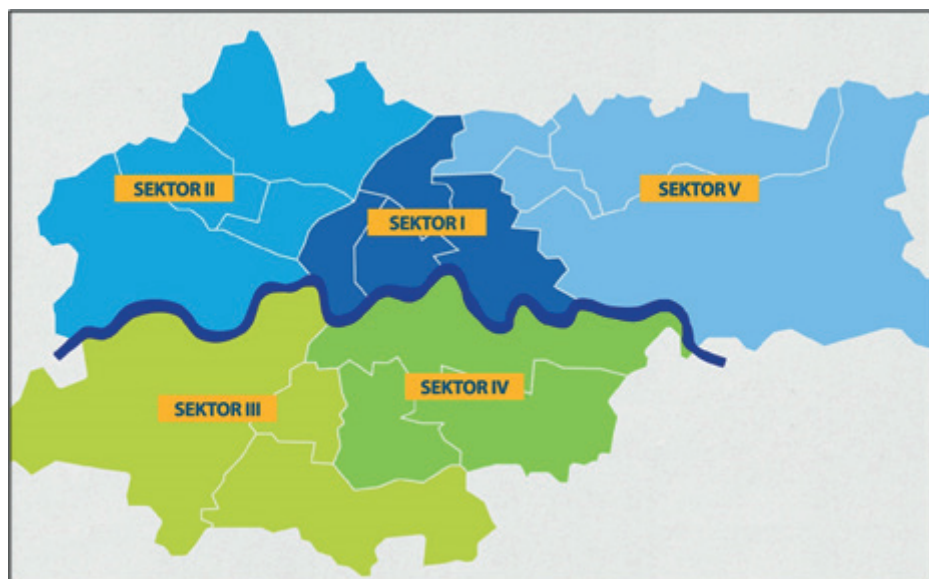
## 2.2. SELEKTYWNY ODBIÓR ODPADÓW SEGREGOWANYCH

Ustawa z dnia 19 lipca 2019 r. o zmianie ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach oraz niektórych innych ustaw (Dz.U. z 2019 r., poz. 1579) wprowadziła zróżnicowanie opłat za zagospodarowanie różnych rodzajów odpadów komunalnych. Wprowadzenie tej nowelizacji ma zachęcić mieszkańców do segregowania odpadów. Mieszkańcy, którzy będą segregować odpady, zapłacą za ich zagospodarowanie mniej niż osoby, które nie będą tego robić. Ustawa wprowadza możliwość ustalania przez gminy opłaty za zagospodarowanie odpadów komunalnych segregowanych na poziomie co najmniej dwukrotnie niższym niż odpady niesegregowane. Natomiast opłata maksymalna za odpady niesegregowane nie może przekroczyć czterokrotnej wartości opłaty za wywóz odpadów segregowanych.

Także w nowelizacji ustawy zapisano możliwość tworzenia przez gminy, które są odpowiedzialne za utrzymanie czystości na ich terenie, specjalnych miejsc (punktów), gdzie będzie można pozostawić sprzęty nadające się jeszcze do użytku, a których mieszkańcy chcą się już pozbyć. Mogą to też być specjalne punkty napraw tych urządzeń, które po przywróceniu im funkcjonalności mogą zostać odsprzedane do ponownego użytku. Zróżnicowanie opłat za segregowane i niesegregowane odpady ma być jedną z metod zachęcenia mieszkańców do segregacji śmieci. Także możliwość obniżenia przez samorządy opłaty wnoszonej przez mieszkańców ma być taką zachętą. Wpływy ze sprzedaży posegregowanych odpadów jako surowców wtórnych mają być rekompensatą obniżenia opłaty. Ustawa daje też możliwość obniżenia opłaty mieszkańcom, którzy będą mieli przydomowe kompostowniki, gdzie sami zagospodarują część wytworzonych w swoim gospodarstwie domowym odpadów typu „bio”.

Oczywiście, sama deklaracja mieszkańca dotycząca segregowania odpadów jest powodem do obniżenia opłaty za ich odbiór, jednakże zaprzestanie segregowania spowoduje utratę upustu w opłacie śmieciowej. Firmy odbierające odpady mają możliwość kontroli realizacji przez mieszkańców deklaracji odnośnie do segregowania odpadów, co też może w przypadku stwierdzenia nieprawidłowości skutkować zwiększeniem opłaty.

Selektywna zbiórka odpadów komunalnych na terenie Gminy Miejskiej Kraków opiera się na obu powyżej wymienionych zasadach odbioru odpadów, zarówno „u źródła”, jak i „z donoszeniem”. Aktualne przepisy zobowiązują mieszkańców gminy do segregowania odpadów na pięć różnych frakcji. Poszczególnym frakcjom są przyporządkowane pojemniki w różnych odpowiednich kolorach (przy zabudowie wielorodzinnej) lub worki (przy zabudowie jednorodzinnej). Oprócz odpadów odbieranych z wyznaczonych miejsc przy zabudowie wielorodzinnej oraz pojedynczych domów (zabudowa jednorodzinna), mieszkańcy mają też możliwość oddawania odpadów do specjalnych pojemników przeznaczonych do ich selektywnej zbiórki rozstawionych na terenie miasta. Zestawy pojemników pozwalają na oddzielne zbieranie czterech rodzajów odpadów opakowaniowych: papier/tektura, metal/aluminium, szkło kolorowe i szkło białe, tworzywa sztuczne. Każda lokalizacja jest przeznaczona dla około 1,5 tysiąca mieszkańców. Odpady zebrane w ten sposób są transportowane do sortowni, gdzie po oczyszczeniu przekazywane są do recyklingu. Na terenie miasta wyznaczono około 640 takich miejsc w pięciu sektorach: I sektor – 133 gniazda dzwonów; II sektor – 124 gniazda dzwonów; III sektor – 101 gniazd dzwonów, IV sektor – 126 gniazd dzwonów; V sektor – 155 gniazd dzwonów (por. rys. 3 i 4).



Rys. 3. Gmina Miejska Kraków z podziałem na sektory selektywnego odbioru odpadów z gniazd dzwonów

Źródło: <https://mpo.krakow.pl/pl/mieszkanicy/harmonogramy/sektory>



Rys. 4. Gmina Miejska Kraków z podziałem na dzielnice

Źródło: <https://www.bip.krakow.pl/>

### 2.3. PLANOWANIE TRAS ODBIORU ODPADÓW KOMUNALNYCH JAKO PROBLEM OPTYMALIZACYJNY

Problem planowania tras odbioru odpadów komunalnych należy do rodziny problemów VRP dedykowanych do systemów gospodarowania odpadami komunalnymi. Szczegółowy przegląd tych problemów został zaprezentowany w (Ghiani i in. 2014), zaś w niniejszym podrozdziale zostanie przedstawiony zakres zagadnień, które są w tych problemach uwzględniane.

Problem planowania tras z pojemnościami (ang. *Capacitated VRP*) skupia się na minimalizacji kosztu całkowitego realizacji usługi odbioru odpadów komunalnych związanego z ilością odpadów komunalnych odbieranych z każdego miejsca odbioru i transportowanych do sortowni lub miejsc składowania (Xue i in. 2015). Z kolei w problemie wyznaczania tras pojazdów odbierających odpady komunalne z oknami czasowymi (ang. *Waste Collection Vehicle Routing Problem with Time Windows*, WCVRPTW) celem jest optymalizacja kosztowa tras pojazdów odbierających odpady przy jednoczesnym zagwarantowaniu obsłużenia każdego klienta w czasie zdefiniowanego przez niego uprzednio okna czasowego, a także przy zapewnieniu organizacji czasu pracy kierowców zgodnie z prawem pracy i przepisami BHP (Buhrkal i in. 2012). Problem WCVRPTW różni się od typowego problemu planowania tras pojazdów z oknami czasowymi tym, że pojazd po każdorazowym wypełnieniu ładowni musi udać się do miejsca składowania odpadów.

W problemie planowania tras odbioru odpadów komunalnych ważnym aspektem jest cykliczność realizacji tej usługi. Cykliczny problem wyznaczania tras (ang. *Periodic VRP*, PVRP) dla systemu gospodarowania odpadami komunalnymi został przedstawiony w (Teixeira i in. 2004). Celem optymalizacji w tym zadaniu jest minimalizacja całkowitych kosztów operacyjnych przez wyznaczenie miesięcznego planu odbioru odpadów komunalnych, gdzie każda trasa powtarzana będzie cyklicznie raz w miesiącu. Problem periodycznej powtarzalności tras odbioru odpadów komunalnych był także przedmiotem pracy (Ayvaz-Cavdaroglu i in. 2019), gdzie za pomocą optymalizacji wielokryterialnej dążono do minimalizacji kosztów całkowitych selektywnego odbioru odpadów segregowanych przy jednoczesnej maksymalizacji wskaźnika odzysku surowców wtórnych, którego wartość zależy od miejsca odbioru surowca i jego jakości.

Problem planowania tras odbioru odpadów komunalnych formułowany jest dla systemów z różną liczbą sortowni odpadów oraz miejsc ich składowania (ang. *multi-depot VRP*, *m-VRP*). W zadaniu sformułowanym przez (Oliveira Simonetto, Borenstein 2007) dążono do minimalizacji całkowitych kosztów transportu przy jednoczesnym spełnieniu warunku dostarczenia do każdej sortowni co najmniej minimalnej wymaganej ilości odpadów segregowanych.

W pracy (Markov i in. 2016) został sformułowany problem planowania tras selektywnego odbioru odpadów segregowanych w systemie z węzłami pośrednimi, będącymi zajezdniami dla pojazdów zróżnicowanej floty, dzięki czemu wzrosła elastyczność jej wykorzystania. Kwestia floty pojazdów została uwzględniona także w problemie planowania tras dla zintegrowanego systemu gospodarowania odpadami komunalnymi (ang. *Fleet Size and Mix Vehicle Routing Problem*), w którym celem była optymalizacja kosztów transportu oraz równomierne obciążenie sortowni (Asefi i in. 2019).

### 3. PRZEGLĄD NOWYCH MODELI MIP DLA PROBLEMU PLANOWANIA TRAS POJAZDÓW ODBIERAJĄCYCH ODPADY KOMUNALNE

Problem planowania odbioru odpadów komunalnych, do którego odnoszą się dwa modele optymalizacyjne przedstawione w niniejszej pracy, analizowany był w odniesieniu do systemu zarządzania odpadami komunalnymi w Gminie Miejskiej Kraków. Punktem wyjścia prac optymalizacyjnych były znane sformułowania zadania VRPTW (ang. *Vehicle Routing Problem with Time Windows*) uwzględniające różne grupy ograniczeń odpowiadających na rzeczywiste potrzeby występujące podczas układania tras z oknami czasowymi klientów i wykonawcy odbioru odpadów komunalnych. Referencyjne problemy planowania tras pojazdów odbierających odpady komunalne zostały pokrótce scharakteryzowane w podrozdziale 2.3.

Przedstawione dwa problemy planowania tras różnią się niektórymi aspektami organizacji systemu zarządzania odpadami komunalnymi w Gminie Miejskiej Kraków. W tabeli 1 przedstawiono cechy charakterystyczne dla poszczególnych problemów. Dla każdego problemu sformułowano model MIP, a następnie przeprowadzono eksperymenty obliczeniowe na testowych instancjach danych.

Tabela 1

Porównanie cech charakterystycznych nowych modeli MIP dla problemu planowania tras pojazdów odbierających komunalne odpady segregowane

Właściwość	VRPHFTW	MSWSCRIP
Okno czasowe dla bazy	x	x
Okna czasowe dla punktów odbioru odpadów	x	x
Okno czasowe dla punktów składowania odpadów	–	x
Różne typy odpadów	–	x
Wiele miejsc składowania odpadów	–	x
Źródło	(Korcył i in. 2016)	(Korcył i in. 2019)

Szczególną uwagę należy zwrócić na zmieniający się zbiór wymagań uwzględnianych w kolejnych modelach planowania tras, gdyż jest to skutkiem zwiększającego się poziomu skomplikowania systemu zarządzania odpadami komunalnymi, a szczególnie obowiązku selektywnego odbioru odpadów segregowanych. Przedstawione w niniejszej pracy dwa problemy planowania tras pojazdów odbierających odpady komunalne opracowane w latach 2016–2019, są potwierdzeniem zmian priorytetów w zarządzaniu odpadami komunalnymi, a w szczególności wzrastającego znaczenia rozróżniania typów odpadów (ze względu na selektywny odbiór odpadów segregowanych). Zmieniło się także podejście do gospodarowania flotą pojazdów, która musi być dostosowana do osobnego odbioru odpadów różnego typu, czyli wielokrotnego odwiedzania tych samych punktów odbioru odpadów w danym okresie (np. tygodniu) i za każdym razem odbierania innego typu odpadów. Ze względu na różną ilość odpadów określonych typów generowanych przez klientów w tym samym okresie oraz różnice w sposobie ich odbierania poszczególnych typów odpadów (np. papier, szkło i odpady biodegradowalne), może zaistnieć konieczność wysyłania po każdy z nich pojazdu innego typu (o innej pojemności) lub ustalania różnych tras w zależności od typu odbieranych odpadów.

### 3.1. PROBLEM PLANOWANIA ODBIORÓW ODPADÓW KOMUNALNYCH Z ZADANYMI OKNAMI CZASOWYMI (VRPHFTW)

Zadanie VRPHFTW (ang. *Vehicle Routing Problem with Heterogeneous Fleet and Time Windows*), przedstawione w (Korcył i in. 2016), zostało zdefiniowane dla punktów oraz sieci połączeń reprezentowanej przez graf  $G(V, A)$ , gdzie  $V = \{0, 1, \dots, n\}$  stanowi zbiór węzłów, zaś  $A = \{(i, j) : 0 \leq i, j \leq n, i \neq j\}$  jest zbiorem łuków. Węzeł 0 reprezentuje bazę (punkt początkowy), z której pojazdy wyruszają na trasę oraz do niej powracają wraz z odpadami (baza jest jednocześnie punktem segregowania i składowania odpadów). Punkty odbioru odpadów reprezentują pozostałe węzły  $N = \{1, \dots, n\}$ . Każdemu łukowi  $(i, j)$  został przyporządkowany czas przejazdu  $t_{ij}$ . Każdy punkt odbioru odpadów  $i \in N$  ma stałą ilość odpadów  $(d_i)$ , którą



należy przewieźć do punktu ich składowania. Dodatkowo znane są okna czasowe  $[e_i, l_i]$ , wyznaczające najwcześniejszy ( $e_i$ ) oraz najpóźniejszy ( $l_i$ ) możliwy czas odbioru odpadów. Pojazd w punkcie odbioru odpadów  $i$  potrzebuje pewnego czasu na dokonanie załadunku wynoszącego  $s_i$ . Okno czasowe dla bazy  $[E, L] = [e_0, l_0]$  określa odpowiednio najwcześniejszy możliwy czas wyjazdu z bazy oraz najpóźniejszy możliwy czas powrotu pojazdów do bazy. W zadaniu zakłada się, że zarówno popyt ( $d_0$ ), jak czas obsługi ( $s_0$ ) bazy wynoszą 0. Pojazdy reprezentowane są przez zbiór  $K$ ; dla każdego pojazdu  $k \in K$  określony jest jego typ  $k_c$ . Każdy typ pojazdu  $c \in C$  ma swoją zdolność przewozową ( $q_c$ ), najpóźniejszy możliwy czas powrotu do bazy ( $p_c$ ), koszt stały wyjazdu na trasę ( $\alpha_c$ ) i koszt zmienny ( $\beta_c$ ) zależny od długości trasy. Znana jest liczba pojazdów danego typu  $c(n_c)$ .

Dla zadania VRPHFTW zdefiniowano następujące zmienne decyzyjne:

$x_{ijk} = 1$ , kiedy przejazd od punktu odbioru odpadów komunalnych  $i$  do punktu  $j$  jest obsługiwany przez pojazd  $k$ , w przeciwnym razie  $x_{ijk} = 0$ ;

$y_k = 1$ , kiedy pojazd  $k$  wyrusza w trasę, w przeciwnym razie  $y_k = 0$ ;

$a_{ik}$  – czas przyjazdu pojazdu  $k$  do punktu odbioru odpadów  $i$ ;

$w_{ik}$  – czas oczekiwania pojazdu  $k$  w punkcie odbioru odpadów  $i$ .

Model MIP dla problemu planowania odbiorów odpadów komunalnych z zadanymi oknami czasowymi (VRPHETW) ma następującą postać:

$$\begin{aligned} \text{maximize } z = & \sum_{k \in K} (1 - y_k) + \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in K} x_{ijk} + \\ & - \gamma^1 \sum_{c \in C} \alpha_c \sum_{k \in K_c} \sum_{j \in N} x_{0jk} - \gamma^2 \sum_{c \in C} \beta_c \sum_{k \in K_c} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} t_{ij} x_{ijk} \end{aligned} \quad (1)$$

$$\sum_{j \in V} \sum_{k \in K} x_{ijk} \leq 1, \quad i \in N, i \neq j; \quad (2)$$

$$\sum_{j \in N} x_{0jk} \leq 1, \quad k \in K, i \neq j; \quad (3)$$

$$\sum_{i \in N} x_{i0k} \leq 1, \quad k \in K, i \neq j; \quad (4)$$

$$\sum_{i \in V} x_{ijk} = \sum_{i \in V} x_{jik}, \quad j \in V, k \in K, i \neq j; \quad (5)$$

$$x_{ijk} + x_{jik} \leq 1, \quad i \in V, j \in V, i \neq j; \quad (6)$$

$$x_{iik} = 0, \quad k \in K, i \in V; \quad (7)$$

$$\sum_{j \in N} x_{0jk} = y_k, \quad k \in K; \quad (8)$$

$$\sum_{j \in N} x_{j0k} = y_k, \quad k \in K; \quad (9)$$



$$\sum_{i \in N} \sum_{j \in N} x_{ijk} \leq M \cdot y_k, \quad k \in K, i \neq j; \quad (10)$$

$$\sum_{i \in N} \sum_{j \in V} d_i x_{ijk} \leq q_c, \quad k \in K_c, c \in C; \quad (11)$$

$$a_{ik} + w_{ik} + s_i + t_{ij} - a_{jk} \leq M \cdot (1 - x_{ijk}), \quad k \in K, i \in V, j \in N, i \neq j; \quad (12)$$

$$a_{jk} - w_{ik} - s_i - t_{ij} - a_{ik} \leq M \cdot (1 - x_{ijk}), \quad k \in K, i \in V, j \in N, i \neq j; \quad (13)$$

$$a_{ik} \leq l_i \sum_{j \in V} x_{ijk}, \quad k \in K, i \in N, i \neq j; \quad (14)$$

$$e_i \sum_{j \in V} x_{ijk} \leq a_{ik} + w_{ik} \leq l_i \sum_{j \in V} x_{ijk}, \quad k \in K, i \in N, i \neq j; \quad (15)$$

$$E \leq a_{0k} \leq L, \quad k \in K; \quad (16)$$

$$a_{ik} + w_{ik} + s_i \leq p_c, \quad k \in K_c, c \in C, i \in N; \quad (17)$$

$$\sum_{j \in N} \sum_{k \in K_C} x_{0jk} \leq n_c, \quad c \in C; \quad (18)$$

$$w_{ik} \geq 0, \quad a_{ik} \geq 0, \quad k \in K, i \in V; \quad (19)$$

Hierarchiczna funkcja celu (1) zapewnia spełnienie czterech określonych kryteriów. Po pierwsze, funkcja ta minimalizuje liczbę pojazdów ( $y_k$ ) wykorzystanych do odbioru odpadów komunalnych w sieci odbiorców reprezentowanych przez punkty odbioru. Po drugie, maksymalizuje liczbę przejazdów ( $x_{ijk}$ ) wykonanych przez dany pojazd  $k$  pomiędzy punktem odbioru  $i$  oraz punktem odbioru  $j$ . Następnie w tym zapisie minimalizowane są stałe i zmienne koszty związane z poruszaniem się pojazdów w sieci. Koszty stałe (kryterium trzecie) są proporcjonalne do liczby pojazdów danego typu, natomiast koszty zmienne (kryterium czwarte) zależą od odległości pokonanej przez pojazdy wszystkich typów. W funkcji celu zastosowano parametry  $\gamma^1$  oraz  $\gamma^2$  w celu przemianowania jednostek i przeskalowania odpowiednich wartości kosztów. Wartości parametrów  $\gamma^1$  oraz  $\gamma^2$  muszą być na tyle małe, aby w pierwszej kolejności minimalizowana była liczba użytych pojazdów przy równoczesnym maksymalizowaniu liczby przejazdów przemieszczających się pomiędzy danymi punktami odbiorów odpadów komunalnych.

Ograniczenie (2) zapewnia, że każdy punkt odbioru odpadów komunalnych będzie obsłużony tylko przez jeden pojazd. Ograniczenia (3)–(5) odpowiadają za prawidłowe poruszanie się danego pojazdu pomiędzy bazą i punktami odbioru odpadów komunalnych. Po danej wybranej trasie pomiędzy punktem odbioru  $i$  oraz punktem odbioru odpadów komunalnych  $j$

może poruszać się tylko jeden pojazd (6). Ograniczenie (7) uniemożliwia przejazd pomiędzy tym samym punktem odbioru. Jeśli użyto dany pojazd  $k$ , to znaczy, że wyjechał (8) z bazy oraz do niej powrócił (9). Ograniczenie (10) pozwala przypisać odpowiedni przejazd pomiędzy dwoma punktami odbioru odpadów komunalnych tylko w sytuacji, gdy dany pojazd zostanie użyty. Dla pojazdu  $k$  typu  $c$  poruszającego się wyznaczoną trasą nie zostanie przekroczona jego zdolność przewozowa (11). Równania bilansu przejazdu pojazdów (12) i (13) pozwalają wyznaczyć czasy przybycia pojazdów do poszczególnych punktów odbioru odpadów komunalnych w sieci. Ograniczenia (14) i (15) dotyczą granic ustalonych okien czasowych dla poszczególnych punktów odbioru. Dodatkowo znane są wartości okna czasowego dla bazy (16). Określono także najpóźniejszy możliwy czas powrotu pojazdów (17). Ograniczenie (18) określa maksymalną liczbę dostępnych pojazdów danego typu  $c$ .

### 3.2. PROBLEM PLANOWANIA ODBIORÓW RÓŻNYCH TYPÓW ODPADÓW KOMUNALNYCH Z WIELOMA PUNKTAMI ICH SKŁADOWANIA ORAZ ZADANYMI OKNAMI CZASOWYMI (MSWSCR P)

Przedstawiony w (Korcył i in. 2019) problem MSWSCR P (ang. *Municipal Solid Waste Selective Collection Routing Problem*) stanowi rozszerzenie zadania VRPHFTW poprzez uwzględnienie w planowaniu odbioru różnych typów odpadów. Do modelu wprowadzono także dwie dodatkowe właściwości określające typ pojazdu. Pierwsza sprawdza, czy dany pojazd może poruszać się po danej trasie, zaś druga informuje, czy dany pojazd nadaje się do odbioru odpadów danego typu.

Zadanie MSWSCR P zostało zdefiniowane dla punktów oraz sieci połączeń reprezentowanej przez graf  $G(V, A)$ , podobnie jak dla zadania VRPHFTW, gdzie  $V = \{0, 1, \dots, n\}$  stanowi zbiór węzłów,  $A = \{(i, j) : 0 \leq i, j \leq n, i \neq j\}$  jest zbiorem łuków. Węzeł 0 reprezentuje bazę (punkt początkowy), z której pojazdy wyruszają na trasę oraz do niej powracają po zdaniu odpadów w punktach ich sortowania i składowania. Punkty odbioru odpadów reprezentują węzły  $R = \{1, \dots, m\}$ . Zbiór  $P = \{m, \dots, n\} = S_1 \cup S_2 \cup \dots \cup S_m$  odpowiada węzłom reprezentującym punkty sortowania i składowania odpadów. Każdy punkt sortowania i składowania odpadów ( $S_i$ ) reprezentowany jest jako pewien  $k$ -elementowy zbiór wierzchołków (każdy wierzchołek ze zbioru reprezentującego dane składowisko umożliwi każdemu pojazdowi jednokrotny przyjazd). Każdemu łukowi  $(i, j)$  został przyporządkowany czas przejazdu  $t_{ij}$ . Każdy punkt odbioru odpadów  $i \in R$  posiada stałą ilość odpadów typu  $w(d_{iw})$ , którą należy przewieźć do punktów ich składowania. Znane są okna czasowe  $[e_{iw}, l_{iw}]$ , wyznaczające najwcześniejszy ( $e_{iw}$ ) oraz najpóźniejszy ( $l_{iw}$ ) możliwy czas odbioru odpadów typu  $w$ . Pojazd w punkcie odbioru odpadów  $i$  potrzebuje pewnego czasu na dokonanie załadunku ( $s_{iw}$ ) odpadów typu  $w$ . Okno czasowe dla bazy  $[E_w, L_w] = [e_{0w}, l_{0w}]$  określa odpowiednio najwcześniejszy możliwy czas wyjazdu z bazy oraz najpóźniejszy możliwy czas powrotu pojazdów do bazy obsługujących odpady typu  $w$ . W zadaniu zakłada się, że dla bazy zarówno popyt ( $d_{0w}$ ), jak i czas obsługi ( $s_{0w}$ ) wynoszą 0 dla każdego typu odpadów. Pojazdy reprezentowane są przez zbiór  $K$ , każdy pojazd  $k \in K$ . Zbiór  $K$  składa się z podzbiorów  $K_c$  przyporządkowanych do typów pojazdów określonych przez zbiór  $C$ . Każdy typ pojazdu  $c \in C$  ma swoją zdolność przewozową ( $q_c$ ), najpóźniejszy możliwy czas powrotu do bazy ( $p_c$ ), koszty stały wyjazdu na

trasę ( $\alpha_c$ ), koszt zmienny zależny od długości trasy ( $\beta_c$ ) i koszt związany z czasem oczekiwania pojazdu w punkcie odbioru odpadów ( $\delta_c$ ). Dodatkowo binarny parametr  $h_{kw}$  określa, czy pojazd  $k$  może odbierać odpady typu  $w$  oraz binarny parametr  $f_{ijk}$ , który pozwala ustalić, czy pojazd  $k$  może poruszać się po trasie z węzła  $i$  do  $j$ .

Dla zadania MSWSCRП zdefiniowano następujące zmienne decyzyjne:

- $x_{ijkw} = 1$ , kiedy przejazd od punktu odbioru odpadów komunalnych  $i$  do punktu  $j$  jest obsługiwany przez pojazd  $k$  realizujący odbiór odpadów typu  $w$ ; w przeciwnym razie  $x_{ijkw} = 0$ ;
- $y_{kw} = 1$ , kiedy pojazd  $k$  wyrusza w trasę po odpady typu  $w$ ; w przeciwnym razie równa  $y_{kw} = 0$ ;
- $a_{ik}$  – czas przyjazdu pojazdu  $k$  do punktu odbioru odpadów  $i$ ;
- $u_{ik}$  – czas oczekiwania pojazdu  $k$  w punkcie odbioru odpadów  $i$ .

Model MIP dla problemu planowania odbiorów różnych typów odpadów komunalnych z wieloma punktami ich składowania oraz zadanymi oknami czasowymi (MSWSCRП) ma następującą postać:

$$\begin{aligned} \text{maximize } z = & \sum_{k \in K} \sum_{w \in W} (1 - y_{kw}) + \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} \sum_{k \in K} \sum_{w \in W} x_{ijkw} \\ & - \gamma_1 \sum_{c \in C} \sum_{k \in K_c} \sum_{j \in V/0} \sum_{w \in W} \alpha_c x_{0jkw} - \gamma^2 \sum_{c \in C} \beta_c \sum_{k \in K_c} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} t_{ij} x_{ijk} - \gamma_3 \sum_{c \in C} \sum_{k \in K_c} \sum_{i \in V/0} \delta_c u_{ik} \end{aligned} \quad (20)$$

$$\sum_{j \in V} \sum_{k \in K} x_{ijkw} \leq 1, \quad i \in V / \{0\}, w \in W, i \neq j \quad (21)$$

$$\sum_{j \in V / \{0\}} x_{0jkw} = y_{kw}, \quad k \in K, w \in W \quad (22)$$

$$\sum_{i \in P} x_{i0kw} = y_{kw}, \quad k \in K, w \in W; \quad (23)$$

$$\sum_{i \in V, i \neq j} x_{ijkw} = \sum_{i \in V, i \neq j} x_{jikw}, \quad j \in V, k \in K, w \in W \quad (24)$$

$$x_{ijkw} + x_{jikw} \leq 1, \quad i \in V / \{0\}, j \in V, k \in K, w \in W, i \neq j \quad (25)$$

$$x_{iikw} = 0, \quad i \in V, k \in K, w \in W \quad (26)$$

$$\sum_{i \in V / \{0\}} \sum_{j \in V / \{0\}} x_{ijkw} \leq M y_{kw}, \quad k \in K, w \in W, i \neq j \quad (27)$$

$$\sum_{i \in V / \{0\}} \sum_{i \in V} d_{iw} x_{ijkw} \leq q_c, \quad c \in C, k \in K_c, w \in W. \quad (28)$$

$$a_{ik} + u_{ik} + \sum_{w \in W} s_{iw} y_{kw} + t_{ij} - a_{jk} \leq M \left( 1 - \sum_{w \in W} x_{ijkw} \right), \quad i \in V, j \in V / \{0\}, k \in K, i \neq j \quad (29)$$

$$a_{jk} - u_{ik} - \sum_{w \in W} s_{iw} y_{kw} - t_{ij} - a_{ik} \leq M \left( 1 - \sum_{w \in W} x_{ijkw} \right), \quad i \in V, j \in V / \{0\}, k \in K, i \neq j \quad (30)$$

$$\sum_{w \in W} e_{iw} \sum_{j \in V, i \neq j} x_{ijkw} \leq a_{ik} + u_{ik}, \quad i \in V \setminus \{0\}, k \in K \quad (31)$$

$$a_{ik} + u_{ik} \leq \sum_{w \in W} l_{iw} \sum_{j \in V, i \neq j} x_{ijkw}, \quad i \in V \setminus \{0\}, k \in K \quad (32)$$

$$E_w - a_{0k} - u_{0k} \leq M(1 - y_{kw}), \quad k \in K, w \in W \quad (33)$$

$$a_{0k} + u_{0k} - L_w \leq M(1 - y_{kw}), \quad k \in K, w \in W \quad (34)$$

$$a_{ik} + u_{ik} + \sum_{w \in W} s_{iw} y_{kw} \leq p_c \quad c \in C, k \in K_c, i \in V \setminus \{0\} \quad (35)$$

$$\sum_{i \in V, j \in P, i \neq j} x_{ijkw} + \sum_{i \in V, j \in P, i \neq j} x_{jikw} = 2 \cdot y_{kw}, \quad k \in K, w \in W \quad (36)$$

$$\sum_{i \in R, j \in P} x_{ijkw} \geq y_{kw} \quad k \in K, w \in W \quad (37)$$

$$\sum_{w \in W} y_{kw} \leq 1 \quad k \in K \quad (38)$$

$$x_{ijkw} \leq f_{ijk} \quad i, j \in V \setminus \{0\}, k \in K, w \in W, i \neq j \quad (39)$$

$$y_{kw} \leq h_{kw} \quad k \in K, w \in W \quad (40)$$

$$a_{0k} = 0, \quad k \in K \quad (41)$$

$$a_{ik} \geq 0, \quad k \in K, i \in V \quad (42)$$

$$u_{ik} \geq 0, \quad k \in K, i \in V \quad (43)$$

$$x_{ijkw} \in \{0, 1\}, \quad i, j \in V, k \in K, w \in W \quad (44)$$

$$y_{kw} \in \{0, 1\}, \quad k \in K, w \in W \quad (45)$$

Podobnie jak w poprzednim modelu, zastosowano hierarchiczną funkcję celu (20), do której dodano piąte kryterium uwzględniające koszt związany z czasem oczekiwania pojazdu w punkcie odbioru odpadów ( $\delta_c$ ). W funkcji celu zastosowano dodatkowy parametr  $\gamma^3$  w celu przemianowania jednostek i przeskalowania odpowiednich wartości związanych z kosztem oczekiwania.

Ograniczenie (21) zapewnia, że każdy węzeł jest obsługiwany tylko raz przez dany pojazd obsługujący odpady danego typu. Ograniczenia (22) i (23) gwarantują, że pojazd  $k$  zbiera odpady typu  $w$ , zaś ograniczenie (24) zapewnia, że każdy pojazd jest przypisany maksymalnie do jednego rodzaju odpadów stałych. Ponadto ograniczenia (22) i (23) zapewniają, że jeśli użyty zostaje pojazd  $k$ , musi opuścić on bazę i do niej wrócić. Trasy zbierania odpadów są zdefiniowane za pomocą ograniczeń (24)–(26); każda trasa zaczyna się i kończy w bazie i składa się z sekwencji węzłów odbioru. Dzięki ograniczeniu (24) dokładnie jedna śmieciarka przypisana do danych odpadów  $w$  może przemieszczać się po łuku  $(i, j)$ . Ograniczenie (27) gwarantuje, że łuk  $(i, j)$  może być obsługiwany przez pojazd  $k$  tylko wtedy, gdy dany pojazd  $k$  został wybrany do użycia w systemie. Ograniczenie (28) zapewnia, że pojemność pojazdu  $k$  nie może zostać przekroczona. Równania bilansu (29) i (30) określają czas przyjazdu śmieciarki  $k$  do węzła odbioru  $i$ . Ograniczenia (31) i (32) zapewniają, że okna czasowe zdefiniowane dla danego węzła  $i$  oraz danych odpadów  $w$  nie zostaną przekroczone, podczas gdy ograniczenia (33) i (34) gwarantują, że dany pojazd  $k$  opuszcza bazę i wraca do niej w danym oknie czasowym. Ograniczenie (35) zapewnia, że każdy użyty pojazd wraca do bazy przed końcem godzin pracy. Dzięki ograniczeniu (36), jeśli dany pojazd  $k$  przyjedzie do węzła  $i$  musi również ten węzeł opuścić. Co więcej, to ograniczenie pozwala dokładnie tylko jednemu pojazdowi przypisanemu do danych odpadów odwiedzić punkt odbioru  $i$ . Ograniczenie (37) określa, jaki rodzaj danych odpadów jest zbierany przez dany pojazd. Ograniczenie (39) pozwala danemu pojazdowi  $k$  obsługiwać łuk  $(i, j)$  tylko wtedy, gdy pojazd  $k$  może poruszać się po tym łuku, podczas gdy ograniczenie (40) pozwala danemu pojazdowi  $k$  odbierać dane odpady tylko wtedy, gdy może on obsłużyć dany ich typ.

#### 4. WNIOSKI

Sprawne logistycznie oraz technologicznie gospodarowanie odpadami komunalnymi to podstawa prawidłowego funkcjonowania systemu, w którym najważniejszym celem jest zapewnienie terminowej realizacji zadań narzuconych przez gminy ich wykonawcom, a co za tym idzie – redukcja odpadów i możliwość ponownego ich wykorzystania. Podmioty realizujące te usługi powinny wykorzystywać dostępne narzędzia informatyczne w celu efektywnego wykorzystania swoich zasobów. Przedstawione modele dla problemu planowania odbioru odpadów komunalnych z zadanymi oknami czasowymi (VRPHFTW) oraz problemu planowania odbiorów różnych typów odpadów komunalnych z wieloma punktami ich składowania oraz zadanymi oknami czasowymi (MSWSCRP) mogą być zastosowane w planowaniu i harmonogramowaniu realizowanych zadań oraz wspomaganie podejmowania decyzji dotyczących możliwości realizacji i poszerzenia świadczonych usług. Eksperymenty obliczeniowe potwierdziły możliwość zastosowania modeli w praktyce gospodarczej, a dalsze

badania prowadzone będą w kierunku ich wdrożenia w dużej aglomeracji miejskiej, gdzie liczba punktów generowania i odbierania odpadów selektywnie zbieranych przekracza kilkaset miejsc.

## LITERATURA

- Asefi H., Shahparvari S., Chhetri P., Lim S., 2019, *Variable fleet size and mix VRP with fleet heterogeneity in Integrated Solid Waste Management*, Journal of Cleaner Production, 230, s. 1376–1395.
- Ayvaz-Cavdaroglu N., Coban A., Firtina-Ertis I., 2019, *Municipal solid waste management via mathematical modeling: A case study in İstanbul, Turkey*, Journal of Environmental Management, 244, s. 362–369.
- Bilitewski B., Marek K., Härdtle G., 2000, *Abfallwirtschaft: Handbuch für Praxis und Lehre (Dritte, neubearbeitete Auflage)*, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- Buhrkal K., Larsen A., Ropke S., 2012, *The Waste Collection Vehicle Routing Problem with Time Windows in a City Logistics Context*, Procedia – Social and Behavioral Sciences, 39, s. 241–254.
- Edalatpour M.A., Al-e-hashem S.M.J. M., Karimi B., Bahli B., 2018, *Investigation on a novel sustainable model for waste management in megacities: A case study in Teheran municipality*, Sustainable Cities and Society, 36, s. 286–301.
- Gdowska K., Książek R., Korcyl A., 2019, *Fleet optimization for a selective solid waste collection system*, [w:] *Challenges and Modern Solution in Transportation M. Stajniak*, red. M. Szuster, M. Kopeć, A. Tobała, Instytut Naukowo-Wydawniczy „Spatium”, Radom, s. 121–134.
- Ghiani G., Laganà D., Manni E., Musmanno R., Vigo D., 2014, *Operations research in solid waste management: A survey of strategic and tactical issues*, Computers & Operations Research, 44, s. 22–32.
- Korcyl A., Książek R., Gdowska K., 2016, *A MILP Model for Route Optimization Problem in a Municipal Multi-Landfill Waste Collection System*, [w:] *ICIL 2016: 13th International Conference on Industrial Logistics. 28 September – 1 October, Zakopane, Poland. Conference Proceedings*, red. T. Sawik, AGH University of Science and Technology, International Center for Innovation, and Industrial Logistics, Poland, s. 109–118.
- Korcyl A., Książek R., Gdowska K., 2019, *A MILP Model for the Municipal Solid Waste Selective Collection Routing Problem*, Decision Making in Manufacturing and Services, 13, 1–2, s. 17–36.
- Markov I., Varone S., Bierlaire M., 2016, *Integrating a heterogeneous fixed fleet and a flexible assignment of destination depots in the waste collection VRP with intermediate facilities*, Transportation Research Part B: Methodological, 84, s. 256–273.
- Oliveira Simonetto E., de, Borenstein D., 2007, *A decision support system for the operational planning of solid waste collection*, Waste Management, 27, 10, s. 1286–1297.
- Teixeira J., Antunes A.P., de Sousa J.P., 2004, *Recyclable waste collection planning – a case study*, European Journal of Operational Research, 158, 3, s. 543–554.

*Ustawa z dnia 19 lipca 2019 r. o zmianie ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach oraz niektórych innych ustaw, Dz.U. z 2019 r., poz. 1579.*

Xue W., Cao K., Li W., 2015, *Municipal solid waste collection optimization in Singapore*, *Applied Geography*, 62, s. 182–190.

#### OPTIMIZATION MODELS FOR SOLID WASTE COLLECTION ROUTING PROBLEM

**Summary:** Solid Waste Management (SWM) integrates such processes as solid waste collection, solid waste segregation, selective processing recyclable solid waste and landfilling. An operator of solid waste collection can minimize their total costs by careful planning routes served by the fleet of garbage trucks. In this paper we present two garbage trucks routing problem formulated in 2016–2019. These theoretical problems fulfilled requirements for the SWM of Krakow Municipality. Presented problems differ one from another with fleet size, types of garbage trucks, types of solid waste, and time windows for solid waste collection. Both problems aim at minimizing total costs of solid waste collection. For each problem a MIP model was formulated.

**Keywords:** solid waste collection, selective solid waste collection, VRP, MIP, optimization, routing problem, solid waste management

*Publikacja została sfinansowana przez Akademię Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie (subwencja na utrzymanie i rozwój potencjału badawczego).*