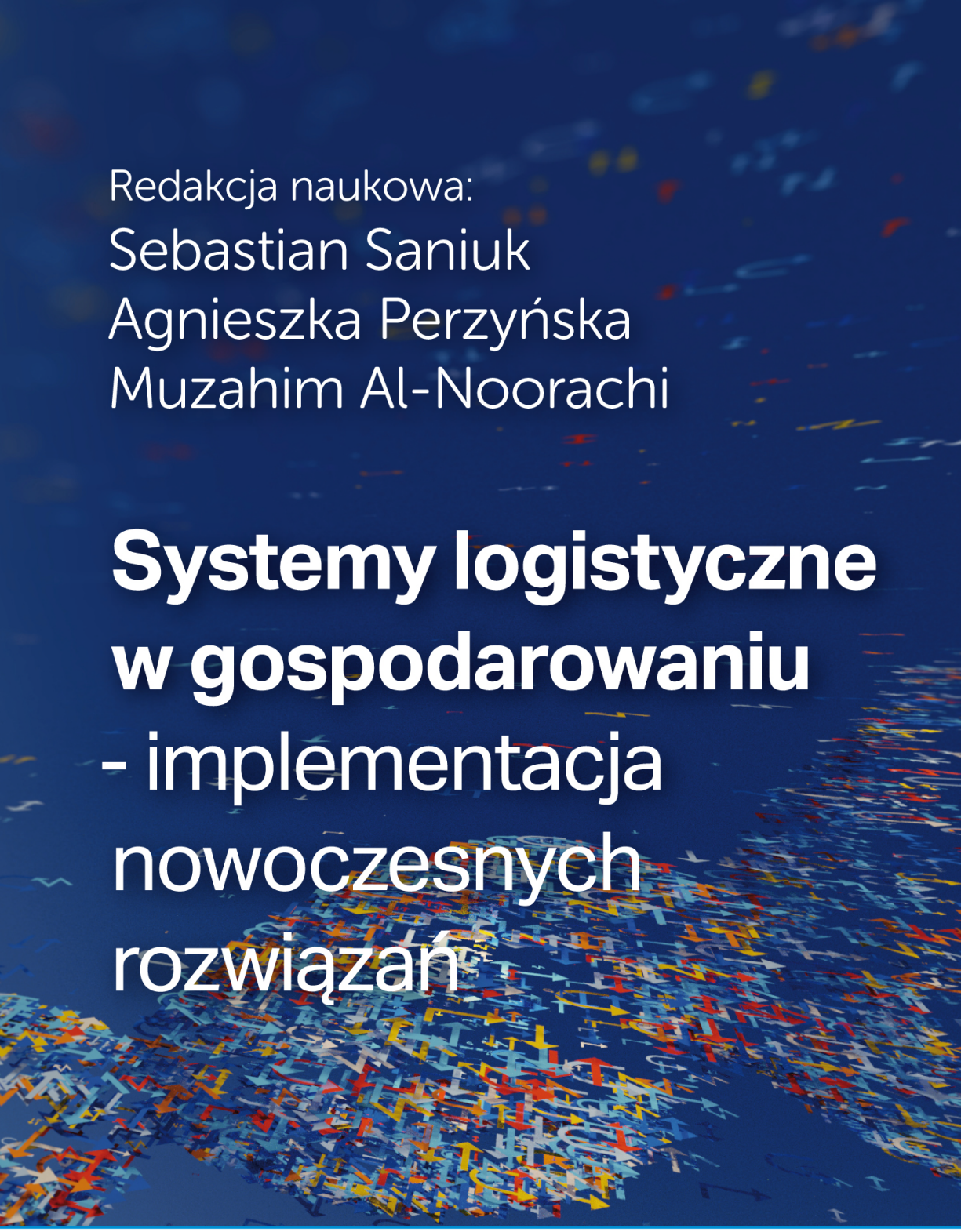
Redakcja naukowa:
Sebastian Saniuk
Agnieszka Perzyńska
Muzahim Al-Noorachi

Systemy logistyczne w gospodarowaniu - implementacja nowoczesnych rozwiązań



Nr 105
Studia i Monografie
Łódź-Warszawa 2019

Społeczna Akademia Nauk
Łódź

Redakcja naukowa:
Sebastian Saniuk
Agnieszka Perzyńska
Muzahim Al-Noorachi

Systemy logistyczne w gospodarowaniu - implementacja nowoczesnych rozwiązań

Nr 105
Studia i Monografie
Łódź-Warszawa 2019

Społeczna Akademia Nauk
Łódź

Monografia recenzowana
Redakcja naukowa: Sebastian Saniuk, Agnieszka Perzyńska, Muzahim Al-Noorachi

Korekta językowa: Tomasz Szymański, Dominika Więzik
Skład i łamanie: Małgorzata Pająk
Projekt okładki: Marcin Szadkowski

©Copyright: Społeczna Akademia Nauk
Studia i Monografie nr 105
2019
ISBN: 978-83-64971-82-2

Wydawnictwo Społecznej Akademii Nauk
Kilińskiego 109
90-011 Łódź
tel. (42) 664 22 39
(42) 676 25 29 w. 339

Spis treści

Wstęp 5

Lech Bukowski | *Zapewnienie ciągłości biznesowej – koncepcja odpornego przedsiębiorstwa* 7

Jerzy Feliks, Marek Karkula | *Koncepcja wykorzystania narzędzi Industry 4.0 w zarządzaniu procesami magazynowymi* 21

Ewa Ferensztajn-Galardos, Renata Repeć | *Funkcjonowanie systemów transportowych na przykładzie miasta Zamość* 33

Joanna Furman | *Wykorzystanie rozwiązań koncepcji Lean w aspekcie eliminacji strat w przedsiębiorstwie produkcyjnym* 51

Sandra Grabowska, Sebastian Saniuk | *Wpływ zrównoważonego łańcucha dostaw na wizerunek firmy* 61

Ewa Kaczmar, Damian Kolny, Dorota Więcek | *Analiza potencjału inwestycyjnego dla realizacji koncepcji Przemysłu 4.0* 71

Sabina Kauf | *Technologia Blockchain i jej zastosowanie w zarządzaniu łańcuchem dostaw* 85

Sylwia Konecka, Maciej Stajniak, Paweł Romanow | *Ryzyko i bezpieczeństwo w przewozie koleją towarów niebezpiecznych* 97

Maciej Kozaryn, Wiesław Wasilewski | *Wspomaganie decyzji kierownictwa z zastosowaniem elementów controllingu logistycznego* 109

Marzena Kuczyńska-Chałada, Roksana Poloczek | *Analiza procesu kompletacji na podstawie centrum dystrybucyjnego* 121

Mateusz Kurowski | *Wymogi społecznej odpowiedzialności w relacjach z partnerami w łańcuchu dostaw* 133

Anna Ludwiczak | *Przepływy materiałów i informacji w usługach publicznych w kontekście zarządzania logistycznego* 147

Józef Matuszek, Sławomir Kukla | *Kształtowanie przepływów materiałowych w przedsiębiorstwie z wykorzystaniem wirtualizacji produkcji* 155

Krzysztof Nowacki, Szymon Pawlak | *Weryfikacja numeryczna organizacji procesu produkcyjnego* 171

Monika Odlanicka-Poczobutt | *Organizacja sieci dostaw umundurowania w wojskowej jednostce specjalnej* 181

Małgorzata Olender, Damian Krenczyk | *Dynamiczne sieci wytwórcze wsparciem koncepcji Przemysłu 4.0 – nowe wyzwania fabryki przyszłości* 195

Agnieszka Perzyńska | *Kompetencje spedytora w zarządzaniu przedsiębiorstwem* 209

Maciej Stajniak, Bartosz Kozicki, Sylwia Konecka, Paweł Romanow | *Prognozowanie wielkości rezerw Banku Centralnego w Polsce utrzymywanych w złocie monetarnym* 219

Elżbieta Jadwiga Szymańska |*Zarządzanie łańcuchami dostaw na wybranych rynkach mięsa* 233

Karolina Werner-Lewandowska, Monika Kosacka-Olejnik, Karolina Krzyżaniak | *Ocena dojrzałości logistycznej przedsiębiorstwa usługowego – walidacja metodyki* 247

Wstęp

Szanowni Państwo,

pragniemy zainteresować środowisko naukowe i praktyków zbiorem opracowań poświęconych implementacji nowoczesnych rozwiązań stosowanych we współczesnych systemach logistycznych. Zaproponowane w niniejszej monografii metody i techniki nawiązują do trendów rozwojowych obserwowanych obecnie w przedsiębiorstwach, łańcuchach logistycznych, jak i instytucjach okołobiznesowych. Wspólną cechą prezentowanych rozważań jest wzrost elastyczności i efektywności realizowanych procesów oraz systemów logistycznych ukierunkowanych na spełnianie oczekiwań i wymagań klientów.

Obecnie charakterystyczną cechą każdej organizacji jest funkcjonowanie w turbulentnym otoczeniu, charakteryzującym się dużą zmiennością i nieprzewidywalnością, co rodzi istotne problemy w podejmowaniu decyzji. Zarówno przedsiębiorstwa, jak i organizacje okołobiznesowe, muszą sprostać zmianom, jakie niesie rozwój nowoczesnych technologii teleinformacyjnych (ICT), presji związanej ze społeczną odpowiedzialnością prowadzenia biznesu oraz dynamicznie rozwijającą się koncepcją Przemysłu 4.0. Ponadto rosną społeczne oczekiwania związane z jakością logistycznej obsługi klienta i dużą zmiennością asortymentową oferowaną na rynku. Dostosowanie współczesnych łańcuchów dostaw oraz poszczególnych przedsiębiorstw do wymagań rynku rodzi potrzebę szeroko rozumianych zmian w zakresie implementowania nowoczesnych koncepcji, rozwiązań, metod, technik i narzędzi.

Współczesne przedsiębiorstwa muszą wprowadzać rewolucyjne zmiany, aby zdobyć przewagę konkurencyjną na wymagającym rynku konsumenta. Konieczne staje się zatem poszukiwanie nowych podejść i koncepcji, przyczyniających się do wzrostu efektywności systemów logistycznych. Autorzy poszczególnych rozdziałów proponują innowacyjne rozwiązania w e-logistyce, logistyce produkcji, łańcuchach logistycznych, transporcie oraz logistyce miejskiej. Zwracają oni szczególną uwagę na wyzwania stawiane dzisiejszym łańcuchom logistycznym, wynikające zarówno z wdrożenia nowoczesnych technologii, potrzeby budowy zrównoważonych łańcuchów dostaw i społecznie odpowiedzialnych relacji pomiędzy partnerami biznesowymi oraz ze zmian powodowanych sytuacją geopolityczną np. brexitem. Autorzy podkreślają również rolę i znaczenie koncepcji Przemysłu 4.0 i Logistyki 4.0 oraz potrzebę stosowania

różnych rozwiązań usprawniających i wspomagających ich implementację. W monografii przedstawiono także zagadnienia związane z zarządzaniem procesami magazynowania, organizacją dynamicznych sieci wytwórczych, kształtowaniem przepływów materiałowych dzięki wirtualizacji produkcji oraz zaprezentowano sposób przeprowadzenia analizy potencjału inwestycyjnego dla skutecznego wdrożenia koncepcji Przemysłu 4.0.

Autorzy monografii podjęli także problematykę transportu jako istotnego elementu każdego systemu logistycznego oraz szczegółowo opisali aspekty organizacyjne transportu miejskiego, zagadnienia związane z identyfikacją ryzyka i zapewnieniem bezpieczeństwa transportu towarów niebezpiecznych oraz sformułowali istotne kompetencje współczesnego spedytora w przedsiębiorstwie transportowym.

Mamy nadzieję, że zawartość merytoryczna niniejszej monografii spotka się z Państwa zainteresowaniem i będzie inspiracją do dalszych badań naukowych ukierunkowanych na intensyfikację rozwoju obszarów logistycznych rozwiązań wskazanych w opracowaniu.

Sebastian Saniuk
Agnieszka Perzyńska

Lech Bukowski
Akademia WSB w Dąbrowie Górniczej, Wydział Nauk Stosowanych
lbukowski@wsb.edu.pl

Zapewnienie ciągłości biznesowej – koncepcja odpornego przedsiębiorstwa

Business Continuity Assurance – the Concept of Resilient Enterprise

Abstract: The chapter presents the problem of organizational resilience and on this background the concept of Resilient Enterprise was introduced. The main characteristics of a resilient enterprise is discussed, such as robustness, flexibility, agility, and adaptability. The analysis of the problem of ensuring business continuity in the conditions of risk and disruptions was made. Finally, the concept of integrated risk management for business continuity was proposed and main features of it were presented.
Key words: supply chain, business continuity, resilience, risk

Wprowadzenie

Termin odporność (ang. *resilience*) jest szeroko stosowany w literaturze organizacyjnej [Mallak 1998, 1999; Sutcliffe 2003; Scott, Sorcinelli, Gutierrez i in. 2006; Biggs, Schlüter, Schoon 2015; Hollnagel, Woods, Leveson 2006]. Według Vogusa i Sutcliffe'a [2007] odporność organizacyjną definiuje się jako zdolność do pozytywnego dostosowania się organizacji do trudnych warunków otoczenia w taki sposób, że organizacja wyłania się z nich wzmocniona i lepiej przystosowana. Gallopin [2006] definiuje odporność przedsiębiorstwa jako adaptacyjną zdolność do radzenia sobie z nową sytuacją zakłócającą dotychczasowy tok pracy oraz odbudową równowagi po jej ustąpieniu. Wyraża ona stopień, w jakim przedsiębiorstwo może obniżyć poziom wrażliwości na oczekiwane i nieoczekiwane zagrożenia, czyli w praktyce zdolność do reorganizowania się oraz odzyskiwania równowagi w możliwie najkrótszym czasie i przy najniższych możliwych kosztach. Ponadto uważa, że drogą do zmniejszenia podatności na potencjalne ryzyko i tolerowanie zakłóceń jest konieczność zmniejszenia

złożoności infrastruktury przez przedsiębiorstwa. Osiągnięcie tych celów i ocena słabych punktów firmy wymagają zrozumienia powiązań i współzależności między procesami biznesowymi, przepływem informacji oraz technologiami realizowanymi w przedsiębiorstwach [Goble, Fields, Cocchiara 2002].

Sheffi i Rice [2005] opisują proces tworzenia odpornego przedsiębiorstwa jako inicjatywę strategiczną, która zmienia sposób funkcjonowania jednostki i zwiększa jej konkurencyjność. Sugerują, że odporność przedsiębiorstwa można osiągnąć poprzez zmniejszenie jego podatności na ryzyko zakłóceń, tworząc nadmiarowość infrastruktury i zwiększając elastyczność procesów. Zdolność do „odbijania się" (ang. *bounce-back*) w przypadku wystąpienia zakłóceń może być osiągana przez zdolność adaptacyjną przedsiębiorstwa, jego nadmiarowość lub zwiększającą się elastyczność. Sheffi i Rice [2005] uzależniają odporność przedsiębiorstwa od jego pozycji konkurencyjnej i reaktywności łańcucha dostaw. Zakłócenia są definiowane jako zdarzenia losowe spowodowane przez czynniki wewnętrzne i zewnętrzne wpływające na system, mające negatywny wpływ na jego wydajność i powodujące krótko- lub długoterminowe zmiany [Bukowski 2016a]. Odporność organizacji zależy od tego, jak duży był spadek wydajności systemu podczas tych faz i ile czasu potrzeba od chwili zaistnienia zdarzenia zakłócającego do pełnego powrotu do stanu normalnego. Faza przygotowania to okres, w którym organizacja powinna przewidzieć i przygotować się na zdarzenie zakłócające. Jest ona szczególnie ważna dla minimalizacji skutków niepożądanego zjawiska.

Celem rozdziału jest zaproponowanie koncepcji zintegrowanego zarządzanie ryzykiem utraty ciągłości biznesowej, która bazuje na idei odpornego przedsiębiorstwa (ang. *Resilient Enterprise*) oraz strategii zarządzania ciągłością działania (ang. *Business Continuity Management*). Zastosowaną metodą badawczą, pozwalającą na osiągnięcie zamierzonego celu, jest krytyczna analiza wyników badań przeprowadzonych w tym zakresie na świecie na przestrzeni ostatnich dwudziestu lat oraz synteza doświadczeń własnych autora. Zakres badań obejmował szerokie spektrum problemów związanych z ponaddyscyplinarnym ujęciem problematyki ciągłości biznesowej, a mianowicie zarówno aspekty techniczne (czynnik technologiczny), jak i zarządcze (czynnik organizacyjny i ekonomiczny) oraz natury społecznej (czynnik ludzki).

Cechy chrakteryzujące odporność przedsiębiorstw

Odporność przedsiębiorstwa mierzona jest poziomem jego podatności na określone ryzyko [Berkes 2007, ss. 283–295]. Podatność (ang. *vulnerability*) jest definiowana jako ryzyko wystąpienia zakłóceń w stanie zagrożenia [Christopfer, Peck 2004]. Zmniejszanie podatności oznacza minimalizację prawdopodobieństwa zakłócenia i zwiększenie zdolności do „odbijania się" od stanów pozakłóceniowych. Miarą podatności jest dwójka uporządkowana [Sheffi, Rice 2005]

$$V = < P(z), S(z) >$$

gdzie:

V – podatność (ang. *Vulnerability*),
P(z) – prawdopodobieństwo wystąpienia *z*,
S(z) – poziom skutków zakłócenia *z*.

Zdolność adaptacyjna jest pojęciem często wiązanym z odpornością [Fiksel 2000; Gallopin 2006; Gibbs 2009; Goble, Fields, Cocchiara 2002; Stevenson, Spring 2007]. W celu poprawy odporności przedsiębiorstwa, należy zwiększyć zdolność adaptacyjną zarówno przed wykryciem problemu, jak i po nim. Stevenson and Spring określają zdolność adaptacyjną jako odpowiedź systemu na zmiany w jego otoczeniu. Natomiast Dalziell i McManus [2004] uznają zdolność adaptacyjną jako ważną miarę do oceny odporności. W przypadku zakłócenia można ją zwiększyć poprzez projektowanie, planowanie i budowanie elastyczności w organizacji [Carpenter, Walker, Anderies i in. 2001; Walker, Holling, Carpenter i in. 2004; Sheffi, Rice 2005; Folke, Carpenter, Walker i in. 2010].

Elastyczność (ang. *flexibility*) można zdefiniować jako zdolność przedsiębiorstwa do dostosowania się do zmieniających się wymagań środowiska i interesariuszy, przy minimalnym nakładzie czasu i wysiłku [Sushil 2006]. Fiksel [2006] pojmuje elastyczność jako cechę główną systemu, która przyczynia się do jego odporności. Odporność jest także postrzegana jako zdolność systemu do „odbijania się" od zakłóceń i katastrof poprzez budowanie nadmiarowości w strukturach systemu oraz elastyczności procesów [Hu, Holloway 2008].

Zdolność adaptacyjna jest często powiązana z koncepcjami solidności, zwinności i adaptacyjności (ang. *robustness, agility, and adaptability*) [Christopfer, Peck 2004; Fricke, Schulz 2005; Wreathall 2006]. Solidność charakteryzuje zdolność do bycia niewrażliwym na zmieniające się otoczenie, zwinność oznacza zdolność do szybkiej zmiany, podczas gdy adaptacyjność symbolizuje zdolność przystosowania się do zmieniających się warunków środowiskowych przy jednoczesnym zapewnieniu zamierzonej funkcjonalności w zmiennych warunkach pracy [Fricke, Schulz 2005]. Zwinność (ang. *agility*) została wymieniona w połączeniu z elastycznością jako ważnym atrybutem odporności w takich pracach, jak [Carpenter, Walker, Anderies i in. 2001; Christopfer, Peck 2009; Walker, Holling, Carpenter i in. 2004]. Może być definiowana jako zdolność systemu do szybkiego reagowania na zmiany w niepewnym i zmieniającym się środowisku [Helaakoski, Iskanius, Peltomaa 2007]. Według Christophera i Pecka [2004], odporność wiąże się z elastycznością i pomaga w szybkiej reorganizacji w zmieniającym się środowisku, podczas gdy Morello [2001] sugeruje, że zwinność, poza swoimi zaletami, może wprowadzać nowe zagrożenia i słabości, które skutkują zmniejszeniem odporności organizacji na nowe i niespodziewane zagrożenia.

Informacja i łączność (ang. *connectivity*) to kolejne istotne elementy odporności [Horne 1997]. Zapewnienie odporności przedsiębiorstw polega na szybkim dostrzeżeniu zmian w środowisku i wczesnym wdrożeniu reakcji adaptacyjnych. Efektywne wykorzystanie systemów informatycznych może poprawić zdolność podejmowania decyzji przez organizację, co skutkuje zwiększoną elastycznością, zwinnością i zdolnościami adaptacji, a zatem i odporności organizacji [Fiksel 2006; Haimes, Crowther, Horowitz i in. 2008; Helaakoski, Iskanius, Peltomaa 2007].

Autorzy publikacji „Perspectives on Measuring Enterprise Resilience" sugerują, że istnieją dwa kluczowe czynniki zapewniające odporność przedsiębiorstw. Pierwszym z nich jest zdolność przedsiębiorstwa do łączenia ludzi, procesów i informacji w sposób, który pozwala tej organizacji na większą elastyczność i reagowanie na dynamikę zmian środowiska, interesariuszy i konkurencji. Taka łączność wymaga integracji wewnątrz przedsiębiorstwa oraz między partnerami, dostawcami i klientami. Drugim czynnikiem jest koordynacja technologii informacyjnej i celów biznesowych. Jego osiągnięcie wymaga uproszczenia podstawowej infrastruktury technologicznej oraz stworzenie skonsolidowanego „widoku" i dostępu do wszystkich zasobów w przedsiębiorstwie. Architektura korporacyjna powinna zapewniać prosty i skonsolidowany widok przedsiębiorstwa oraz wspierać integrację i łączność między przedsiębiorstwami i wewnątrz przedsiębiorstwa [Erol, Henry, Sauser i in. 2009].

Integracja w przedsiębiorstwie łączy podsystemy, aby zapewnić odpowiednie zasoby (osoby, procesy, informacje i zasoby fizyczne) zebrane razem w odpowiednim czasie i miejscu. Integracja korporacyjna pomaga ustanowić infrastrukturę technologiczną, która łączy złożone podsystemy przedsiębiorstwa w jednolity system systemów (ang. *system of systems*), w którym procesy i dane mogą być udostępniane w całej firmie, partnerom biznesowym i klientom [Brosey, Neal, Marks 2001; Smith, O'Brien, Kontogiannis i in. 2002; Venkatachalam 2006]. Konsolidacja danych to podstawowy poziom integracji przedsiębiorstwa i wymaga semantycznej kompatybilności oraz wymiany informacji na tym poziomie. W wyniku zespolenia danych różne rodzaje aplikacji mogą wymieniać informacje i można osiągnąć zgodność między procesami biznesowymi a systemami infrastruktury [Venkatachalam 2006]. Integracja procesowa jest rozumiana jako łączenie się w jedną spójną całość procesów biznesowych w wielu systemach i środowiskach w obrębie lub pomiędzy przedsiębiorstwami. Zespalanie procesów zwiększa efektywność przedsiębiorstwa i jego zdolność do konkurowania pod względem kosztów, możliwości usług i zdolności reagowania [Lam 2005; Stohr, Nickerson 2003]. Integracja systemów przedsiębiorstwa koncentruje się na scaleniu informacji i danych na poziomie aplikacji [Hasselbring 2000, Themistocleous, Corbitt 2006)]. Podstawowym celem integracji systemów przedsiębiorstwa jest dostęp do danych dotyczących procesów biznesowych i ich wymiana [Cummins 2002; Yang, Lu 2005]. Odporność przedsiębiorstw wymaga pełnej korelacji między procesami, systemami i podstawową technologią w obrębie partnerów biznesowych.

Architektura korporacyjna jest ważnym instrumentem w zakresie dostosowania biznesu i technologii, jak również integracji przedsiębiorstw [Kuhnle, Wagenhaus 2005], ponieważ zapewnia wspólny widok zarówno głównych zasobów każdego przedsiębiorstwa (ludzi, procesów i technologii), jak i ich integracji w celu wsparcia realizacji podstawowych celów firmy [Anaya 2005]. Zgodnie z normą ANSI/IEEE 1471–2000 architektura definiowana jest jako „podstawowa organizacja systemu, zawarta w jego elementach, ich wzajemnych relacjach i środowisku oraz zasadach rządzących jego projektowaniem i ewolucją" [ANSI 2008]. Odpowiednio zaprojektowana architektura korporacyjna wspiera integrację, umożliwiając wgląd we wspólny obraz procesów biznesowych, danych i systemów w przedsiębiorstwie oraz u jego partnerów [Bernus, Nemes, Schmidt 2003]. Jest to również ważne narzędzie do tworzenia

połączeń w ramach rozszerzonego przedsiębiorstwa i wspomagania w osiągnięciu zwinności i elastyczności [Helaakoski, Iskanius, Peltomaa 2007].

Architektura zorientowana na usługi (ang. *Service Oriented Architecture* – SOA) jest szeroko akceptowanym podejściem w rozwoju systemów informatycznych i integracji przedsiębiorstw [Erl 2007]. SOA upraszcza tworzenie aplikacji jako modularnych, wielokrotnego użytku usług biznesowych, które są łatwo integrowane, zmieniane i utrzymywane. Przyjmując podejście SOA i wdrażając je za pomocą technologii wspierających, firmy mogą tworzyć elastyczne systemy, które szybko realizują zmieniające się procesy biznesowe i korzystają w szerokim zakresie z komponentów wielokrotnego użytku. SOA obsługuje środowisko informacyjne zbudowane z luźno powiązanych, wielorazowych usług bazujących na przyjętych standardach.

Podsumowując, odporność przedsiębiorstwa możemy zdefiniować jako funkcję solidności, elastyczności, zwinności, zdolności adaptacyjnych i wreszcie wydajności. Dostosowanie procesów biznesowych i technologii informatycznych jest czynnikiem sprzyjającym odporności firmy, co wymaga prostej i łatwej w zarządzaniu architektury korporacyjnej oraz skutecznej integracji na wszystkich poziomach.

Koncepcja odpornego przedsiębiorstwa a zapewnienie ciągłości biznesowej

Organizacje często stają w obliczu zmiennych i nieprzewidywalnych sytuacji, które zagrażają ich produktywności, a czasem nawet istnieniu. Wszystkie firmy mogą być narażone np. na regionalne awarie zasilania, klęski żywiołowe, akty terroru lub spowolnienia gospodarcze, które powodują poważne szkody. W wyniku zdarzeń pojawia się zakłócenie ich funkcjonowania w postaci utraty ciągłości działania lub innych konsekwencji, takich jak: utrata udziału w rynku, spadek produktywności, niezgodność z regulacjami oraz szkody reputacyjne.

Ciągłość biznesową (ang. *business continuity*) można zdefiniować jako wysiłek w organizacjach, mający na celu zagwarantowanie, że krytyczne funkcje zachowują swój status operacyjny podczas szeregu sytuacji awaryjnych, w tym lokalnych działań natury, wypadków oraz katastrof technologicznych często związanych z wrogimi atakami [BSI 2003]. Zarządzanie ciągłością działania to właściwe podejście do utrzymywania realizacji usług i operacji biznesowych w czasie wystąpienia zdarzenia zakłócającego, związanego z IT, biznesem lub klęską żywiołową [Giaccherro, Giordano, Schiraldi 2013]. Jego główne cele to:

- szybka reakcja na każde zagrożenie,
- wykorzystanie wszystkich możliwości,
- unikanie zakłócających zdarzeń,
- zapobieganie atakom zagrażającym bezpieczeństwu,
- zmniejszenie wpływu innych katastrofalnych zdarzeń.

Zwykle wypadki następują w wyniku połączenia aktywnych działań zewnętrznych oraz utajnionych warunków wewnętrznych [Reason 2000; 2008]. Wynikające z tego

szkody mogą być tak poważne, że jeden lub więcej składników infrastruktury będzie niedostępny przez długi czas, ponieważ często zdarza się, że zakłócające zdarzenia nadal wpływają na operacje długookresowo, pomimo iż zakłócenie zostało usunięte. Kiedy pojawia się katastrofa, to bardzo krótki okres decyduje o tym, czy organizacja sobie z nią poradzi. W celu osiągnięcia długoterminowego przetrwania po tego typu wydarzeniu niezbędna jest krótkoterminowa ciągłość działań [Stead, Smallman 1999].

Zarządzanie ciągłością działania bazuje przede wszystkim na zapobieganiu możliwości zajścia oraz szybkim reagowaniu na zdarzenia zakłócające. Pomaga w utrzymaniu nieprzerwanej dostępności wszystkich zasobów niezbędnych do realizacji podstawowych operacji biznesowych. Planowanie ciągłości działania stanowi zatem tę część zarządzania ryzykiem operacyjnym, która określa prawidłowe reakcje i najlepsze działania jakie należy podjąć w przypadku wystąpienia zakłócenia [Giaccherro, Giordano, Schiraldi 2013].

W najbardziej rozwiniętych gospodarczo i technologicznie krajach, agencje rządowe opracowują wymagania i środki legislacyjne w celu sprostania krytycznym wydarzeniom. Brytyjska instytucja normalizacyjna BSI opublikowała „Przewodnik po zarządzaniu ciągłością działania", który zaleca holistyczne podejście do opracowania programu zwiększającego poziom odporności operacyjnej organizacji [BSI 2003]. Strategia ciągłości działania tworzy kulturę wewnątrz organizacji, która ma na celu zwiększenie poziomu odporności, a także zapewnienie stabilności w zakresie produktów i świadczenia usług. Praktyki te powinny być prowadzone nawet w przypadku „normalnych" wypadków, ze względu na rosnącą złożoność systemów i ścisły związek między ludźmi a technologią [Perrow 1984, 1994; Cacciabue 2004]. Zarządzając ciągłością działania, nie powinniśmy wykorzystywać prawdopodobieństwa możliwości wystąpienia wypadków jako głównego kryterium oceny ryzyka, lecz raczej stopień wpływu tych zdarzeń na biznes. Potencjalne typy zdarzeń niepożądanych można sklasyfikować w następujący sposób [Vancoppenolle 2007]:

- awaria izolowanego elementu infrastruktury,
- długotrwała przerwa w krytycznym przepływie informacji,
- długotrwała przerwa w krytycznym procesie biznesowym,
- lokalne długoterminowe przerwy w działalności,
- pełne przerwanie działalności.

Zarządzanie ciągłością działania powinno zatem uwzględniać wpływ tych zdarzeń na operacje (np. infrastrukturę, IT, sieci itp.) oraz rozwiązywać problemy spowodowane przez same zdarzenia tak, aby utrzymać ciągłość funkcjonowania przedsiębiorstwa. Program zarządzania ciągłością działania powinien być zintegrowany z kulturą firmy i być „własnością" każdego pracownika w ramach całej organizacji [Giaccherro, Giordano, Schiraldi 2013].

Podczas gdy proste planowanie ciągłości działania dotyczy ochrony operacji i procesów biznesowych, elastyczna strategia rozszerza granice ochrony poza nieoczekiwane zdarzenia i katastrofy, aby uwzględnić wszelkie zmiany wynikające z normalnych działań biznesowych, jak również z niepożądanych zdarzeń. Program odporności wykorzystuje możliwości minimalizacji ryzyka operacyjnego, finansowego,

prawnego i utraty reputacji wynikających z zakłóceń. Celem jest umożliwienie przedsiębiorstwom szybkiego dostosowywania i przekształcania biznesu w odpowiedzi na wszelkie zmiany w celu zarządzania zarówno zagrożeniami jak i szansami. Program odporności przyczynia się do opracowania skutecznych długoterminowych strategii, zapewniając działania odpowiednio dostosowane do „apetytu na ryzyko" i niechęci do podejmowania ryzyka w ramach danego przedsiębiorstwa [Giaccherro, Giordano, Schiraldi 2013]. Odporność to właściwość ściśle powiązana ze zdolnością organizacji do unikania, ograniczania i łagodzenia wypadków [Manyena 2006] i ma trzy główne wymiary [Westrum 2006]:

- zdolność do zapobiegania wypadkom,
- zdolność do unikania rozprzestrzeniania się wypadku (np. awarie typu kaskadowego);
- zdolność powrotu do normalnego stanu po wystąpieniu wypadku.

Plan strategii na rzecz odporności pomaga zmniejszyć faktyczny wpływ zdarzeń zakłócających działalność, poprzez identyfikację potencjalnych słabych punktów i wąskich gardeł oraz precyzyjne określenie tego, czego należy się spodziewać (np. przez ciągłe monitorowanie wydajności) i czego się ewentualnie można spodziewać (np. jak przewidywać nowe zagrożenia mogące wystąpić w przyszłości) [Hollnagel 2009]. Dlatego najpierw trzeba ustalić, jak przetrwać mimo nieoczekiwanych zdarzeń, a następnie zaplanować, jak przezwyciężyć nowe wyzwania, które mogą pojawić się w dowolnym momencie. Zdolność do „odbicia się" po awarii można poprawić zarówno przed zdarzeniem, w trakcie wydarzeń, jak i po zdarzeniu [McDaniels, Chang, Cole i in. 2008]. Koncepcja odporności może być wykorzystana do strategicznego podejmowania decyzji, pod warunkiem, że oferuje środki do oceny ryzyka dla każdego alternatywnego scenariusza. Tak więc sukces przedsiębiorstwa zależy od jego zdolności do bycia odpornym, co pozwala mu w pełni wykorzystać zmiany w środowisku biznesowym oraz przewidywać nieoczekiwane zdarzenia i zagrożenia. Dobra taktyka odpornościowa powinna ograniczyć marnotrawstwo czasu i pieniędzy, ponieważ jest to strategia „gotowa od samego początku", a nie tylko rutynowa procedura radzenia sobie z niepożądanymi zdarzeniami.

Bazylejski Komitet ds. Nadzoru Bankowego określił odporność przedsiębiorstw jako „umiejętność absorbowania skutków poważnych zakłóceń przy jednoczesnym utrzymaniu operacyjności każdego krytycznego działania lub usługi". Sklasyfikowano również ryzyko IT jako ryzyko operacyjne, zdefiniowane jako „ryzyko poniesienia straty wynikające z zakłóceń działalności i awarii systemów związanych ze sprzętem, oprogramowaniem, telekomunikacją i przestojami lub przerwami w dostawach" [BCBS 2006]. Oznacza to, że istnieje silna korelacja między niezawodnością IT a ryzykiem operacyjnym. Banki i wiele innych organizacji w coraz większym stopniu łączą wyniki biznesowe z systemami informatycznymi. W rezultacie IT odgrywa bardzo ważną, a czasem wręcz krytyczną rolę w zapewnieniu ciągłości procesów operacyjnych, stając się jednym z głównych źródeł ryzyka operacyjnego.

Ryzyko IT dotyczy wielu aspektów operacji biznesowych: środowiska biznesowego, procesu kontroli jakości oraz przepływu informacji. Organizacje bazują całkowicie na infrastrukturze IT, aby chronić firmę przed szerokim zakresem zagrożeń

bezpieczeństwa, w tym również zakłóceniami w zakresie technologii. Z punktu widzenia IT racjonalne zarządzanie ryzykiem powinno spełniać następujące warunki [Giaccherro, Giordano, Schiraldi 2013]:

- oceniać i określać potencjalne straty spowodowane uszkodzeniami i awariami w infrastrukturze elektrycznej,
- wdrażać plany i strategie postępowania w przypadku zdarzenia zakłóceniowego, decydując, czy plan awaryjny jest odpowiedni dla zapewnienia ciągłości działania przedsiębiorstwa,
- opracować strategie sprzętowe i programowe w celu osiągnięcia wymaganego poziomu niezawodności systemów IT,
- udostępniać zewnętrzne urządzenia informatyczne do przechowywania danych w celu zapewnienia właściwej ochrony krytycznych danych.

Nieoczekiwane zdarzenia występują dość często z powodu wewnętrznych słabości organizacji, np. wrażliwe na zakłócenia systemy IT, brak szkolenia operatorów, zmiany procesów, niewłaściwie stosowane procedury i wiele innych. Standard ANSI 942 [ANSI 2008] klasyfikuje cztery różne poziomy architektury systemów, z których każdy ma określone poziomy wydajności. Takie podejście wykorzystuje inżynierię systemów, dlatego jest zgodne z holistycznym spojrzeniem na zarządzanie ryzykiem operacyjnym. Standard opisuje wymagania jakie system musi spełnić, aby osiągnąć specyfikację charakterystyczną dla danego poziomu:

- Poziom 1 (podstawowa architektura). System posiada najprostszą możliwą strukturę, bez nadmiarowości wewnątrz lub między podsystemami. Każda planowana operacja naprawcza musi zostać przeprowadzona podczas okresu wyłączenia urządzeń z ruchu, czyli każda awaria systemu spowoduje zakłócenie ciągłości jego działania. Gotowość systemu jest na poziomie 99,67%, co odpowiada 28 godzinom rocznego przestoju w systemie pracującym w trybie ciągłym (tzw. system 24/7).
- Poziom 2 (architektura redundantnych elementów w systemie). Jego konfiguracje wymagają co najmniej N + 1 nadmiarowych elementów aktywnych dla systemu, z pojedynczą ścieżką dystrybucji. Struktura poziomu 2 nie pozwala na zaplanowaną konserwację lub naprawę w trybie online. W tej konfiguracji pewne rodzaje awarii składników aktywnych mogą zakłócić ciągłość działania. Gotowość systemu wynosi 99,75%, co odpowiada 22 godzinom przestoju w ciągu roku.
- Poziom 3 (architektura redundantnych elementów w podsystemach). Jego architektura, oprócz specyfikacji warstwy 2, wymaga przynajmniej nadmiarowej konfiguracji N + 1 dla każdego podsystemu. Ponadto należy zaprojektować dwie różne ścieżki dystrybucji i dwa różne źródła zasilania, przy czym tylko jeden aktywny w danej chwili. W ten sposób możliwe jest odłączenie każdego komponentu bez negatywnego wpływania na ciągłość działania. Gotowość systemu wynosi 99,98%, co odpowiada 4 godzinom przestoju co 2,5 roku.
- Poziom 4 (architektura odporna na uszkodzenia). Ten typ architektury został zaprojektowany tak, aby mieć całkowicie nadmiarową konfigurację, która gwarantuje, że żadna awaria komponentu nie będzie miała krytycznego znaczenia dla obciążenia IT. Każda ścieżka musi być podzielona na sekcje, dlatego pojedyncze zdarzenie zakłócające nie może wpłynąć negatywnie na podsystem dystrybucji. Dzięki tej architekturze gotowość systemu wynosi co najmniej 99,99%.

Klasyfikacja ta może pomóc w optymalizacji całkowitych kosztów planu ciągłości działania. Jeśli zgodnie z planem dozwolone są przestoje związane z planową konserwacją lub naprawą, właściwym wyborem może być struktura poziomu 2. Jeśli jednak krytyczność wymaga pełnej usługi operacyjnej 24/7, to najwyższy poziom wydajności będzie potrzebny. Prowadzi to do uzyskania gotowości dla systemu informatycznego rzędu 99,999%, który jest praktycznie nieosiągalny, ponieważ oznacza to mniej niż jedną awarię raz na 45 lat. Realistycznym celem organizacji jest maksymalizacja wskaźnika gotowości, zaczynając od zapewnienia niezawodności infrastruktury zgodnie z zasadą AHARP (*As High As Reasonable Possible*).

Podsumowanie i wnioski

Zarządzanie ryzykiem operacyjnym oraz ciągłością działania ma wiele cech wspólnych, ale też szereg istotnych różnic. Zasadnicze różnice między tymi dwoma podejściami dotyczą przede wszystkim charakterystyki zdarzeń zakłócających, będących źródłami zagrożeń w organizacji. W przypadku zarządzania ryzykiem do analizy brane są praktycznie wszystkie możliwe źródła ryzyka, natomiast analiza skutków nieciągłości ogranicza się z reguły do zdarzeń nagłych, o gwałtownym przebiegu i dużej dynamice zmian, mających istotny wpływ na zakłócenie ciągłości działania całej organizacji [Bukowski 2016b]. Ponieważ są to przeważnie zdarzenia rzadkie, dlatego też ocena prawdopodobieństwa ich wystąpienia jest trudna, a często wręcz niemożliwa, zatem drugim głównym parametrem oceny (poza potencjalnymi skutkami) jest czas utraty ciągłości działania, spowodowany wystąpieniem zdarzenia zakłócającego. Korzystając z literatury [Linkov, Bridges, Creutzig 2014; NAS 2012; Park, Seager, Rao i in. 2013] oraz doświadczeń własnych zdobytych w obu tych obszarach wiedzy [Bukowski 2019] proponuje się koncepcję zintegrowanego zarządzania ryzykiem utraty ciągłości biznesowej, którą ilustruje tabela 1.

Tabela 1. Główne cechy charakteryzujące zintegrowane zarządzanie ryzykiem utraty ciągłości biznesowej

Podstawowa metoda	Analiza ryzyka i skutków nieciągłości
Główne parametry oceny	• Potencjalne skutki zdarzenia • Miara niepewności wystąpienia • Czas nieciągłości działania
Typy zdarzeń zakłócających	Wszystkie możliwe
Skutki zdarzeń zakłócających	Wszystkie możliwe
Dynamika zdarzeń zakłócających	Każda możliwa
Ukierunkowanie	Wszystkie istotne obszary działalności organizacji

Źródło: opracowanie własne.

Podsumowując, efektywny program ciągłości biznesowej zapewni szerokie korzyści każdej organizacji poprzez [Deloitte 2018]:

- zwiększanie świadomości na temat zagrożeń i słabych punktów;
- ochronę ludzi, reputacji i wartości dla akcjonariuszy;
- zwiększenie odporności łańcuchów dostaw na zakłócenia;

- określanie i ochronę kluczowych procesów biznesowych;
- spełnienie wymagań klientów i przepisów;
- przyspieszenie skutecznego podejmowania decyzji w każdej sytuacji kryzysowej;
- poprawę umiejętności skutecznego i efektywnego reagowania na poważne incydenty;
- zapewnienie korzystniejszych warunków przy negocjowaniu składek na ubezpieczenie od szkód wywołanych przerwaniem ciągłości działania.

Bibliografia

Anaya V.O. (2005), *How Enterprise Architectures Can Support Integration*, IHIS'05 Bremen Germany.

ANSI (2008), *ANSI/EIA/TIA-942. Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers* – Rev. 5.

BCBS (2006), *Basel Committee on Banking Supervision. High-level principles for business continuity*, The Joint Forum, August.

Berkes F. (2007), *Understanding uncertainty and reducing vulnerability: lessons from resilience thinking*, „Nat Hazards", vol. 41, ss. 283–295.

Bernus P., Nemes L., Schmidt G. (red.) (2003), *Handbook on Enterprise Architecture*, Springer.

Biggs R., Schlüter M., Schoon M.L. (red.) (2015), *Principles for building resilience: sustaining ecosystem services in socialecological systems*, Cambridge University Press, Cambridge [online], http://dx.doi.org/10.1017/cbo9781316014240, dostęp: 04.01.2020.

Brosey W.D., Neal E.R., Marks D.F. (2001), *Grand Challenges of Enterprise Integration*, IEEE.

BSI (2003), *British Standards Institution*, Publicly Available Specification, no. 56, Guide to Business Continuity Management, London.

Bukowski L. (2016a), *System of systems dependability – theoretical models and applications examples*, „Reliability Engineering & System Safety", vol. 151, ss. 76–92.

Bukowski L. (2016b), *Zapewnienie ciągłości dostaw w zmiennym i niepewnym otoczeniu*, Wydawnictwo Naukowe WSB, Dąbrowa Górnicza.

Bukowski L. (2019), *Reliable, Secure and Resilient Logistics Networks. Delivering products in a risky environment*, Springer Nature Switzerland AG.

Cacciabue P. (2004), *Guide to applying human factors methods*, Springer, London.

Carpenter S., Walker B., Anderies J.M. (2001), *From Metaphor to Measurement: Resilience of What to What?*, „Ecosystems", vol. 4, ss. 765–781.

Christopher M., Peck H. (2004), *Building Resilient Supply Chain*, „International Journal of Logistics Management", vol. 15, ss. 1–13.

Cummins F.A. (2002), *Enterprise Integration: An Architecture for Enterprise Application and Systems Integration*, John Wiley and Sons Inc., NY.

Dalziell E.P., McManus S.T. (2004), *Resilience, Vulnerability, Adaptive Capacity: Implications for System Performance*, International Forum for Engineering Decision Making (IFED) Stoos, Switzerland.

Deloitte (2018), *Business Continuity Management Towards a Resilient Organisation* [online], https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/be/Documents/risk/be-risk-bcm-resilient-organisation.pdf, dostęp: 04.01.2002.

Erl T. (2007), *SOA Principles of Service Design*, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.

Erol O., Henry D., Sauser B. i in. (2010), *Perspectives on Measuring Enterprise Resilience* [online], https://www.researchgate.net/publication/224144529_Perspectives_on_measuring _enterprise_resilience, dostęp: 04.01.2020.

Fiksel J. (2006), *Sustainability and Resilience: Toward a Systems Approach*, Sustainability, Science, „Practice & Policy", vol. 2, ss. 14–21.

Folke C., Carpenter S.R., Walker B.H. i in. (2010), *Resilience thinking: integrating resilience, adaptability and transformability*, „Ecology and Society", vol. 5(4) [online], http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art20/, dostęp: 04.01.2020.

Fricke E., Schulz A.P. (2005), *Design for Changeability (DfC): Principles to Enable Changes in Systems Throughout Their Entire Lifecycle*, „Systems Engineering Journal", vol. 8, ss. 342–359.

Gallopin G.C. (2006), *Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity*, „Global Environmental Change", vol. 16, ss. 293–303.

Giacherro A., Giordano F., Schiraldi M.M. (2013), *From business continuity to design of critical infrastructures: ensuring the proper resilience level to datacentres*, „International Journal of Engineering and Technology", vol 5, no. 4, ss. 3544–3553.

Gibbs M.T. (2009), *Resilience: What is it and what does it mean for marine policymakers?*, „Marine Policy", vol. 33, ss. 322–331.

Goble G., Fields H., Cocchiara R. (2002), *Resilient infrastructure*, IBM Global Services, September.

Helaakoski H., Iskanius P., Peltomaa I. (2007), *Agent-based Architecture For Virtual Enterprirses To Support Agility"* [w:] L. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh, P. Novais i in. (red.), *Establishing the Foundation of Collaborative Networks*, Springer, vol. 243, ss. 299–306.

Haimes Y.Y., Crowther K., Horowitz B.M. (2008), *Homeland Security Preparedness: Balancing Protection with Resilience in Emergent Systems*, „Systems Engineering", vol. 11, ss. 287–308.

Hasselbring W. (2000), *Information System Integration*, „Association for Computing Machinery. Communications of the ACM", vol. 43, ss. 32–38.

Hollnagel E., Woods D.W., Leveson N. (red) (2006), *Resilience Engineering: Concepts and Precepts*, Ashgate Press, Farnham.

Hollnagel E. (2009), *The four cornerstones of resilience engineering* [w:] C. Nemeth, E. Hollnagel, S. Dekker (red.), *Resilience Engineering Perspectives: Preparation and Restoration*, vol. 2, Ashgate, Burlington, ss. 117–133.

Horne J.F. (1997), *The Coming Age of Organizational Resilience*, „Business Forum, ss. 22–24 [online], http://www.cit.iit.bas.bg/cit_2013/v13-2/10341-volume13_issue_2-01_paper.pdf , dostęp: 06.01.2020.

Hu Y., Li J., Holloway E.L. (2008), *Towards Modeling of Resilience Dynamics in Manufacturing Enterprises: Literature Review and Problem Formulation*, in 4th IEEE Conference on Automation Science and Engineering Washington DC, IEEE, ss. 279–284.

Kühnle H., Wagenhaus G. (2004), *Extended Enterprise Architectures (E2A) – Towards a Powerful Mode of Production* [w:] M. Gregory, Y. Shi (red.), *Designing and Operating Global Manufacturing & Supply Networks*, 9th Annual Cambridge International Manufacturing Symposium, Cambridge, 20–21, September, ss. 168–183.

Lam W. (2005), *Investigating Success Factors in Enterprise Application Integration: A Case-Driven Analysis*, „European Journal of Information Systems", vol. 14, ss. 175–187.

Linkov I., Bridges T., Creutzig F. (2014), *Changing the Resilience Paradigm*, „Nature Climat Change", vol. 4(6), ss. 407–409 [online], https://doi.org/10.1038/nclimate2227, dostęp: 06.01.2020.

Mallak L. (1998), *Putting Organizational Resilience to Work*, „Industrial Management", vol. 40, ss. 8–13.

Mallak L. (1999), *Toward a Theory of Organizational Resilience, in Portland Conference on Technology and Innovation Management*, PICMET, vol. 1, s. 223.

Manyena S.B. (2006), *The concept of resilience revisited*, „Disasters", vol. 30(4), ss. 434–450.

McDaniels T., Chang S.E., Cole D. i in. (2008), *Fostering resilience to extreme events within infrastructure systems: characterizing decision contexts for mitigation and adaptation*, „Global Environmental Change", vol. 18 (2), ss. 310–318.

Morello D. (2001), *The Blueprint for the Resilient Virtual Organization, Gartner January 2001*

NAS (2012), National Academy of Sciences (US).

Park J., Seager TP., Rao PSC. i in. (2013), *Integrating risk and resilience approaches to catastrophe management in engineering systems*, „Risk Analysis", vol. 33(3), ss. 356–367.

Perrow C. (1984), *Normal Accidents: Living with high-risk technologies*, Basic Book, NY.

Perrow C. (1994), *The Limits of Safety: The Enhancement of a Theory of Accidents*, „Journal of Contingencies and Crisis Management", vol. 2(4), s. 212.

Reason J. (2000), *Human error: Models and management*, „British Medical Journal", vol. 320, ss. 768–770.

Reason J. (2008), *The human contribution: Unsafe acts, accidents and heroic recoveries*, Ashgate, Surrey.

Scott M., Sorcinelli G., Gutierrez P. i in. (2006), *ConferenceXP: An Enabling Technology for Organizational Resilience* [w:] B. Donnellan, T. Larsen, L. Levine i in. (red.), *The Transfer and Diffusion of Information Technology for Organizational Resilience*, vol. 206, Springer, Boston, ss. 219–227.

Sheffi Y., Rice J.B. Jr. (2005), *A Supply Chain View of the Resilient Enterprise*, „MIT Sloan Management Review", vol. 47(1), ss. 41–48.

Smith D., O'Brien L., Kontogiannis K. (2002), *Enterprise Integration*, „Architect" (SEI Interactive News), vol. 4Q.

Stead E., Smallman C. (1999), *Understanding business failure: Learning and un-learning lessons from industrial crises*, „Journal of Contingencies and Crisis Management", vol. 7(1), ss. 1–18.

Stevenson M., Spring M. (2007), *Flexibility from a supply chain perspective: definition and review*, „International Journal of Operations & Production Management", vol. 27.

Stohr E.A., Nickerson J.V. (2003), *Intra Enterprise Integration: Methods and Direction, in Competing in the Information Age* [w:] J. Luftman (red.), Oxford University Press, New York.

Sushil (2006), *Enterprise Flexibility*, „Global Journal of Flexible Systems Management", vol. 2, ss. 53–58.

Sutcliffe K.M. (2003), *Organizing for Resilience* [w:] K.S. Cameron, I.E. Dutton, R.E. Quinn (red.) *Positive Organizational Scholarship*, Berrett-Koehler, San Francisco, ss. 94–110.

Themistocleous M., Corbitt G. (2006), *Is business process integration feasible?*, „Journal of Enterprise Information Management", vol. 19, ss. 434–449.

Vancoppenolle G. (2007), *What are we planning for?* [w:] A. Hiles (red.), *The Definitive Handbook of Business Continuity Management*, John Wiley & Sons Ltd, Hoboken.

Venkatachalam A.R. (2006,) *A Holistic Perspective on Enterprise Integration*, „Journal of Information Technology Case and Application Research", vol. 8, ss. 1–6.

Vogus T.J., Sutcliffe K.M. (2007), *Organizational Resilience: Towards a Theory and Research Agenda in Systems*, Man and Cybernetics [online], https://www.researchgate.net/publication/220756654_Organizational_Resilience_Towards_a_Theory_and_Research_Agenda/link/09e41511113a399b3e2000000/dow, dostęp: 06.01.2020.

Walker B., Holling CS., Carpenter SR. (2004), *Resilience, adaptability and transformability in social-ecological system*, „Ecology and Society", vol. 9(2), s. 5 [online], http://dx.doi.org/10.5751/es-00650-090205, dostęp: 06.01.2020.

Westrum R. (2006), *A typology of resilience situations* [w:] E. Hollnagel, D. D. Woods, N. Leveson (red.), *Resilience Engineering: Concepts and Precepts*, „Ashgate Press", ss. 49–60.

Wreathall J. (2006), *Properties of resilient organisations: An initial view* [w:] E. Hollnagel, D.D. Woods, N. Levenson (red.) *Resilience engineering: Concepts and precepts*, „Ashgate Press", ss. 275–285.

Yang H.M., Lu F.V. (2005), *Integrating Inter – and Extra-Enterprise Applications Using Web Services*, „Review of Business", vol. 26, ss. 3–9.

Jerzy Feliks
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Zarządzania
jfeliks@zarz.agh.edu.pl

Marek Karkula
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Zarządzania
mkarkula@zarz.agh.edu.pl

Koncepcja wykorzystania narzędzi Industry 4.0 w zarządzaniu procesami magazynowymi

The Concept for the Use of Industry 4.0 Tools in Managing Warehousing Processes

Abstract: The paper presents the concepts of using tools used in the field of Industry 4.0 in warehouse management. The possibility of cooperation of the goods identification systems and warehouse infrastructure with the information Warehouse Management System (WMS) has been described. The possibilities of using obtained data through this cooperation for the management of warehouse processes are presented. It is a concept for the extension of standard WMS class warehouse management systems with elements of systems combining various technologies and methods for analyzing (on line) data from selected sources.
Key words: Industry 4.0, warehouse management, RFID, WMS

Wstęp

Gospodarka i przedsiębiorstwa wkraczają w czwartą rewolucję przemysłową znaną jako koncepcja Przemysł 4.0 (Industry 4.0). Opracowanie tego programu przez niemieckich ekspertów i jego zatwierdzenie przez rząd federalny Niemiec w 2011 było odpowiedzią na skutki globalnego kryzysu, wzrostu konkurencyjności podmiotów spoza Europy i inne wyzwania biznesu, przede wszystkim naszych zachodnich sąsiadów. Poprzednie trzy rewolucje przemysłowe, wprowadzając mechanizację i elektryfikację, wdrażając produkcję na masową skalę, czy umożliwiając automatyzację

i robotyzację procesów, stały się katalizatorem wzrostu wydajności gospodarek. Przemysł 4.0 zmienia sposób, w jaki wchodzimy w interakcję z maszynami i sposób, w jaki te maszyny współdziałają ze sobą, przede wszystkim dzięki globalnej sieci kontaktów ponad granicami korporacyjnymi i krajowymi [Saniuk, Saniuk 2017; Taliaferro, Guenette, Ankit Agarwal 2016; Zhong, Xu, Klotz i in. 2017]. Dostęp do szerokopasmowego Internetu, rozwój niskokosztowych czujników połączonych w sieć (*Internet of Things* – IoT), nowe osiągnięcia z obszaru inteligencji obliczeniowej, to tylko kilka elementów umożliwiających ogromnej liczbie urządzeń łączenie się i komunikowanie, co oznacza więcej dużych zbiorów danych [Nguyen, Zhou, Spiegler i in. 2018].

Koncepcje określone w programie Przemysł 4.0 poza procesami projektowania i wytwarzania produktów są nieodłącznie związane ze sposobem, w jaki transportuje się gotowe towary, a także magazynuje i dystrybuuje. Celem innowacyjnych działań powinny być zatem również obiekty magazynowe, stanowiące ważne ogniwa łańcuchów i sieci dostaw. Magazyny w przeszłości były często określane mianem centrów kosztowych, których działalność rzadko dostarczała wartość dodaną. Migracja produkcji w kierunku Dalekiego Wschodu, rozwój handlu elektronicznego, rosnące zapotrzebowanie oraz wymagania ze strony konsumentów spowodowały skokową zmianę w podejściu do zagadnień związanych z operacjami magazynowymi. Magazyny są obecnie postrzegane jako kluczowe elementy każdego łańcucha dostaw, a procesy magazynowania dotyczą przyjęcia, składowania, komisjonowania i wysyłki towarów oraz coraz częściej obsługi zwrotów towarów.

Pomimo szybko zmieniających się technologii i koncepcji operacyjnych we współczesnych magazynach, obecne cele biznesowe składowania, zapewniające pożądany poziom usług przy niskich kosztach, z pewnością nadal pozostaną podstawowym wymogiem. Pojawią się jednak dodatkowe wymagania, które wymuszą zwiększenie konkurencyjności, w tym presja kosztowa i przestrzenna wynikająca z rosnących oczekiwań klientów w zakresie szybszego, bardziej indywidualnego i dopasowanego spełnienia ich wymagań. Zmiana musi także nastąpić w sposobie realizacji operacji magazynowych, tak aby zwiększyć odporność (*robustness*) systemu w odpowiedzi na zmiany lub zakłócenia oraz elastyczność i adaptacyjność operacji w celu zapewnienia zwinnych (*agile*) rozwiązań. W świetle współczesnych wyzwań oraz ze względu na rosnącą złożoność i różnorodność zamówień klientów, musi się zmienić sposób realizacji operacji magazynowych. Zwiększa się również zapotrzebowanie na dane i informacje kontekstowe pochodzącez realizowanych procesów w czasie rzeczywistym. Takie wymagania pojawiają się w wyniku wysoce spersonalizowanych zamówień, które charakteryzują się zazwyczaj niewielkimi rozmiarami, ale za to dużą różnorodnością. Często barierą w osiągnięciu celów jest nieefektywny i niedokładny proces komisjonowania mający negatywny wpływ na realizację zamówienia. W wielu pracach i badaniach zwraca się uwagę na znaczenie tej operacji w stosunku do całkowitego kosztu eksploatacji magazynu, szacując go na poziomie około 50–60% całkowitych kosztów związanych z zarządzaniem magazynem [Richards 2014; Coelho, Relvas, Barbosa-Povoa i in. 2018; Ludwig, Goomas 2009]. Szybkość, z jaką można realizować powyższy proces, zależy w dużej mierze od lokalizacji, w której znajdują się lub muszą znajdować się towary, stąd potrzeba przeprowadzania dokładniejszych analiz określających właściwe miejsce dla towaru w magazynie.

Wspomniane wyzwania powodują, że menedżerowie w magazynach są pod ciągłą presją zwiększania wydajności systemu, z jednoczesną dbałością o minimalizację negatywnego wpływu obiektów magazynowych na środowisko i potrzebą zmniejszania zapotrzebowania na siłę roboczą.

W niniejszej pracy zaproponowano projekt systemu zarządzania magazynem wykorzystującego standardowe moduły aplikacji klasy WMS (Warehouse Managemant System) oraz elementy koncepcji Przemysł 4.0 wykorzystujące cyberfizyczne systemy komunikacji różnych urządzeń, pojazdów, ludzi i aplikacji komputerowych, stosowane w magazynie.

Stan zagadnienia

Mimo znaczącego postępu w automatyzacji i robotyzacji procesów, osiem na dziesięć magazynów jest nadal obsługiwanych ręcznie. Nie znaczy to, że jednostki takie są przestarzałe i nie ma w nich miejsca na innowacyjne rozwiązania. Rozwój nowoczesnego magazynu wymaga wsparcia ze strony technologii informacyjnych. Pozwalają one na znaczną poprawę efektywności procesów magazynowych oraz jednocześnie zapewniają warunki integracji zapotrzebowania przedsiębiorstw, dystrybucji i zarządzania zapasami.

Aktualnie wykorzystywane rozwiązania techniczne i systemy informatyczne, wspomagające zarządzanie procesami magazynowymi klasy WMS, wykorzystują bazy danych, w których odzwierciedlone są m.in.: statyczna struktura magazynu (liczba i rodzaj stref składowania, topologia), logika realizacji podstawowych procesów i operacji magazynowych, dane dotyczące stanów zapasów [Hompel, Schmidt 2007]. W takich systemach wykorzystywane są metody umożliwiające lokalną i najczęściej jednokryterialną optymalizację procesów, nieuwzględniające rzeczywistych i historycznych warunków mających wpływ na ich realizację. Struktury informatyczne do zarządzania magazynami to systemy oprogramowania do przetwarzania w czasie rzeczywistym, które wykorzystują rzetelne i dostarczone w odpowiednim momencie dane. Pochodzą one z różnych źródeł, do których w obiektach magazynowych należą najczęściej czujniki i czytniki. Są to standardowe i dobrze znane technologie systemu kodów kreskowych, technologie identyfikacji radiowej RFID, innowacyjne rozwiązania wykorzystujące rozszerzoną rzeczywistość (AR – *Augmented Reality*) oraz Internet Rzeczy (IoT – *Internet of Things*), czy też czujniki wizyjne lub kamery inteligentne, których funkcją jest automatyczna analiza wizyjna zdefiniowanego obszaru (*machine vision/computer vision* – CV) [Hansen, Nasrollahi, Rasmusen i in. 2017; Zhong, Xu, Klotz i in. 2017, Lee, Lv, Ng i in. 2018; Reif, Walch 2008].

Głównymi problemami w wyżej wymienionych rozwiązaniach są:

- brak uwzględnienia niepewności popytu, dotrzymania terminu dostaw i wysyłki;
- występowanie różnic między stanem faktycznym a odzwierciedlonym w bazie danych, pomimo działania w trybie rzeczywistym w dostępnych systemach zarządzania magazynem;
- nieelastyczny sposób rozmieszczania towarów w przestrzeni magazynowej, nieuwzględniający bieżących potrzeb i ograniczonej możliwości zasobów magazynowych wynikających z nieprzewidzianych zdarzeń (awarie wózków, nieoczekiwane absencje pracowników itp.);

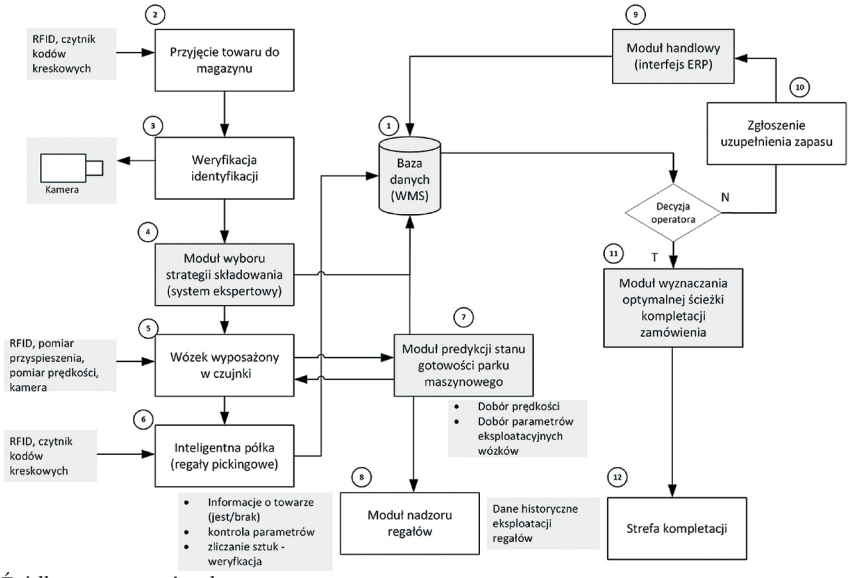
- brak zintegrowanych rozwiązań uwzględniających wpływ wyboru strategii operacyjnych w magazynie na środowisko naturalne i zużycie energii (sposób realizacji procesów i operacji magazynowych, zautomatyzowane systemy zarządzania).

Analiza piśmiennictwa zarówno krajowego, jak i zagranicznego wskazuje na potrzebę prowadzenia analiz i usprawniania procesów w obiektach magazynowych. Wpływ na to ma konieczność redukcji kosztów (dzięki lepszemu wykorzystaniu powierzchni lub przestrzeni składowania) oraz zwiększenia efektywności innych procesów magazynowych, a w szczególności komisjonowania i kompletacji zleceń klientów. Analitycy i producenci systemów klasy WMS ciągle poszukują nowych możliwości udoskonalania swoich produktów w celu lepszego dopasowania do potrzeb i oczekiwań współczesnych organizacji. Ich działania są mocno związane z aktualnym trendem, jakim jest rozwój koncepcji Przemysł 4.0. Jednym z kierunków tej idei jest powszechna integracja w wymianie informacji pomiędzy maszynami, systemami, ludźmi. Aktualne raporty pokazują także coraz większą potrzebę praktycznego wykorzystania możliwości metod sztucznej inteligencji (SI) oraz uczenia maszynowego w systemach wspomagających zarządzanie i podejmowanie decyzji [Mao, Xing, Zhang 2018; Zhong, Xu, Klotz i in. 2017]. Algorytmy SI umożliwiają automatyzację procesów przetwarzania informacji, oferując konkretne korzyści w zakresie obsługi klientów z wykorzystaniem funkcji asystentów, rozpoznawania zamówień, inwentaryzacji stanów magazynowych czy przewidywania popytu rynkowego. Perspektywa wykorzystania metod uczenia maszynowego w rozwiązaniach systemów WMS może prowadzić do podejmowania szybszych i lepszych decyzji, które pomagają nadawcom optymalizować m.in. wybór operatora, klasyfikację produktów i zleceń, trasowanie podczas kompletacji zamówień i procesy kontroli jakości, możliwość obniżania kosztów i zwiększenia efektywności.

Projekt inteligentnego magazynu z wykorzystaniem koncepcji Przemysł 4.0

Istotę badań stanowi opracowanie projektu systemu umożliwiającego znaczącą poprawę realizacji procesów magazynowych na podstawie oceny różnych wskaźników oraz dostosowanie tempa realizacji procesu kompletacji zleceń do aktualnego zapotrzebowania, przy założeniu minimalizacji kosztów związanych z wykorzystaniem zasobów. Na potrzeby niniejszego opracowania wykorzystano projekt obiektu magazynowego. Głównymi składowymi magazynu są: strefa składowania z regałami magazynu wysokiego składowania, strefa zbiórek (pickingu) i kompletacji zleceń, podsystem transportu jednostek ładunkowych między strefą kompletacji a strefą składowania, stanowiska zabezpieczenia skompletowanych palet oraz strefa odbioru skompletowanych i jednorodnych palet przeznaczonych do wysyłki. Rozwiązanie postawionego problemu wykorzystywać będzie koncepcję cyberfizycznego systemu, którego schemat i szczegółowe elementy rozwiązania przedstawiono na rysunku 1, natomiast na rysunku 2 zaprezentowano szkic „inteligentnej półki" – regału w strefie zbiórek, wyposażonego w czujniki sprzętowe umożliwiające monitorowanie przyjęć i pobrań na i z półki.

Rysunek 1 Koncepcja cyberfizycznego systemu zarządzania magazynem



Źródło: opracowanie własne.

Najważniejszymi składowymi prezentowanego systemu są:

- baza danych systemu klasy WMS (1);
- moduł realizacji dostaw (moduł handlowy) wykorzystujący interfejs EDI (Electronic Data Intercharge) (9);
- przyjęcie towaru z wykorzystaniem czytników i czujników (AI, IoT, AR) (2, 3);
- moduł informujący o rzeczywistym stanie i miejscu lokalizacji towaru (inteligentne półki, traceability) (6);
- moduł wyboru bieżącej reguły składowania (alokacji miejsca do przyjmowanego towaru) na podstawie aktualnych danych i prognoz (możliwość doboru algorytmu składowania) (4);
- moduł określania reguły kompletacji zlecenia i wyznaczania optymalnej ścieżki (11);
- moduł predykcyjnego oszacowania gotowości parku magazynowego (7) i moduł nadzoru regałów (8).

Projektowany system ma za zadanie wspomagać realizowane procesy w gospodarce magazynowej. Można tu wyróżnić procesy zewnętrzne, takie jak dostawy i przyjęcie towarów do magazynu oraz realizację zamówień klientów. Wspomagane są działaniami wewnętrznymi zachodzącymi w magazynie, polegającymi głównie na składowaniu, kompletacji i realizacji wydań magazynowych. Ich integracja i koordynacja wymagają dostępu do aktualnej i wiarygodnej informacji. Na bazie zgromadzonych danych (czujniki rozmieszczone w różnych częściach obiektu, dane zewnętrzne itp.), podejmowane są różne decyzje dotyczące gospodarki magazynowej. Jednym z etapów pozyskiwania informacji jest wprowadzanie danych o przyjęciach towarów (2) do dedykowanej, informatycznej bazy (1), która stanowi część zintegrowanego

systemu (WMS – Warehouse Management System). Systemy mogą pozyskiwać je automatycznie, eliminując konieczność udziału człowieka w tym procesie. Systemy monitoringu danych wejściowych (2, 3) wykorzystują rozwiązania, technologie i metody m.in. RFID, IoT, rozpoznawania obrazu z kamer oraz innych czujników i czytników wyposażonych w systemy komunikacji drogą radiową z otoczeniem. Zadaniem podsystemu monitoringu jest niezawodne zbieranie i aktualizacja bazy danych (1) o informacje dotyczące produktów przyjmowanych do magazynu. Niezawodność i wiarygodność wprowadzanych danych do bazy to podstawowy warunek sprawnego działania systemu informatycznego magazynu, a w konsekwencji całej jednostki. Proponowany zestaw kamer (3) będzie pełnił funkcję nadzorującą proces wprowadzania danych. Funkcja ta nie wymaga ciągłej rejestracji obrazów. Natomiast potrzebna jest identyfikacja zdarzeń, które powinny zostać odnotowane w systemie informatycznym. Zaliczamy do nich przyjęcie dostawy całopaletowej, towarów o różnych gabarytach nieumieszczonych na paletach oraz zwrotów od klientów. Tego typu działania wymagają odnotowania faktu ich zaistnienia w systemie informatycznym. Dzieje się to zazwyczaj z wykorzystaniem kodów kreskowych lub systemów RFID. Wszelkiego rodzaju braki informacji powstające przez nieodczytanie kodu kreskowego lub niezadziałanie systemu automatycznej identyfikacji RFID pozostają czasowo nieujawnione w systemie informatycznym. System kamer, którego zadaniem jest wykrywanie zdarzenia, koreluje je z informacjami przesyłanymi do bazy danych (czyli zdefiniowanymi wcześniej wzorcami). Na podstawie wykrytych różnic, np. braku identyfikacji obiektu przy pomocy kodu kreskowego w bazie, przy jednoczesnej jego identyfikacji z użyciem pomocy systemu kamer, uruchomiony zostanie alert mający zwrócić uwagę obsługi na zaistniałą niezgodność. Projekt systemu monitoringu zakłada wykorzystanie rozwiązań zdolnych do uczenia się i adaptacji wykorzystujących zastosowanie sieci neuronowych komórkowych. Analiza obrazów może być zrealizowana z wykorzystaniem dedykowanych urządzeń rejestrujących obrazy i zawierających moduły elektroniczne do przetwarzania obrazów z zastosowaniem zaawansowanych algorytmów [Rafajłowicz, Rafajłowicz 2010; Ershadi, Menéndez 2017]. Algorytmy analizy obrazu umożliwią automatyczną detekcję obiektów znajdujących się w zdefiniowanej strefie magazynu w czasie rzeczywistym. Pełne wykorzystanie metod automatycznego przetwarzania obrazów z kamer umożliwi m.in.: zliczanie obiektów przebywających w danej chwili w strefie, pomiar czasu przebywania obiektu w strefie, klasyfikacje obiektów znajdujących się w strefie (np. rozróżnienie pomiędzy personelem, wózkiem czy innym obiektem), wykrycia anomalii i zdarzeń niebezpiecznych. Trzeba podkreślić, że zadanie analizy obrazów w obiektach magazynowych nie jest zadaniem łatwym i związany jest z nim szereg problemów takich jak: zaszumienie obrazu, drgania urządzeń rejestrujących obraz, wpływ oświetlenia na jakość analiz, obecność różnych obiektów ruchomych itp.

Głównym odbiorcą opisanych danych jest system klasy WMS (1) zarządzający magazynem. Jego zadaniem jest ogólnie pojęta organizacja pracy magazynu, w tym wyboru strategii składowania towaru, wyznaczania optymalnej ścieżki kompletacji zamówień oraz weryfikacja stanów magazynowych. Dzięki współpracy z bazą danych system na bieżąco pozyskuje informacje o planowanych, a także realizowanych w rzeczywistości przyjęciach towaru. Dodatkowo z wykorzystaniem bazy danych

zostają zintegrowane z systemem WMS informacje o planowanych i przyjętych do realizacji potrzebach klientów w zakresie wydań towarów (9) – moduł handlowy.

Potrzeby składowania towarów oraz jego kompletacji wymuszają konieczność przemieszczania towarów wewnątrz magazynu. Realizowana na bieżąco analiza potrzeb wraz z zaprogramowaną wewnątrz systemu WMS topologią i strukturą magazynu i nałożoną na te działania aktualną informacją pozyskaną z bazy danych, pozwalają modułom wyboru strategii składowania (4) oraz wyznaczania optymalnej ścieżki (11) realizować niezbędne działania i czynności w sposób optymalny wedle zadanych kryteriów.

Moduł wyboru strategii składowania (4) dokonuje selekcji bieżącej reguły składowania (alokacji miejsca do przyjmowanego towaru) i jest elementem doradczym, który na podstawie aktualnych danych i prognoz (możliwość doboru algorytmu składowania) ustala najlepsze położenie towaru w strefie składowania. Efektywność funkcjonowania magazynu zależy nie tylko od jego układu i parametrów fizycznych, wykorzystywanego sprzętu i technologii informatycznych, ale także od sposobu rozmieszczenia produktów. Klasyfikacja asortymentu umożliwia podział produktów na grupy i w konsekwencji rozmieszczenie ich w przestrzeni magazynowej w taki sposób, aby usprawnić organizację pracy, m.in. skrócić drogę kompletacji, zwiększyć dokładność kompletacji, zmniejszyć pracochłonność operacji, zmniejszyć pracę przewozową środków transportu. Wszystko to wpływa m.in. na skrócenie czasu kompletacji oraz zmniejszenie wykorzystania sprzętu i energii, co w konsekwencji zwiększa efektywność funkcjonowania magazynu i podnosi jakość świadczonej usługi. Czas przemieszczania towarów ma największy, ok. 50% udział w czasie kompletacji. Jak wykazano w wielu badaniach, zastosowanie nawet najprostszych metod klasyfikacji do rozlokowania towarów w przestrzeni magazynowej może spowodować jego skrócenie. Praca z modułem będzie polegała na wyborze sposobu klasyfikacji towarów (ABC, XYZ, ABC/XYZ, COI, EQI, ABC-FC, AHP, klasyfikacji z wykorzystaniem sieci neuronowych i algorytmów genetycznych) i przydzielenie odpowiedniego miejsca w zależności od aktualnej sytuacji w strefie składowania i strefie pickingowej/kompletacji.

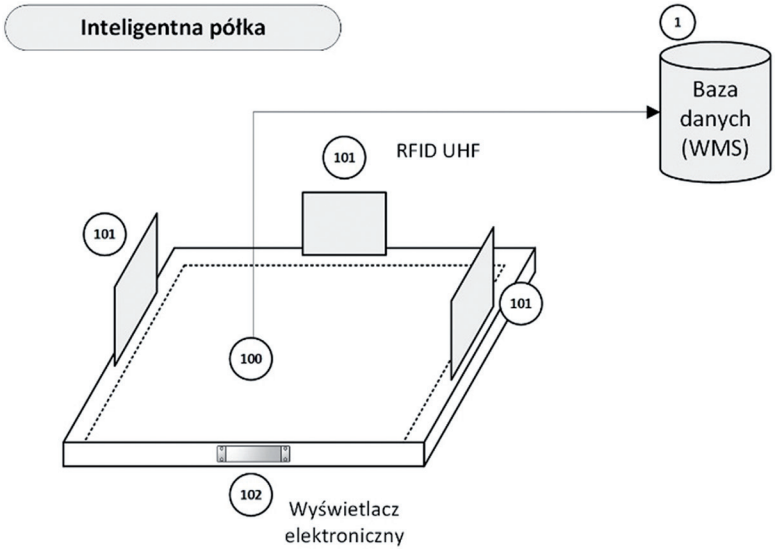
Zadaniem modułu wyznaczania optymalnej ścieżki (11) jest określenie najlepszych dróg zbiórki dla operatorów realizujących zlecenia kompletacyjne. Istotnym i praktycznym problemem jest wyznaczenie takich rozwiązań w czasie rzeczywistym. Zagadnienie wyznaczania ścieżek operatora (Picker Routing Problem) jest złożonym zadaniem kombinatorycznym i stanowi szczególny przypadek problemu komiwojażera (TSP). Tradycyjne sposoby i algorytmy wyznaczania optymalnych ścieżek ze względu na złożoność problemu (tzw. problem NP-trudny), mają ograniczone możliwości użycia w rozwiązaniach czasu rzeczywistego. W proponowanym sposobie, planuje się zastosowanie rozwiązań sprzętowych do wyznaczania ścieżek zbiórek (np. wykorzystanie procesorów GPU zamiast CPU, mających kilkukrotnie wyższą wydajność przy obliczeniach na dużych zbiorach danych).

Aby wyznaczone przez zaimplementowane algorytmy sposoby działania były możliwe do realizacji, należy uzupełnić „wiedzę systemu" o aktualny stan parku maszynowego (awarie urządzeń, planowane remonty itd.) oraz o stan dostępności zasobów ludzkich (absencje chorobowe, urlopy, kwalifikacje pracowników itp.). Tego typu dane pozyskiwane np. z modułu prognozowania stanu gotowości

parku maszynowego (7) uzupełniają bazę danych. Na podstawie zawartych w niej informacji oraz planowanych do zastosowania w systemie algorytmów wykorzystujących metody sztucznej inteligencji (m.in. sztuczne sieci neuronowe, logikę rozmytą, algorytmy genetyczne i inne) możliwa będzie koordynacja pracy magazynu, uwzględniająca zarówno nieoczekiwane zdarzenia zachodzące w otoczeniu zewnętrznym przedsiębiorstwa (opóźnienia w realizacji dostaw, dostawy realizowane zbyt wcześnie, nieplanowane fluktuacje po stronie popytowej), jak i działań wewnątrz jednostki. Moduł ten zostanie wykorzystany w procesie planowania sposobu użytkowania wózków widłowych (5). Sterowanie pracą wózka może odbywać się w sposób półautomatyczny. Wielkością sterowaną będzie prędkość jazdy wózka. Algorytm sterujący prędkością jazdy wózka (np. wykorzystujący zbiory rozmyte, umożliwiające wykorzystanie danych lingwistycznych i uwzględnienie niepewności) powinien działać w taki sposób, aby zminimalizować jego zużycie eksploatacyjne. Opracowany algorytm będzie stanowił system ekspertowy, którego implementacja sprzętowa może stanowić układ sterowania pracą wózków magazynowych. Zadaniem operatora wózka będzie utrzymywanie toru jego jazdy, a system automatycznie będzie dostosowywał prędkość do aktualnych potrzeb. Mogą być one zależne np. od ciężaru transportowanego produktu, dopuszczalnych przyspieszeń i opóźnień, które będą definiowane indywidualnie dla produktu oraz odległości i sposobu pokonania jej przez wózek. Każdy z poruszających się wózków będzie wyposażony w nadajnik radiowy (swego rodzaju system agentowy), który będzie komunikował się z innymi wózkami znajdującymi się w bliskiej okolicy oraz infrastrukturą magazynu. Algorytm sterowania prędkości wózków będzie miał za zadanie, w przypadku zbliżania się do siebie pojazdów na skrzyżowaniach, tak sterować ich prędkościami, aby umożliwić swobodne, bezkolizyjne pokonanie skrzyżowań z jednoczesną minimalizacją strat energii wynikającą z potrzeby hamowania i ewentualnego zatrzymania wózka. Jednym z nadrzędnych celów algorytmu sterowania prędkością będzie minimalizacja strat energii oraz wydłużenie czasu eksploatacji wózka poprzez jego racjonalne wykorzystanie. Innym obszarem, w którym zastosowane zostaną metody oceny parametrów eksploatacyjnych obiektów będzie moduł nadzoru pracy regałów przesuwnych (8). Ich zastosowanie pozwala efektywniej wykorzystać dostępną powierzchnię magazynową, dzięki eliminacji zbędnych korytarzy dostępowych. Na podstawie informacji o obciążeniach regałów oraz ich intensywności użytkowania w ruchu, opracowany zostanie algorytm pozwalający na planowanie racjonalnej polityki remontowej, zgodnie z koncepcją proaktywnego utrzymania ruchu (maksymalizacja niezawodności eksploatacyjnej).

Istotną z punktu widzenia obsługi zleceń jest strefa pickingowa/kompletacji. W celu zapewnienia ciągłości procesu kompletacji, towary powinny znajdować się w regałach w odpowiednim czasie, tak żeby zminimalizować oczekiwanie na ich dostarczenie ze strefy regałów przesuwnych. W tym celu w rozwiązaniu proponuje się wykorzystanie „inteligentnych" półek magazynowych (rysunek 2).

Rysunek 2. Koncepcja „inteligentnej" półki magazynowej



Źródło: opracowanie własne.

Proponowane rozwiązanie – inteligentne półki znajdują się w regałach strefy pickingowej i wyposażone są w adresowane, za pomocą protokołów sieciowych anteny (101), rozpoznające towar oznaczony tagami RFID oraz wyświetlacze elektroniczne (102), a także półki jako urządzenia podłączone do sieci (*Internet rzeczy* – IoT). Adresowalność półki związana jest ze strukturą magazynu (alejka, rząd, poziom), adres półki oznacza jej identyfikator zarówno sieciowy, jak i identyfikator miejsca w magazynie. Dzięki takiemu rozwiązaniu otrzymujemy wiarygodną informację o miejscu składowania towaru, o pomyłce w przypadku odłożenia towaru na niewłaściwy regał lub o braku towaru na półce. Identyfikator radiowy ma możliwość (ograniczonego zasięgiem) kontaktu z wózkiem, dzięki czemu łatwo można zlokalizować poszukiwany towar w magazynie według wcześniej przygotowanej listy kompletacyjnej. Prosty system wizyjny w postaci lampek pozwalałby na wizualizację miejsca odbioru towaru. W przypadku elementów pakowanych pojedynczo tego typu rozwiązanie przekazywałoby informacje o aktualnej ilości dostępnych elementów, gdyż każdy towar (a nie grupa towarów) w standardzie EPC posiada swój unikatowy numer nadany np. przez producenta.

Anteny umieszczone w półkach będą wymagać zasilania. Ze względów energetycznych nie będzie ono realizowane w sposób ciągły. Planuje się wykorzystanie okablowania strukturalnego, pozwalającego na jednoczesne przesyłanie sygnałów informacyjnych, jak i zasilania do anteny. Adres anteny – półki pozwala dostarczyć zasilanie i „odpytanie" konkretnej półki o jej stan. Zasilanie będzie realizowane z wykorzystaniem znanych z obszaru tzw. inteligentnych budynków protokołów wykorzystujących standard KNX/EIB [https://knxstandard.pl/], który pozwala dostarczyć zasilanie do konkretnego adresowanego gniazdka sieciowego z jednoczesnym przesyłem danych

z wykorzystaniem tego samego okablowania. Możliwe do realizacji są warianty, gdzie zasilamy i „odpytujemy" całe regały w alejce, konkretne poziomy w regale lub rzędy itd.

Ważnym obszarem magazynu, który powinien być wyposażony w tego typu systemy informacyjne, jest obszar zwrotów. Zastosowanie w nim tagów RFID z możliwością zapisu danych, pozwala na umieszczenie różnych dodatkowych informacji np. o dacie zwrotu, przyczynie zwrotu, czy też stanie produktu (uszkodzony, lekko uszkodzony itp.). Tego typu dane można powiązać z produktem, naklejając na niego tzw. etykietę typu smart label, w pamięci której można zapisywać informacje oraz dokonywać ich korekt. Informacje zawarte w etykiecie będą sczytywane przez anteny systemu RFID oraz przekazywane do oprogramowania klasy WMS. Obszary zbiórki czy też pojemniki magazynowe będą miały na bieżąco informacje o elementach w nich przechowywanych, o pobraniach, jak i uzupełnianiach pojemnika, obszaru. Aktualny stan może być zapisywany wielokrotnie w tagu RFID (tag jako pendrive z odczytem pamięci drogą radiową).

Podsumowanie

W pracy zaproponowano koncepcję rozbudowy standardowych systemów zarządzania magazynem klasy WMS o elementy cyberfizycznego systemu łączącego różne technologie i metody analizy danych pochodzących z heterogenicznych źródeł.

Do najważniejszych korzyści zaproponowanych rozwiązań można zaliczyć:

- zwiększenie dokładności identyfikacji obiektów, zabezpieczenie tradycyjnych metod identyfikacji (kody kreskowe liniowe i 2D, RFID) przez wykorzystanie systemów widzenia komputerowego,
- możliwość stosowania narzędzi optymalizacji aktualnych procesów – system wizyjny umożliwi nagrywanie i automatyczne śledzenie obiektów i zachodzących w procesach zdarzeń, dzięki temu użytkownik otrzyma gotową bazę danych do mierzenia wydajności efektywności itp.; badania takie i optymalizację można będzie realizować zdalnie,
- zwiększenie bezpieczeństwa oraz sposobów wykrywania i likwidacji fraudów w procesach magazynowych i produkcyjnych – możliwość odtworzenia ścieżek kompletacji oraz automatycznego informowania o wykrytych nieprawidłowościach,
- efektywny sposób rozwiązania problemu reklamacji – poprzez prześledzenie wykonywanych operacji,
- możliwość realizacji szkoleń operatorów/użytkowników z wykorzystaniem interfejsów wizyjnych lub/i urządzeń AR,
- analiza danych w czasie rzeczywistym i ich bieżąca interpretacja przez zaimplementowane algorytmy uczenia maszynowego, natychmiastowy dostęp wszystkich uprawnionych użytkowników bez względu na wykorzystywane urządzenia.

Bibliografia

Coelho F., Relvas S., Barbosa-Povoa A.P. (2018), *Simulation of an Order Picking System in a Manufacturing Supermarket Using Collaborative Robots* [w:] L. Nolle A., Burger Ch., Tholen i in. (red.), *ECMS 2018 Proceedings of 32nd European Conference on Modelling and Simulation*, Wilhelmshaven, ss. 1–6.

Ershadi N.Y., Menéndez J.M. (2017), *Vehicle Tracking and Counting System in Dusty Weather with Vibrating Camera Conditions*, „Journal of Sensors", ss. 1–9 [online], https://doi.org/10.1155/2017/3812301, dostęp: 15.01.2020.

Hansen D., Nasrollahi K., Rasmusen C.B. i in. (2017), *Real-time barcode detection and classification using deep learning*, Proceedings of the 9th International Joint Conference on Computational Intelligence, SCITEPRESS Digital Library, vol. 1, ss. 321–327, https://www.scitepress.org/Papers/2017/65082/65082.pdf, dostęp: 15.01.2020.

Hompel M., Schmidt T. (2007), *Warehouse Management. Automation and Organisation of Warehouse and Order Picking Systems*, Springer, Berlin.

KNX/EIB [online], https://knxstandard.pl/, dostęp 10.08.2018.

Lee C.K.M., Lv Y., Ng K.K.H. i in. (2018), *Design and application of Internet of things-based warehouse management system for smart logistics*, „International Journal of Production Research", vol. 56(8), ss. 2753–2768 [online], https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1394592, dostęp: 15.01.2020.

Ludwig T.D., Goomas D.T. (2009), *Real-time performance monitoring, goal setting, and feedback for forklift drivers in a distribution centre*, „Journal of Occupational and Organizational Psychology", vol. 82, ss. 391–403.

Mao J., Xing H., Zhang X. (2018), *Design of Intelligent Warehouse Management System*, „Wireless Personal Communications", vol. 102(2), ss. 1355–1367.

Nguyen T., Zhou L., Spiegler V. i in. (2018), *Big data analytics in supply chain management: A state-of-the-art literature review*, „Computers & Operations Research", vol. 98, ss. 254–264.

Rafajłowicz E., Rafajłowicz W. (2010), *Wstęp do przetwarzania obrazów przemysłowych, e-skrypt*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej [online], http://www.dbc.wroc.pl/Content/12233/Rafajlowicz_Wstep_do_przetwarzania.pdf, dostęp: 12.09.2018.

Reif R., Walch D. (2008), *Augmented & virtual reality applications in the field of logistics*, „The Visual Computer", vol. 24(11), ss. 987–994.

Richards G. (2014), *Warehouse Management: A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse*, Kogan Page, London.

Saniuk S., Saniuk A. (2017), *Analiza sytuacji polskich przedsiębiorstw w sieciach przemysłowych w dobie Industry 4.0*, „Management Sciences", no. 2(31), ss. 12–17.

Taliaferro A., Guenette C.-A., Ankit Agarwal M.P. (2016), *Industry 4.0 and Distribution Centers: Transforming Distribution Operations Through Innovation*, Deloitte University Press, Brazil [online], https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/3294_industry-4-0-distribution-centers/DUP_Industry-4-0-distribution-centers.pdf, dostęp: 05.09.2018.

Zhong R., Xu X., Klotz E. i in. (2017), *Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review*, „Engineering", vol. 3(5), ss. 616–630.

Ewa Ferensztajn-Galardos
Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. K. Pułaskiego w Radomiu,
Wydział Transportu i Elektrotechniki, Zakład Logistyki i Marketingu
e.ferensztajn@uthrad.pl

Renata Repeć
Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. K. Pułaskiego w Radomiu,
Wydział Transportu i Elektrotechniki
r.repec@uthrad.pl

Funkcjonowanie systemów transportowych na przykładzie miasta Zamość

Functioning of Transport Systems on the Example of the City of Zamość

Abstract: Public transport is a specific creation that would not function properly without proper organization and management. When considering the urban transport system, it should be noted that public transport in the city of Zamość does not fully fulfill its tasks. The analysis of empirical research was aimed at a closer look at the problem of the length of kilometers traveled by public transport buses as well as the number of transported passengers. The results of empirical research have shown that in shaping the best route of public transport buses one should focus on the conditions offered by the linear infrastructure and the number of transported passengers. It also turned out that the public transport fleet did not always meet the expectations of travelers, but each bus carried quite a large number of passengers, covering long distances. One should only expect an increase in new and environmentally friendly public buses, and hence an increase in the number of passengers transported.
Key words: urban transport system, public transport, passenger transport, vehicle kilometers, public transport buses, system transport

Wstęp

Problem prawidłowego funkcjonowania miejskich systemów transportowych dotyczy praktycznie każdego miasta zarówno w Polsce, jak i na świecie. Każdy ośrodek zurbanizowany powinien zapewniać sprawną mobilność mieszkańców poprzez tworzenie dostępności komunikacyjnej w celu szybkiego przemieszczania się zgodnie z zaspokajaniem potrzeb przewozowych.

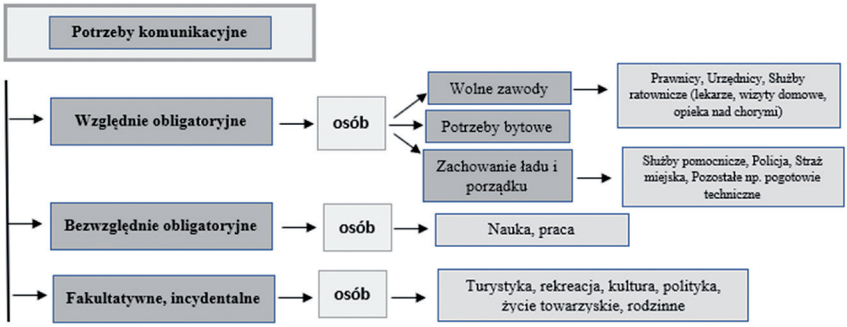
Współczesne miasta stają się ośrodkami życia gospodarczego, kulturalnego, towarzyskiego. Pełniąc różnorodne funkcje usługowe, handlowe, oświatowe, zaspokajają potrzeby mieszkańców oraz ludności napływowej. Funkcjonowanie miast, szczególnie dużych i rozległych obszarowo, jest procesem skomplikowanym i wymagającym koordynacji działań władz, których celem jest m.in. zapewnienie swobodnego i bezpiecznego ruchu na jego terenie. Przy rosnącej liczbie mieszkańców aglomeracji, a co się z tym wiąże rosnącej liczbie samochodów osobowych, celem nadrzędnym staje się zapewnienie płynności ruchu ulicznego oraz odpowiedniego stanu infrastruktury transportu miejskiego, która obejmuje drogi, zatoczki autobusowe, przystanki, a przede wszystkim rozbudowane parkingi, mogące pomieścić jak największą liczbę samochodów osobowych. Rozwiązaniem staje się komunikacja zbiorowa, będąca odpowiedzią na potrzeby komunikacyjne zgłaszane przez mieszkańców. Transport publiczny umożliwia przemieszczanie się ludności na terenie miasta, a także w strefie podmiejskiej, na trasach wyznaczonych przez przewoźnika, za odpowiednią odpłatnością i przy zachowaniu zasad zawartych w regulaminie przewozu osób i rzeczy odpowiednio dla każdego przedsiębiorstwa komunikacyjnego [Ferensztajn-Galardos, Grad, Krajewska 2009].

Potrzeby komunikacyjne stanowią jeden z rodzajów potrzeb miasta. To istotny motyw funkcjonowania osady miejskiej oraz, co bardziej istotne, mieszkańców miasta. Niemal wszystkie dziedziny działalności miejskiej, a więc procesy produkcyjne, zaopatrzeniowe, oświatowe, rekreacyjne, gospodarowanie i wiele innych potrzebują swoistego systemu transportowego, który zapewniłby elastyczne i sprawne przemieszczanie się osób w ramach aglomeracji miejskiej, jak i strefy podmiejskiej. Od wielkości miasta oraz stopnia jego rozwoju zależy wielkość sieci komunikacji miejskiej oraz intensywność jej funkcjonowania. Potrzeby transportowe, wynikające bezpośrednio z działalności człowieka, są uważane za tradycyjne, najwcześniejsze historycznie źródło występowania tych potrzeb. Źródło potrzeb tej grupy wynika z:

- przestrzennego rozmieszczenia bogactw i zasobów naturalnych;
- przestrzennej lokalizacji produkcji materialnej, koncentracji produkcji przemysłowej lub jej rozproszenia, itp.;
- kooperacji i specjalizacji produkcji;
- przestrzennego rozmieszczenia osadnictwa i aktywności zawodowej społeczeństwa, która powoduje konieczność dojazdów do pracy.

Podział potrzeb komunikacyjnych miasta przedstawiony został w układzie graficznym na rysunku 1.

Rysunek 1. Potrzeby komunikacyjne w miastach



Źródło: opracowanie własne na podstawie: Tundys 2008, s. 123.

Organizacja transportu zbiorowego na terenie miasta jest procesem wymagającym dostosowania do uregulowań zawartych w ustawach, co gwarantować ma bezpieczeństwo podróżnych oraz przestrzeganie obowiązków i praw każdej ze stron uczestniczącej w przewozie środkiem transportu zbiorowego.

Miasto jest skupiskiem ludności, które charakteryzuje się wewnętrznym ładem, funkcjonując w określonych ramach prawnych i społecznych. Miasto to ponadto rodzaj osiedla, którego cechami są [Szołtysek 2007, s. 15]:

- odpowiednia liczba ludności (kryterium demograficzne);
- zróżnicowana struktura funkcji, wykazująca przewagę funkcji pozarolniczych (kryterium funkcjonalne);
- odpowiadające strukturze funkcji i liczbie mieszkańców forma i struktura zagospodarowania, wyróżniające się odpowiednią zawartością (kryterium przestrzenne);
- specyficzny tryb życia mieszkańców (kryterium socjologiczne).

Celem rozdziału jest przedstawienie miejskiego systemu transportowego w odniesieniu do potrzeb transportowych ludności, która zgłaszając popyt na usługi transportowe, generuje ich podaż, jak również w kontekście kwestii organizacyno-zarządczych w transporcie zbiorowym. W części teoretycznej zaprezentowano system transportowy ośrodka zurbanizowanego, jako aspekt kształtowania się miejskich sieci komunikacyjnych. W części tej wskazano etapy procesu planowania strategicznego w transporcie publicznym, odnoszące się do problematyki planowania linii w ramach systemu transportowego. Część empiryczna pracy zawiera zestawienie danych odnoszących się do liczby pokonanych przez autobusy kilometrów, jak również liczby przewiezionych pasażerów w wybranych latach i miesiącach.

Rozważania oparto na dostępnych źródłach literatury w zakresie organizacji przepływu osób w miastach. W opracowaniu wykorzystano materiały źródłowe oraz własne doświadczenia eksperckie Autorek w zakresie modelowania rozwiązań organizacyjno-zarządczych w komunikacji miejskiej w Zamościu.

System transportowy w ujęciu teoretycznym

W problematyce naukowo-badawczej w zakresie systemu transportowego, mającego na celu zaspokajanie potrzeb przewozowych, funkcjonuje szereg definicji i pojęć. W literaturze można znaleźć wiele definicji systemu transportowego, sformułowanych dla indywidualnych celów naukowo-badawczych ich autorów.

System transportowy definiuje się jako układ elementów składowych i relacji stałych pomiędzy tymi elementami oraz relacji dynamicznych przekształceń czynników wejścia do systemu, w którym realizowane są procesy transportowe według przyjętego zbioru kryteriów ilościowych i jakościowych [Chwesiuk 2009, ss. 45–46]. Chwesiuk przytacza również inną definicję systemu transportowego, w której punktem ciężkości są zarówno czynniki produkcji zaangażowane w jego realizację, jak i cel projektowania i eksploatacji takiego systemu: „system transportowy stanowi celowo zaprojektowany i zorganizowany układ materialny, ludzki, energetyczny, informacyjny i finansowy eksploatowany przez człowieka i służący produkcji usług transportowych w celu zaspokajania potrzeb transportowych".

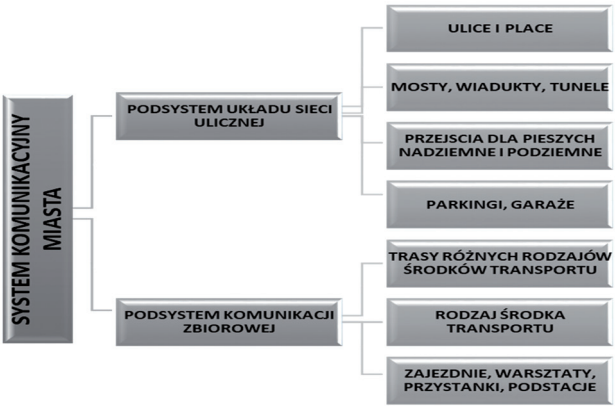
Jednym z podejść do systemu transportowego jest rozumienie go jako całokształtu zagadnień technicznych, ekonomicznych, organizacyjnych i prawnych, które występują w procesie współdziałania poszczególnych rodzajów transportu oraz określają charakter głównych zależności i związków pomiędzy transportem a innymi dziedzinami gospodarki narodowej [Liberadzki, Mindur 2007, ss. 44–47].

Sam system transportowy to kompleksowy złożony proces uwarunkowań technicznych, ekonomicznych czy organizacyjnych, który współdziała z poszczególnymi gałęziami transportu, a także kooperuje z innymi dziedzinami gospodarki [Kurowski 2017, ss. 98–99; Matczak 2015, s. 101; Brdulak 2016, s. 52]. System transportowy, jako jeden z elementów ogólnego systemu społeczno-ekonomicznego, jest systemem o specyficznych cechach i powiązaniach. Przejawiają się one w [Dziadek 1991, ss. 44–45]:

- odrębności roli i funkcji transportu w społecznym procesie produkcji;
- odmiennym od występujących w innych dziedzinach procesie technologicznym i zróżnicowanej formie oddziaływania na przedmiot pracy;
- typowych dla transportu środków pracy.

Definicję systemu transportowego, który dotyczy komunikacji miejskiej, przybliżyła C. Rozkwitalska [1982, s. 5]. Zdaniem autorki system ten tworzą „dwa wyraźnie wyodrębniające się i wzajemnie uzupełniające podsystemy sieci ulicznej i komunikacji zborowej. Każdy z nich składa się z zespołu urządzeń, które pełnią różne funkcje". System transportowy aglomeracji miejskiej jest pojęciem często stosowanym, jednak każda definicja ogranicza się do wyliczenia elementów wchodzących w skład tego systemu. Według A. Zalewskiego [1982, s. 18], przez system transportowy miasta „należy rozumieć zbiór urządzeń służących przemieszczaniu osób i towarów w mieście oraz celowo ukształtowanych relacji między nimi zarówno z punktu widzenia ich własności, jak i wymagań polityki transportowej".

Rysunek 2. System komunikacyjny i jego urządzenia



Źródło: opracowanie własne na podstawie: Rozkwitalska 1982, ss. 105–106.

Ponadto w literaturze przedmiotu można odnaleźć definicję S. Suchorzewskiego [1971, s. 13] i A. Zalewskiego [1982, s. 17], w której „System komunikacyjny to zbiór materialnych urządzeń służących przemieszczeniom osób i towarów wraz z występującym sposobem organizacji ruchu i dyspozycji działania. Układ komunikacyjny to element systemu komunikacyjnego odpowiadający pierwszej części pojęcia systemu tj., zbiór wszystkich urządzeń (środków transportu, trasy przejazdu, obiekty i urządzenia zaplecza, obiekty obsługi podróżnych itp.) służących przemieszczaniu osób i towarów". W tak przedstawionej definicji należy odróżnić od siebie dwa pojęcia – układ i system. Odnosząc się do układu, obok elementów powiązanych ze sobą przyczynowo, można spotkać się z elementami przypadkowymi, zaś w systemach elementy powiązane są ze sobą w sposób przyczynowy i logiczny.

Reasumując, w przytoczonych definicjach sytemu transportowego podstawowym elementem jego funkcjonowania jest realizowany w jego ramach proces transportowy. Proces ten, w odniesieniu zarówno do kryteriów ilościowych, jak i jakościowych, ma przede wszystkim za zadanie w maksymalnym stopniu zrealizować zadanie wynikające z potrzeb transportowych (przewozowych).

Problem odpowiedniego zdefiniowania linii w ramach systemu transportowego – transportu publicznego uwzględniającego różne środki transportu (autobus, pociąg, tramwaj lub metro), jest ważny i prowadzi do opracowania wielu metod i modeli planowani linii. Uwzględniając rosnące zapotrzebowanie na mobilność, sprawną organizację transportu publicznego (komunikacji miejskiej), transport staje się coraz bardziej istotny, czego odzwierciedlenie stanowi kwestia natężenia ruchu i związane z nim koszty kongestii. Celem procesu optymalizacji jest z jednej strony wysoka jakość usług oferowanych pasażerom, z drugiej zaś minimalizacja kosztów związanych z uruchomieniem i funkcjonowaniem systemu transportowego [Cancela, Mauttone, Urquhart 2015, ss. 17–18].

Istotnym elementem systemu transportowego analizowanego w kontekście komunikacji zbiorowej jest problem planowania linii, który polega na znalezieniu nie tylko samej

linii, ale również określeniu odpowiadającej jej częstotliwości w sieci transportowej, w taki sposób aby odbywająca się podróż zaspokajała w pełni zgłaszany przez użytkowników transportu zbiorowego popyt [Schöbel 2017, s. 3478]. Jeden z modeli planowania linii, uwzględniający z jednej strony cele firm transportowych – tj. minimalizację kosztów, z drugiej – cele pasażerów, tj. minimalizację czasu podróży, został przedstawiony na przykładzie miasta Poczdam [Borndörfer, Grötschel, Pfetsch 2007, ss. 123–132].

Proces planowania strategicznego w transporcie publicznym uwzględnia odpowiednio kolejno następujące po sobie etapy, takie jak [Schöbel 2012, s. 492]:

- infrastruktura;
- linie i częstotliwości;
- rozkład jazdy;
- trasy i rozkłady pojazdów;
- harmonogram załogi.

System transportowy miasta powinien uwzględniać odpowiednie ujęcie ruchu miejskiego i służyć jak najlepszej obsłudze mieszkańców miasta. Kształt sieci arterii miejskich, poza od dawna uznawanym celem tworzenia najkrótszych dróg, powinien obecnie umożliwić mieszkańcom uzyskanie maksimum oszczędności czasu na podróż. Planowanie zaś tras komunikacyjnych w mieście powinno się opierać m.in. na sprawdzaniu dla poszczególnych wariantów rozwiązań wskaźników, pozwalających ilościowo ująć zasadnicze wielkości, ilustrujące pracę komunikacji miejskiej.

Podstawą do racjonalnego opracowania planu sieci komunikacji miejskiej jest plan miasta, uwzględniający układ topograficzny i demograficzny, sieć uliczną, natężenie ruchu oraz potoki ruchu. Ponadto istotne znaczenie mają również takie czynniki, jak:

- wielkość potoku pasażerskiego w czasie;
- pora jego maksymalnej wartości w ciągu dnia;
- pora jego wielkości zmiennej w ciągu dni, tygodni, miesięcy;
- kierunek ruchu w godzinach rannych i popołudniowych;
- powiązania z terenami zamiejskimi;
- częstotliwość i pora ruchów rekreacyjnych (wypoczynkowych);
- badania izochronowe (czasu zużytego na podróż);
- częstotliwość i pora ruchów kulturalnych;
- częstotliwość i pora ruchów w celach bytowych.

Model zaproponowany przez Borndörfera, Grötschela i Pfetscha oparty jest na dwóch aspektach – swobodzie ścieżek wybieranych przez pasażerów przy jednoczesnym dynamicznym generowaniu linii [Borndörfer, Grötschel, Pfetscha 2004, s. 125]. Wszystkie etapy planowania strategicznego oparte są w tym modelu na macierzy i uwzględniają liczbę pasażerów, którzy chcą podróżować z jednego punktu w sieci do innego punktu w ustalonym horyzoncie czasowym. Takie dane mają pewne braki, mogą być wysoce zagregowane, zależą bądź też nie od poziomu usługi lub ceny. Na podstawie tych danych o zapotrzebowaniu, w pierwszym kroku planowania strategicznego projektuje się sieć w ramach systemu transportowego – podejmowane są decyzje o wyborze tras (ulic), uwzględnia się rozszerzenia istniejących, historycznie rozwiniętych sieci; jak również tzw. „projekty od zera". Problem planowania linii (LPP) uwzględnia projektowanie tras linii i ich częstotliwości w danej sieci ulic lub torów, przy czym z każdym potencjałem

linii kojarzony jest pewien rodzaj transportu, taki jak tramwaj, pociąg lub wybrany typ autobusu, np. piętrowy autobus.W modelu tym istnieją dwa konkurencyjne cele: z jednej strony minimalizowanie dyskomfortu dla użytkownika, który jest zwykle mierzony przez całkowitą liczbę pasażerów podróżujących, czas lub liczbę przesiadek podczas jazdy lub jedno i drugie. Kolejnym krokiem w ramach planowania zgodnie z tym modelem jest doprecyzowanie częstotliwości danego planu liniowego – rozkładu jazdy, w celu zminimalizowania liczby niezbędnych pojazdów lub w celu zminimalizowania czasów przejazdu pasażerów. Ten harmonogram jest podstawą do kolejnych kroków planowania operacyjnego, takich jak pojazd, planowanie, planowanie załogi, dyżurowanie.

Problem planowania linii w ramach systemu funkcjonującego w miastach transportowego jest niezwykle istotny z punktu widzenia efektywności funkcjonowania komunikacji miejskiej. Z uwagi na różne ograniczenia, istnieje wiele różnych problemów związanych z planowaniem linii, co przekłada się na różnorodność sposobów modelowania kosztów koncepcji linii, jak również wiele możliwości oceny jakości systemu komunikacji przez pasażerów.

Cel, zakres i analiza danych empirycznych

Zamość jest miastem na prawach powiatu grodzkiego, samodzielnego, które posiada własną Radę oraz Prezydenta. Ośrodek zurbanizowany, jakim jest miasto Zamość, to jeden z ważniejszych ośrodków kulturalnych, edukacyjnych, turystycznych oraz komunikacyjnych województwa lubelskiego, jak również stolica gospodarcza, handlowa, naukowa i kulturalna regionu, określanego jako Zamojszczyzna. W tym ośrodku zlokalizowanych jest szereg delegatur administracji wojewódzkiej (delegatura Lubelskiego Urzędu Wojewódzkiego, Urzędu Marszałkowskiego, Sądu i Prokuratury), zamiejscowy wydział uczelni (Wydział Agrobioinżynierii w Zamościu Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie) oraz Kuria Diecezji Zamojsko-Lubaczowskiej. Miasto w ten sposób obejmuje obszar całego dawnego województwa zamojskiego oraz tereny sąsiednie, takie jak powiat chełmski (będący dawniej częścią województwa chełmskiego). Powiat zamojski ziemski wchodzi w skład województwa lubelskiego i graniczy z powiatami: chełmskim, krasnostawskim, biłgorajskim, hrubieszowskim i tomaszowskim. Powiat zamojski tworzą gminy: Krasnobród, Szczebrzeszyn, Zwierzyniec, Adamów, Grabowiec, Komarów-Osada, Łabunie, Miączyn, Nielisz, Radecznica, Sitno, Skierbieszów, Stary Zamość, Sułów, Zamość [Uchwała Rady Miasta Zamość nr XXXV/380/2013, 21.11.2013, s. 9; Repeć, Rogowski 2018, s. 1230].

Celem badań empirycznych była analiza danych odnosząca się do „pokonanych" kilometrów przez autobusy transportu zbiorowego (MZK Zamość) i średniej dobowej liczby przewiezionych pasażerów w wybranych latach oraz miesiącach. Dane zbiorcze zaczerpnięto bezpośrednio od przewoźnika – Miejskiego Zakładu Komunikacji Sp. z o.o. w Zamościu.

Komunikację regionalną i lokalną zapewnia Spółdzielnia Pracy Kierowców i Pracowników Samochodowych „Autonaprawa" oraz Przedsiębiorstwo Komunikacji Samochodowej Zamość sp. z o.o., natomiast obsługę pasażerów w transporcie publicznym na terenie miasta Zamość oraz przyległych gmin prowadzi Miejski Zakład Komunikacji sp. z o.o. w Zamościu [Repeć, Rogowski 2018, s. 1230]. W tej chwili sieć komunikacji miejskiej

obsługuje miasto Zamość oraz takie gminy wiejskie, jak: Nielisz, Sitno, Miączyn, Stary Zamość oraz Zamość. Tabor MZK Zamość obsługuje obecnie 54 miejscowości [Repeć, Rogowski 2018, s. 1233].

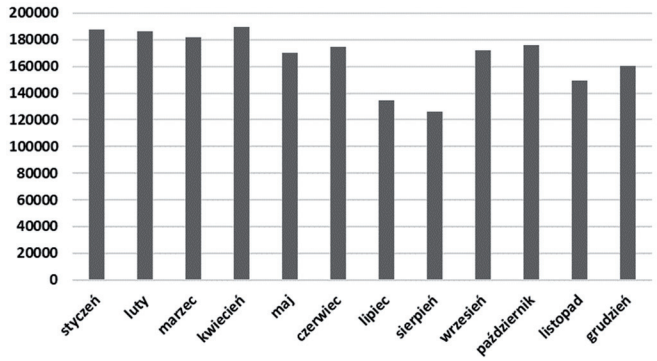
Tabela 1. Liczba przejechanych kilometrów przez autobusy MZK Zamość w latach 2007–2017

	wkm w 2007	wkm w 2008	wkm w 2009	wkm w 2010	wkm w 2011	wkm w 2012	wkm w 2013	wkm w 2014	wkm w 2015	wkm w 2016	wkm w 2017
styczeń	189 595	187 445	160 441	166 519	157 529	156 403	156 688	162 786	169 676	149 036	156 103
luty	167 092	186 458	151 029	152 224	153 482	153 818	143 665	158 422	158 404	143 978	149 766
marzec	190 523	181 665	168 549	174 873	174 174	168 793	152 104	172 171	180 411	159 339	169 123
kwiecień	174 889	189 622	159 693	162 872	157 914	156 610	155 487	169 102	170 238	154 587	145 986
maj	185 211	170 246	162 980	161 239	167 865	162 226	153 138	166 202	169 921	151 860	158 042
czerwiec	177 065	174 510	161 091	163 719	166 262	155 804	153 661	159 379	170 434	159 562	156 160
lipiec	144 409	134 613	134 907	130 445	129 241	129 001	125 975	128 801	128 704	116 212	114 636
sierpień	143 112	126 118	128 777	131 000	131 602	124 986	123 087	119 397	122 058	118 520	119 513
wrzesień	180 887	172 390	169 264	169 563	169 259	146 770	163 249	184 710	167 042	164 740	157 941
paź-dziernik	200 136	175 721	172 201	169 838	169 447	161 038	176 060	184 885	172 895	159 221	165 309
listopad	186 427	149 466	161 955	162 793	157 894	155 657	155 615	164954	160 401	153 844	159 416
grudzień	173 508	160 461	167 609	172 818	165 347	143 489	158 206	170 827	161 467	156 688	148 666
RAZEM	**2 112 854**	**2 008 715**	**1 898 496**	**1 917 903**	**1 900 016**	**1 814 595**	**1 816 935**	**1 941 636**	**1 931 651**	**1 787 587**	**1 800 661**

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MZK Zamość Sp. z o.o.

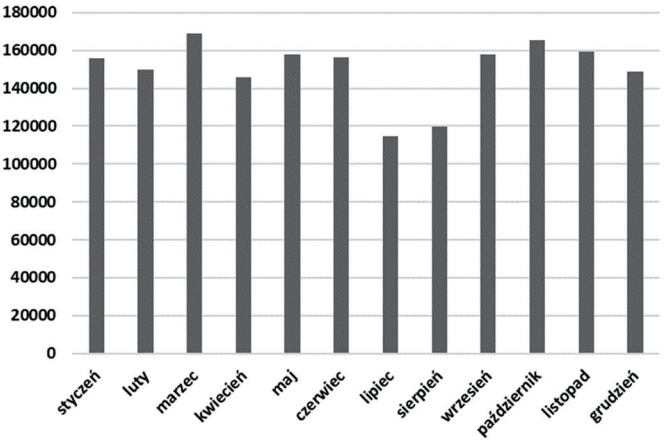
Analizując dane (tabela 1), odnoszące się do wozokilometrów zauważyć można, że środki transportu, jakimi dysponuje miejski przewoźnik w Zamościu, pokonują spore odległości. Miejska spółka posiada obecnie 43 autobusy [Repeć, Rogowski 2018, s. 1230]. Wiadomym jest, że każdy środek transportu się zużywa, dlatego MZK Zamość w 2017 roku ogłosił przetarg na nowe wozy [BIP MZK Zamość Sp. z o.o., 2017], gdyż prawie połowa taboru powinna zostać wymieniona. Należy wspomnieć, że w 2007 roku autobusy przejechały łącznie 2 112 854 km. Od tego roku malała liczba wozokilometrów i w roku 2017 było to już o prawie 313 tys. km mniej.

Rysunek 3. Miesięczne zestawienie liczby przejechanych kilometrów przez autobusy w 2007 roku



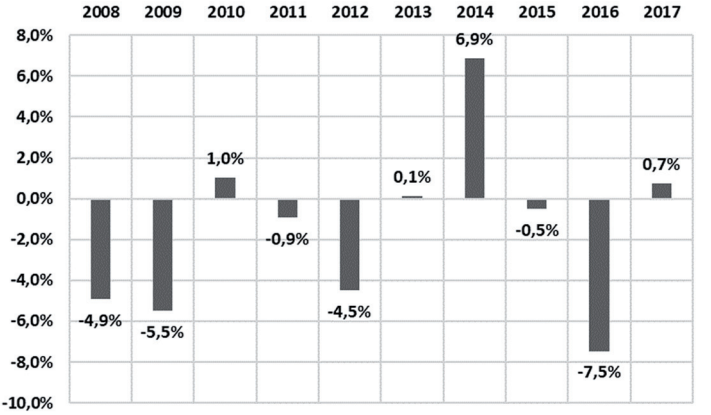
Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 4. Miesięczne zestawienie liczby przejechanych kilometrów przez autobusy w 2017 roku



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 5. Przyrost pokonanych kilometrów przez autobusy w latach 2007–2017, liczony rok do roku



Źródło: opracowanie własne.

Dużo kilometrów autobusy komunikacji miejskiej pokonały we wszystkich miesiącach roku 2007 (rysunek 3), np. w październiku autobusy przejechały ok. 201 tys. km. Dla porównania w roku 2017 było to zaledwie 165 309 przejechanych kilometrów. Największy spadek odnotowano w 2016 roku wynoszący 7,5%. W latach 2003–2004 autobusy komunikacji miejskiej pokonywały ok. 2,5 mln km, po przeprowadzonej optymalizacji sieci w październiku 2004 roku tabor pokonywał mniejsze odległości.

Dla zapewnienia prawidłowej oraz szybkiej obsługi mieszkańców, autobusy komunikacji miejskiej powinny jeździć według układu topograficznego miasta po jak najkrótszych trasach przejazdu każdej z obsługiwanych linii. Dlatego też MZK Zamość podejmuje już od dekady próby układania przebiegu tras linii komunikacyjnych tak, aby autobusy nie musiały pokonywać dużych odległości na trasach i w czasie różnych zmian brygadowych, a jednocześnie zaspokajały potrzeby przewozowe mieszkańców.

Tabela 2. Liczba przewiezionych pasażerów w latach 2007–2017

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
wg sprzedanych biletów	6 920 116	6 540 963	617 574 1	6 800 000	6 500 000	4 140 000	3 609 530	4 313 613	3 428 764	3 279 472	3 074 336
wg monitoringu autobusowego	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	1 779 605	b.d.	4 686 651	4 059 360	4 236 402

Źródło: opracowanie własne.

Z danych udostępnionych przez MZK Zamość Sp. z o.o. (tabela 2) wynika, że miejski przewoźnik przewiózł w 2017 roku wg sprzedanych biletów 3 074 336 osoby, jednak wg monitoringu autobusowego było to 4 236 402 pasażerów. Nasuwa się więc pytanie, skąd taka rozbieżność danych? Należałoby zaznaczyć, że różnica 1 162 066 wynika z liczy pasażerów jeżdżących na „gapę" oraz tych pasażerów, którzy korzystają z biletów jednorazowych. Jednak w 2015 roku przedsiębiorstwo przewiozło

ok. 4,7 mln pasażerów wg obserwacji monitoringowej, zaś wg sprzedanych biletów było to o ok. 3,4 mln przewiezionych pasażerów.

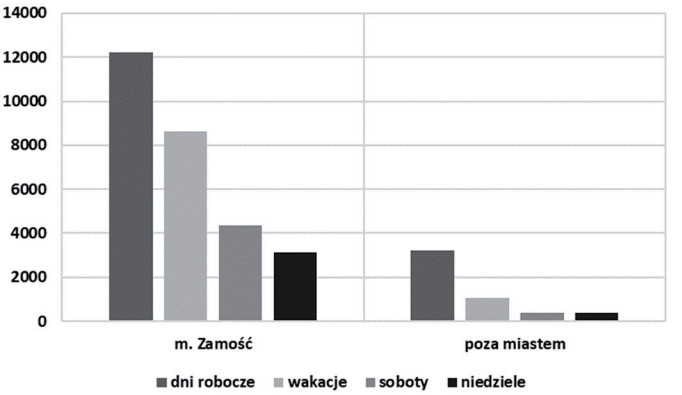
Zestawienia danych liczby przewiezionych pasażerów w miesiącach marzec–kwiecień (jak i lipiec–sierpień) 2016 oraz 2017 roku przedstawiają tabele 3–6 oraz rysunki 5–8.

Tabela 3. Zestawienie liczby przewiezionych pasażerów w mieście Zamość oraz poza miastem w miesiącach marzec–kwiecień oraz wakacje w 2016 roku

Marzec–kwiecień 2016	dni robocze	wakacje	soboty	niedziele
m. Zamość	12235	8622	4335	3138
poza miastem	3200	1065	401	369
RAZEM	**15435**	**9687**	**4736**	**3507**

Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 6. Porównanie liczby przewiezionych pasażerów w wybranych miesiącach marzec–kwiecień oraz wakacje w roku 2016



Źródło: opracowanie własne.

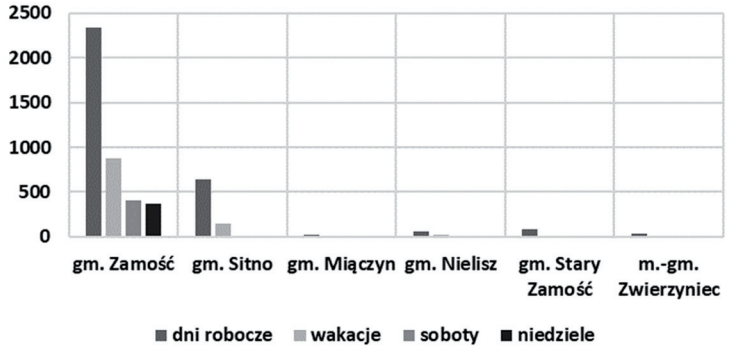
Autobusami komunikacji miejskiej w badanym okresie (marzec–kwiecień 2016) przewieziono łącznie w dni robocze na terenie miasta jak i poza nim 15 435 pasażerów. W czasie wakacji było to 9687 osób podróżujących, a w dni weekendowe, czyli sobota i niedziela łącznie przewieziono 8243 osoby – tabela 3. Jak widać na rysunku 6., pasażerowie jeżdżą najwięcej w dni powszednie, zarówno na terenie miasta, jak i poza nim. Z danych liczbowych wynika, że osoby podróżujące autobusami poza miasto w sobotę to ok. 9% pasażerów, a ok. 11% to osoby podróżujące w niedzielę.

Tabela 4. Liczba przewiezionych pasażerów w poszczególnych gminach w miesiącach marzec–kwiecień i w wakacje 2016 roku

	dni robocze	wakacje	soboty	niedziele
gm. Zamość	2343	882	401	369
gm. Sitno	641	144		
gm. Miączyn	28	7		
gm. Nielisz	66	27		
gm. Stary Zamość	86			
m.-gm. Zwierzyniec	36	5		

Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 7. Liczba przewiezionych pasażerów w poszczególnych gminach w miesiącach marzec–kwiecień i wakacje 2016 roku



Źródło: opracowanie własne.

Ze względu na porozumienia międzygminne, MZK Zamość Sp. z o.o. kursuje wybranymi liniami poza teren miejski. W szczególności do gminy Zamość, Sitno, Miączyn, Nielisz, Stary Zamość oraz gminy wiejsko-miejskiej Zwierzyniec. Odnosząc się do przewiezionych pasażerów w poszczególnych gminach, zauważyć należy, że najwięcej pasażerów podróżowało autobusami na terenie gminy Zamość tj. naliczono ponad 2,5 tys. przewiezionych pasażerów, na drugim miejscu uplasowała się gmina Sitno z 641 przewiezionych pasażerów (w dni powszednie).

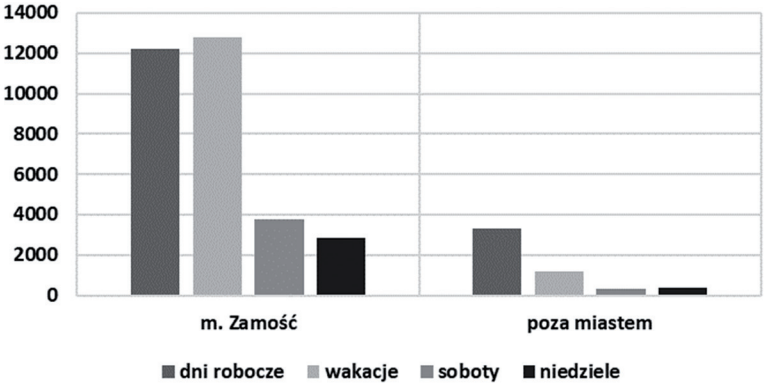
Tabela 5. Liczba przewiezionych pasażerów w miesiącach marzec–kwiecień i wakacje w roku 2017

marzec–kwiecień 2017	dni robocze	wakacje	soboty	niedziele
m. Zamość	12186	12791	3785	2825
poza miastem	3328	1171	336	348

marzec–kwiecień 2017	dni robocze	wakacje	soboty	niedziele
RAZEM	**15514**	**13962**	**4121**	**3173**

Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 8. Porównanie liczby przewiezionych pasażerów w wybranych miesiącach marzec–kwiecień i wakacje w roku 2017



Źródło: opracowanie własne.

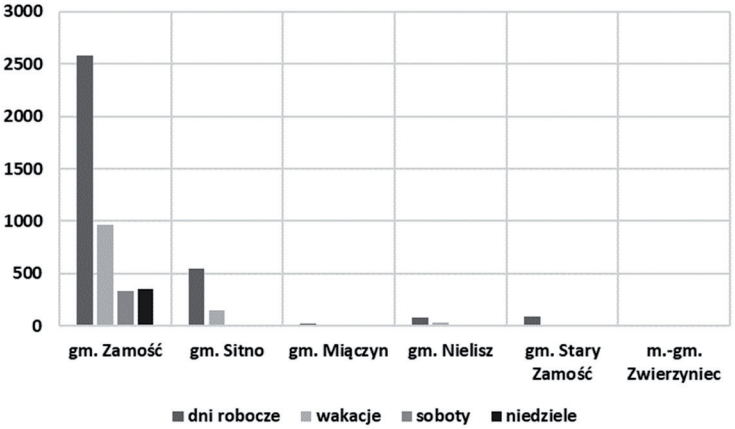
Rozpatrując przewozy pasażerów w miesiącu lipiec–sierpień 2017 dla miasta Zamość, zauważyć należy, że więcej osób podróżowało na terenie miasta w wakacje (91,61%) niż w dni powszednie. Uwarunkowane może to być tym, iż miasto Zamość jest dość popularnym ośrodkiem turystycznym, a co za tym idzie, więcej turystów wybrało podróż autobusami komunikacji miejskiej w celu lepszego poznania miejscowości. Odnosząc się jednak do przewozów osób poza miastem, warto podkreślić, że tendencja przemieszczania się mieszkańców ościennych gmin okazała się zróżnicowana. Mieszkańcy dość rzadko korzystali z przejazdów w dwóch badanych miesiącach w sobotę czy niedzielę, tj. naliczono tylko ok. 350 pasażerów jeżdżących poza granice miasta.

Tabela 6. Liczba przewiezionych pasażerów w poszczególnych gminach w miesiącach marzec–kwiecień i wakacje w 2017 roku

Marzec–kwiecień 2017	dni robocze	wakacje	soboty	niedziele
gm. Zamość	2583	966	336	348
gm. Sitno	550	151		
gm. Miączyn	22	13		
gm. Nielisz	81	34		
gm. Stary Zamość	92			
m.-gm. Zwierzyniec	0	7		

Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 9. Liczba przewiezionych pasażerów w poszczególnych gminach w miesiącach marzec–kwiecień i wakacje w 2017 roku



Źródło: opracowanie własne.

Analizując dane o przewozach (rysunek 9), można zaobserwować pewną okresowość w zakresie liczby pasażerów korzystających z usług przewoźnika obsługującego gminy wokółmiejskie. I tak jak w roku poprzednim i badanych miesiącach, liczba pasażerów korzystających z przewozu w poszczególnych gminach jest podobna. Chociaż należy zauważyć, że na terenie gminy Zwierzyniec nikt nie podróżował w dni powszednie – tylko w wakacje było to zaledwie 7 osób. Najwięcej pasażerów jeździło w obrębie gminy Zamość, w dni powszednie liczba pasażerów wynosiła 2583, zaś w wakacje nie dochodziła do 1 tysiąca.

Podsumowanie

Podsumowując, należy stwierdzić, że zarówno aspekt techniczny (pokonywanych kilometrów przez autobusy), jak i ekonomiczny (liczba przewiezionych pasażerów) transportu publicznego w mieście Zamość, ma i będzie miał w przyszłości szczególne znaczenie dla działań zmierzających do poprawy funkcjonowania mieszkańców pod względem ich mobilności oraz poprawy jakości świadczonej przez MZK Sp. z o.o. usługi przewozowej poprzez wymianę taboru na ekologiczny i nowoczesny.

Po przeanalizowaniu i usystematyzowaniu danych transportu publicznego w Zamościu i gminach przyległych do miasta, należy wyróżnić znaczące zmiany w ramach:

- sukcesywnej odnowy taboru, co zostało zapoczątkowane poprzez zakup autobusów klasy midi oraz maxi spełniających normę Euro V [Repeć, Rogowski 2018, s. 1230];
- czynnego współdziałania różnych organizacji oraz właściwej polityki transportowej sprzyjającej transportowi publicznemu w centrum miasta, lecz wymaga to stosowania aktywnych akcji promocyjnych oraz współdziałania wielu organizacji promujących „czysty" niskoemisyjny transport miejski;

- stworzenia uprzywilejowanego ruchu komunikacji miejskiej (np. wydzielenia pasów tylko dla autobusów);
- wytyczenia korytarzy komunikacyjnych, które będą zapewniały bezpośredni dostęp do centrum miasta itp.

Analizowane dane empiryczne pozwoliły wykazać, że mieszkańcy badanego obszaru chętnie korzystają z usług lokalnego przewoźnika, jakim jest MZK Sp. z o.o. Przedstawiony w rozdziale problem badawczy udawadnia, że w większości obszarów zurbanizowanych potrzebny jest zbiorowy transport miejski, zaś funkcjonowanie tego rodzaju transportu uzależnione jest od liczby przewiezionych pasażerów, jak i liczby pokonywanych kilometrów przez autobusy. Postawione w rozdziale cele zostały udowodnione.

Bibliografia

Biuletyn Informacji Publicznej MZK Zamość Sp. z o.o. [online], http://www.bip.mzk.zamosc.pl/news/0/3/przetargi.html, dostęp: 13.08.2018.

Borndörfer R., Grötschel M, Pfetsch M.F. (2004), *Models for Line Planning in Public Transport, Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin*, ZIB, ss. 1–19.

Borndörfer R., Grötschel M., Pfetsch M.F. (2007), *A Column-Generation Approach to Line Planning in Public Transport, Transportation Science*, Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin, Takustr. 7, 14195 Berlin, Germany, ss. 123–132.

Brdulak J. (red.) (2016), *Problemy programowania inwestycji infrastrukturalnych w transporcie*, ITS, Warszawa.

Cancela H., Mauttone A., Urquhart M.E. (2015), *Mathematical programming formulations for transit network design*, „Transportation Research", Part B 77, ss. 17–37.

Chwesiuk K. (2009), *System transportowy, proces transportowy i gałęziowe procesy przewozowe*, „Systemy transportowe, Teoria i Praktyka", Materiały konferencyjne, Katowice, ss. 45–46.

Dziadek S. (1991), *Systemy transportowe ośrodków zurbanizowanych*, PWN, Warszawa.

Ferensztajn-Galardos E., Grad B., Krajewska R. (2009), *Uwarunkowania przepływu osób w miastach jako element rozwoju logistyki miejskiej*, „Transport Miejski i Regionalny", nr 12.

Kurowski J. (2017), *Systemy transportowe i jego uwarunkowania – aspekty gospodarczo obronne*, „Zeszyty Naukowe ASzWoj", nr 2 (107), ss. 98-99.

Liberadzki B., Mindur L. (2007), *Uwarunkowania rozwoju systemu transportowego Polski*, Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB, Warszawa-Radom.

Matczak M. (2015), *Komunikacja miejska* [w:] J. Pieriegud (red.), *System transportowy Polski. 10 lat w Unii Europejskiej*, Oficyna Wydawnicza SGH, Warszawa, s. 101.

Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego w Zamościu na lata 2014–2028, Załącznik nr 1 do uchwały nr XXXV/380/2013 Rady Miasta Zamość z dnia 25.11.2013 r.

Repeć R., Rogowski A. (2018), *Sieć transportu miejskiego na przykładzie miasta Zamość*, „Autobusy", nr 6, ss. 1229–1236.

Rozkwitalska C. (1982), *Metody społeczno-ekonomicznej oceny efektywności inwestycji komunikacji miejskiej*, IKS, Warszawa.

Schöbel A. (2012), *Line planning in public transportation: models and methods*, OR Spectrum, volume 34, issue 3, s. 492.

Schöbel A. (2017), *An eigenmodel for iterative line planning, timetabling and vehicle scheduling in public transportation*, „Transportation Research", Part C 74, ss. 348–365.

Suchorzewski W. (1971), *Rola transportu w kształtowaniu aglomeracji miejsko-przemysłowych*, Konferencja „Transport w dużych aglomeracjach miejskich", PAN, Warszawa.

Szołtysek J. (2007), *Podstawy logistyki miejskiej*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Katowice.

Tundys B. (2008), *Logistyka miejska*, Wydawnictwo Difin, Warszawa, s. 123.

Zalewski A. (1981), *Problemy oceny efektywności rozwoju miejskich systemów transportowych*, „Monografie i opracowania", nr 98, SGPiS, Warszawa, s. 17.

Joanna Furman
Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Materiałowej
joanna.furman@polsl.pl

Wykorzystanie rozwiązań koncepcji Lean w aspekcie eliminacji strat w przedsiębiorstwie produkcyjnym

The Use of Lean Solution in the Aspect of Eliminating Waste in the Production Company

Abstract: Enterprises that want to be competitive on the market must not only produce high-quality products in accordance with the client's expectations, but also must constantly improve their processes. One of the goals of improvement is the elimination of activities that do not bring value to the organization and its clients. Continuous improvement is the foundation of various management concepts, including the Lean Manufacturing concept. This concept is characterized by faster and more accurate satisfaction of the client's needs using fewer resources. It is recognized as one of the most efficient method of production management. The Lean concept offers many useful methods and tools to improve processes in enterprises. As part of the Lean Manufacturing concept, quality management tools are also used to solve problems and eliminate losses.
Key words: continuous improvement, Lean Manufacturing, waste

Wprowadzenie

Konieczność doskonalenia organizacji jest następstwem ciągłych zmian zachodzących zarówno w jej otoczeniu, jak i wnętrzu. Ich istotnym powodem są oczekiwania i wymagania klientów dotyczące wytwarzanych produktów i świadczonych usług, jak też warunki konkurowania przedsiębiorstw na rynku. W interesie każdej organizacji procesy te powinny być tak kształtowane, a następnie doskonalone, aby eliminować z nich działania niewnoszące wartości. Ważne jest posiadanie nie tylko sprawnych procesów, ale także stworzenie takiego układu zależności pomiędzy nimi, aby spełnić rosnące oczekiwania klientów i przynieść organizacji oczekiwane efekty ekonomiczne. Konieczność doskonalenia procesów jest podstawą różnych koncepcji zarządzania, a brak działań

w dłuższej perspektywie czasu może prowadzić do zakłóceń w całym systemie zarządzania przedsiębiorstwem [Nowosielski 2014, ss. 303–306]. Doskonalenie procesów definiowane jest jako celowe działanie, zakładające systematyczny i ciągły rozwój wybranych parametrów procesów, w ich wzajemnym powiązaniu [Nogalski 2010, s. 302]. Leży ono u podstaw wielu współczesnych koncepcji i metod zarządzania, w tym między innymi: koncepcji zarządzania przez jakość (TQM), Lean Management, Systemu Produkcyjnego Toyoty (TPS – *Toyota Production System*) [Urbaniak 2010, s. 31].

Celem rozdziału jest analiza procesu realizowanego na stanowiskach linii produkcyjnej w aspekcie identyfikacji problemów generujących straty, a następnie za pomocą wybranych narzędzi koncepcji Lean i narzędzi jakości, wskazanie czynników, które je powodują. W pierwszym etapie przeprowadzono obserwacje stanowisk pracy w trakcie dnia roboczego, wskazując pojawiające się problemy. W trakcie badań wykonano diagramy spaghetti oraz przeprowadzono analizę migawkową dla zdiagnozowania pracowników w aspekcie identyfikacji wykonywanych przez nich czynności, które nie przynoszą wartości dodanej, a które należy wyeliminować lub ograniczyć. Uzyskane dane stanowiły podstawę do dalszej analizy w celu wskazania głównych przyczyn występujących problemów oraz ich wzajemnych zależności – w tym celu opracowano wykres Ishikawy oraz diagram relacji. Dla zaobserwowanych nieprawidłowości zasugerowano rozwiązania. Jako metodę badawczą wybrano studium przypadku ze względu na użyteczność rozwiązywania problemów z zakresu zarządzania procesami oraz stosowanych metod i narzędzi, w celu podejmowania skutecznych i racjonalnych decyzji [Piekkari, Welch 2011, ss. 27–28]. Źródłem danych były informacje udostępnione przez przedsiębiorstwo oraz własne obserwacje.

Koncepcja Lean Manufacturing i jej narzędzia

Pochodzące z języka angielskiego słowo „lean" tłumaczone jest jako „szczupły". Pojęcie Lean Manufacturing (LM) stanowi zawężenie filozofii Lean Management (szczupłego zarządzania) do procesów produkcyjnych, choć w praktyce oba określenia stosowane są wymiennie. Koncepcja wywodzi się z powojennych japońskich praktyk produkcyjnych (lata 40. XX w.). Pierwowzór dla współczesnego Lean Manufacturing stanowił System Produkcyjny Toyoty, którego twórcami byli: T. Ohno, E. Toyoda, S. Shingo [Wolniak 2013, ss. 524–525]. Pojęcie „lean" zostało pierwszy raz użyte w 1988 roku przez Johna Krafcika w artykule „Triumph of the Lean Production System", natomiast w 1990 roku grupa naukowców z Massachusetts Institute of Technology: J. Womack, D. Jones i D. Roos, przedstawiła opracowanie „The Machine That Changed the World", nadając pojęciu „lean" szczególnego znaczenia [Womack, Jones, Roos 1991, ss. 28–38].

Podstawowym celem LM jest likwidacja działań, które nie przynoszą wartości dodanej w procesach przedsiębiorstwa (marnotrawstwo), przy jednoczesnej oszczędności zasobów oraz spełnieniu wymagań jakości produktów i usług dla klienta. Można to osiągnąć wdrażając narzędzia i zasady charakterystyczne dla szczupłej produkcji. Wyróżnia się pięć głównych zasad LM [Pawłowski, Pawłowski, Trzcieliński 2010, ss. 13–14]:

1. Zdefiniowanie wartości dla klienta – po wspólnej analizie potrzeb klienta i producenta następuje zdefiniowanie produktu, a następnie określenie jego kosztu.
2. Zidentyfikowanie strumienia wartości – strumień wartości obejmuje całokształt czynności od uzyskania surowca do wytworzenia produktu. Czynności są dzielone na trzy kategorie: tworzące wartość w rozumieniu klienta, nieprzynoszące wartości, lecz niezbędne oraz nieprzynoszące wartości i przeznaczone do eliminacji.
3. Sprawienie, aby strumień wartości płynął – dążenie do otrzymania przepływu strumienia wartości pozbawionego zatrzymań, oczekiwania i produktów wadliwych. Znajduje tu zastosowanie wiele narzędzi i metod, m.in.: praca zespołowa, kontrola wizualna, Just-in-Time, SMED (szybkie przezbrajanie maszyn), zrównoważenie planu produkcji, przepływ jednej sztuki, TPM (kompleksowe utrzymanie ruchu), 5S, Poka-Yoke i wiele innych.
4. Zastosowanie systemu ssącego – wytwarzanie potrzebnej ilości produktów tylko wtedy, gdy jest to konieczne. Przepływ rozpoczyna się od zamówienia produktu przez klienta. Produkcja odbywa się małymi partiami oraz zgodnie z metodą Just-in-Time. Sterowanie przepływem dokonuje się za pomocą techniki Kanban. Działania te pozwalają na skrócenie cyklu produkcyjnego, a także zmniejszenie zapasów.
5. Dążenie do doskonałości – prowadzone jest przez ciągłe doskonalenie (Kaizen) lub przez radykalne zmiany (Kaikaku).

Koncepcja Lean oferuje wiele narzędzi, które pozwalają na skuteczne i efektywne wdrożenie modelu „szczupłego" zarządzania w przedsiębiorstwie, a także na podejmowanie dalszych czynności doskonalących. Do podstawowych narzędzi LM można zaliczyć [Kuczyńska-Chałada, Furman 2016, s. 1895]:

- Value Stream Mapping (VSM) – metoda mapowania procesów przedstawiająca przepływ materiałów i informacji w czasie trwania procesu,
- technika 5S – ciągły proces pozwalający na uporządkowanie stanowiska pracy poprzez wdrożenie działań, których zastosowanie pozwala osiągnąć porządek i jednocześnie poprawić poziom bezpieczeństwa,
- metoda ciągłego doskonalenia Kaizen – to usprawnienia w każdej pracy i każdej funkcji biznesowej, prowadzące w efekcie do dużych osiągnięć (największą wartością Kaizen jest połączenie go z systemem inicjatyw pracowniczych),
- technika SMED (Single Minute Exchange of Die) – mająca na celu skrócenie czasu realizacji operacji przezbrojenia maszyn poprzez zastosowanie ustandaryzowanych czynności organizacyjnych, minimalizujących liczbę niezbędnych operacji koniecznych do wykonania przezbrojenia,
- zarządzanie utrzymaniem ruchu w oparciu o TPM (Total Productive Maintenance) – definiowane jako ciągły proces obsługi maszyn i urządzeń w przedsiębiorstwie, wykonywany przez wykwalifikowanych pracowników utrzymania ruchu i operatorów maszyn; celem jest maksymalizacja wydajności parku maszynowego poprzez podejmowanie działań zapobiegających potencjalnym awariom.

W ramach koncepcji Lean wykorzystywane są często narzędzia zarządzania jakością, dzięki którym rozwiązywane są problemy i eliminowane straty. Najczęściej stosowane to: wykres Ishikawy, analiza 5 Why, wykres Pareto-Lorenza.

Rodzaje marnotrawstwa

Głównym założeniem koncepcji Lean Manufacturing jest zwrócenie uwagi na problem związany z identyfikacją i usuwaniem lub ograniczaniem marnotrawstwa, definiowanego jako wszystkie rzeczy i działania, które zużywają zasoby, lecz nie dodają wartości dla klienta [Imai 2006, s. 60]. Rozważanie problemu marnotrawstwa (z języka japońskiego „muda") należy zacząć od zdefiniowania trzech typów czynności zachodzących wewnątrz organizacji [Bielecki, Staszewska 2016, s. 402]:

- przynoszące wartość dodaną (Value Added, VA) – czynności, za które klient jest gotów zapłacić, tj. które z jego punktu widzenia powodują wzrost wartości produktu/usługi,
- nieprzynoszące wartości dodanej (Non Value Added, NVA) – czynności, które z punktu widzenia klienta nie powodują zwiększenia wartości produktu lub usługi i są zbędne nawet przy obecnych warunkach funkcjonowania przedsiębiorstwa (czynności te są marnotrawstwem i powinny być wyeliminowane natychmiast bądź w krótkim czasie),
- nieprzynoszące wartości, lecz niezbędne – czynności, które z punktu widzenia klienta nie powodują zwiększenia wartości produktu lub usługi, jednakże są niezbędne, dopóki nie nastąpi radykalna zmiana łańcucha dostaw, sytuacji firmy lub jej otoczenia (ten typ marnotrawstwa jest trudny do wyeliminowania w krótkim okresie).

Taiichi Ohno jako pierwszy zauważył różnorodność marnotrawstwa, jaka istniała na stanowiskach pracy i wyróżnił siedem głównych typów tego zjawiska [Bendkowski, Matusek 2013, s. 35]: nadprodukcja, defekty, zapasy, niewłaściwa realizacja procesów, nadmierny transport, oczekiwanie, zbędne ruchy. Dodatkowo wyróżnia się także ósmą stratę, tj. niewykorzystaną kreatywność pracowników.

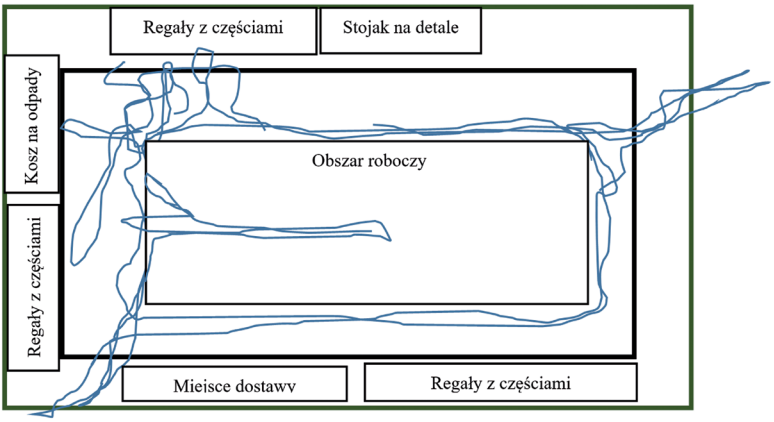
Wiele typów marnotrawstwa można wyeliminować wdrażając koncepcję Lean Manufacturing za pomocą różnych narzędzi. Przedsiębiorstwo produkcyjne wprowadzając takie rozwiązania może osiągnąć wiele korzyści, m.in.: zmniejszenie liczby braków, skrócenie czasu realizacji zamówień, poprawę terminowości dostaw, wzrost produktywności, zmniejszenie zapasów.

Analiza procesu produkcyjnego w aspekcie identyfikacji strat – studium przypadku

Analizowany proces produkcyjny realizowany jest na pięciu stanowiskach roboczych. Na każdym z nich pracuje trzech pracowników. Wyroby wytwarzane są na zamówienie klienta (produkcja małoseryjna), a praca przebiega w systemie jednozmianowym (pięcio- lub sześciodniowym). W pierwszym etapie analizy procesu dokonano obserwacji stanowisk pracy w aspekcie identyfikacji problemów generujących straty. Ze względu na ograniczoną możliwość publikacji wszystkich danych, w rozdziale zaprezentowano wyniki dla jednego stanowiska pracy. W wyniku jego obserwacji zidentyfikowano następujące problemy:

• brak jest systemu pomiaru czasu wykonywanych operacji przez operatorów oraz standardów dotyczących czasu trwania wykonywanych czynności (pracownicy mają swoją własną metodę pracy),
• gdy stanowisko kończy wcześniej swoje zadania, operatorzy nie wykonują żadnych czynności (strata w postaci bezczynności/oczekiwania) lub wykonują inne zadania na linii,
• brak jest standardów pod względem umiejscowienia narzędzi pracy na stanowisku, co powoduje stratę w postaci czasu poświęconego na ich poszukiwanie,
• operatorzy pobierają detale i części z półek, które są oddalone od stanowiska, co generuje stratę w postaci nadmiernego przemieszczania się pracowników, przedstawionego na wykresie spaghetti (Rysunek 1) – obserwowany był jeden z trzech operatorów na stanowisku. Na rysunku można zauważyć wielokrotne przejścia z obszaru roboczego do regałów z częściami lub poza obszar roboczy w celu pobrania specjalistycznych narzędzi (których nie było na stanowisku) bądź na przerwę,
• brak jest jednolitego opisu na półkach z częściami, co powoduje nieporządek i wydłuża czas pobrania właściwych elementów (szukanie części),
• operatorzy sami wypakowują z kartonów dostarczone elementy z magazynu, co zajmuje około 50 minut, a ponadto często muszą sprzątać kartony, co zajmuje około 20 minut,
• dostarczane elementy na stanowisko pracy nie są odpowiednio posegregowane, powoduje to opóźnienia w procesie,
• w związku z przerwami wynikającymi ze złej organizacji pracy, np. opóźnienie dostawy elementów, nieodpowiednia liczba sztuk części w dostawie, pracownicy nie byli obecni na stanowiskach. W tym czasie przechodzili na inne stanowiska czy obszary, gdzie wykonywali odmienne obowiązki (w analizie zaklasyfikowano to jako nieobecność, jednak nie z powodu winy pracownika, lecz osób odpowiedzialnych za dostawy).

Rysunek 1. Wykres spaghetti pracownika na stanowisku roboczym



Źródło: opracowanie własne.

W dalszej części analizy przeprowadzono badania migawkowe. Monitorowano czynności wykonywane przez pracowników na stanowisku w czasie jednego dnia roboczego (pomiary dokonywano co 3 minuty). Zapisywano, czy w czasie pomiaru operator wykonywał czynność przynoszącą wartość dodaną (VA) lub nie (NVA). Wyniki analizy przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wyniki analizy migawkowej dla wybranego stanowiska pracy

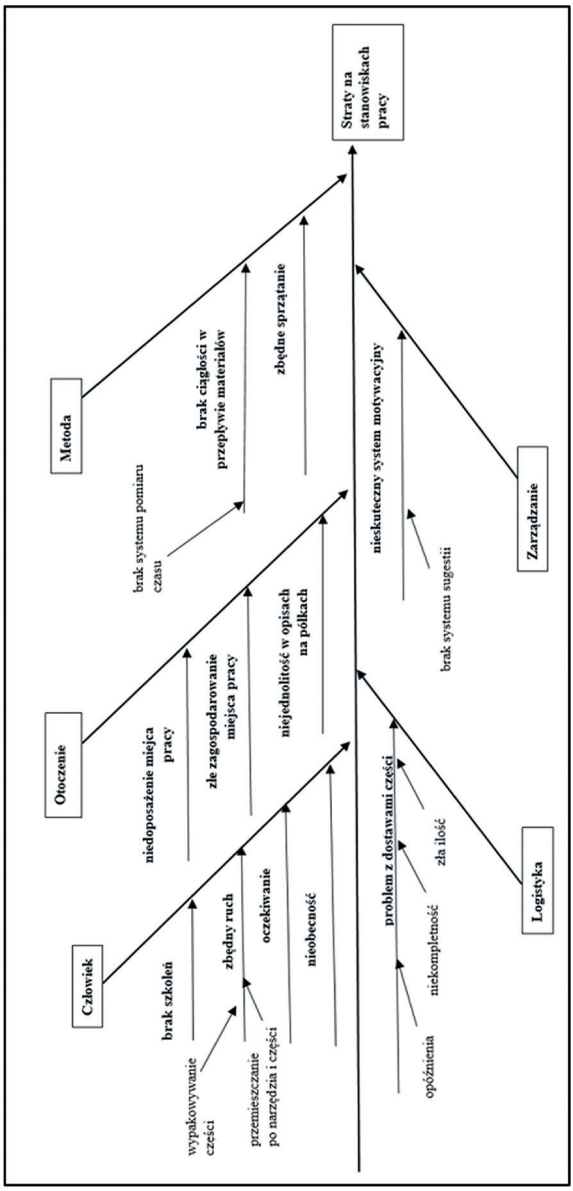
Lp.	Czynność NVA	Liczba wystąpień czynności NVA	Udział % czynności NVA w całości pomiarów	Udział % czynności w NVA
1.	Nieobecność	202	33,7	48,6
2.	Zbędny ruch	71	11,8	17,1`
3.	Oczekiwanie	63	10,5	15,1
4.	Sprzątanie	38	6,3	9,1
5.	Wypakowywanie części	26	4,3	6,3
6.	Szukanie części	16	2,7	3,8
	Razem	416/600*	69,3	100,0

* – łączna liczba wystąpień czynności NVA w stosunku do liczby wszystkich wykonanych pomiarów na stanowisku.
Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie wyników analizy migawkowej stwierdzono, że największym problemem występującym na stanowisku jest nieobecność, a następnie wykonywanie zbędnych ruchów i oczekiwanie. Łącznie odnotowano 416 czynności zakwalifikowanych jako NVA, co stanowiło blisko 70% wszystkich czynności wykonywanych przez pracowników. Tylko 30,7% stanowiło wartość dodaną.

Kolejnym etapem badań było określenie przyczyn problemu. W tym celu opracowano wykres Ishikawy. W analizie uwzględniono przyczyny powstawania strat w pięciu kategoriach dopasowanych do badanego problemu, tj.: człowiek, metoda (organizacja pracy), zarządzanie, otoczenie (miejsce pracy), logistyka (rysunek 2).

Rysunek 2. Wykres Ishikawy dla analizowanego problemu



Źródło: opracowanie własne.

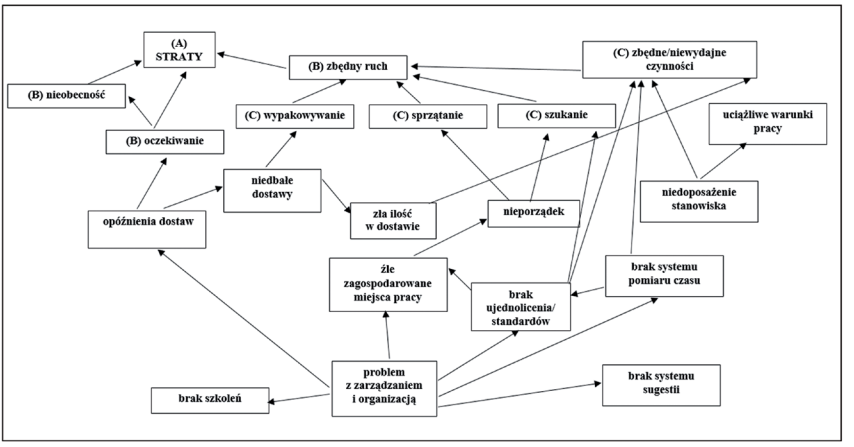
Głównymi przyczynami powstawania strat były:

- w kategorii „człowiek": nieobecność, oczekiwanie, zbędny ruch, brak szkoleń (szczególnie w przypadku nowych pracowników),

- w kategorii „otoczenie": niejednolitość w opisach półek z częściami, nieodpowiednie zagospodarowanie miejsca pracy, niedoposażenie stanowiska pracy w niektóre narzędzia,
- w kategorii „metoda": zbędne sprzątanie (wynikające ze złej organizacji procesu), brak ciągłości w przepływie materiałów,
- w kategorii „logistyka": problem z dostawami części,
- w kategorii „zarządzanie": nieskuteczny system motywacyjny.

Opracowano także diagram relacji (rysunek 3), aby oprócz ukazania współzależności przyczynowo-skutkowych, przedstawić relacje między przyczynami. Umożliwia to lepsze zrozumienie całości badanego problemu na stanowisku, gdyż można odczytać kolejność działań dążących do wyeliminowania strat. Na diagramie symbolem (A) oznaczono główny problem, symbolem (B) najistotniejsze mierzalne czynniki wpływające na problem, a symbolem (C) czynniki mierzalne wpływające na zbędny ruch, który na analizowanym stanowisku jest bardzo widoczny. Można zauważyć, że występujące problemy są złożone, a ich przyczyny różne. U podstaw znajduje się problem z organizacją i zarządzaniem.

Rysunek 3. Diagram relacji dla badanego problemu strat



Źródło: opracowanie własne.

Analiza wykazała, że największym problemem na stanowisku pracy były: nieobecność, oczekiwanie i zbędny ruch. Są to straty, które w znaczący sposób wpływają na realizację procesu produkcyjnego. Na nieobecność i oczekiwanie wpływały bezpośrednio problemy z dostawami, natomiast na zbędny ruch – wypakowywanie, sprzątanie, szukanie oraz zbędne i niewydajne czynności. Analizując diagram, można zauważyć, że przyczyną był brak standardów, które definiowałyby sposób wykonywania czynności przez operatorów i określałyby czas ich wykonania. Brak standardów skutkował też nieodpowiednio zorganizowanym miejscem pracy, a to z kolei generowało straty w postaci szukania czy nadmiernego przemieszczania. Strata związana z oczekiwaniem wynikała głównie z problemów logistycznych, na które operatorzy nie mieli

wpływu – były to opóźnienia w dostawach części, ich niekompletność, co w efekcie powodowało przerwy w procesie i wymuszało dodatkową pracę operatorów.

Propozycje rozwiązań

Na podstawie przeprowadzonej analizy zaproponowano kilka rozwiązań w celu eliminacji lub ograniczenia zidentyfikowanych strat:

- opracowanie instrukcji na stanowiskach pracy w postaci lekcji jednopunktowych (OPL, *One Point Lesson*) – wykorzystując elementy zarządzania wizualnego można przedstawić najlepsze, poprawne wykonanie czynności (zatwierdzone instrukcje staną się obowiązującym standardem, który należy przestrzegać),
- wprowadzenie systemu pomiarów wykonywanych czynności (np. w postaci chronometrażu), które pozwolą równomiernie obciążyć pracą operatorów oraz uzyskać płynny przepływ elementów w procesie,
- wdrożenie zasad techniki 5S uporządkuje miejsce pracy, ujednolici opisy regałów z częściami, co stanowi poważny problem; przeprowadzanie audytów oraz krótkich szkoleń w ramach samodyscypliny przez liderów lub doświadczonych pracowników ograniczy możliwość powstawania strat,
- zastosowanie wózków z odpowiednią liczbą części i narzędzi może rozwiązać problem nadmiernego przemieszczania pracowników pomiędzy strefą roboczą a regałami,
- wyznaczenie osób odpowiedzialnych za dostawy na linię produkcyjną i ciągłe ich monitorowanie (wymaga wprowadzenia przez kierownictwo wyższego szczebla wytycznych, ściśle określających sposób organizacji dostaw),
- wykorzystanie kreatywności pracowników przez wprowadzenie systemu sugestii może przyczynić się do ograniczania strat w procesie.

Zakończenie

Na podstawie przeprowadzonej analizy procesu realizowanego na wybranym stanowisku pracy stwierdzono, że blisko 70% wszystkich czynności wykonywanych przez pracowników stanowiły działania nie przynoszące wartości dodanej. Największym problemem była nieobecność, wykonywanie zbędnych ruchów i oczekiwanie.

Na podstawie wykresu Ishikawy określono przyczyny powstawania tych strat w pięciu kategoriach: człowiek, otoczenie, metoda, logistyka, zarządzanie. Wykorzystując uzyskane wyniki opracowano diagram relacji w celu określenia wzajemnych relacji między przyczynami występujących strat. Stwierdzono, że podstawową przyczyną problemów jest brak standardów oraz zła organizacja dostaw. W celu eliminacji strat zaproponowano kilka rozwiązań, m.in. opracowanie instrukcji OPL, wprowadzenie systemu pomiaru czasu czynności, wdrożenie zasad 5S i systemu sugestii.

Inicjowanie zmian w przedsiębiorstwie nie jest procesem łatwym, ale może przynieść oczekiwane rezultaty. Należy ocenić proponowane rozwiązania w aspekcie kosztów i szybkości (czasu) wdrożenia, a także zastanowić się, czy organizacja samodzielnie

potrafi wprowadzić te zmiany. Ważne w procesie zmian jest także zaangażowanie ze strony kierownictwa i pracowników.

Bibliografia

Bielecki M., Staszewska P. (2016), *Redukcja marnotrawstwa ruchu w przedsiębiorstwie produkcyjnym – studium przypadku* [w:] R. Knosala (red.), *Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji*, Oficyna Wydawnicza PTZP, Opole, s. 402.

Bendkowski J., Matusek M. (2013), *Logistyka produkcji. Praktyczne aspekty. Część 2*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.

Imai M. (2006), *Gemba Kaizen. Zdroworozsądkowe, niskokosztowe podejście do zarządzania*, Wydawnictwo MT Biznes, Warszawa.

Kuczyńska-Chałada M., Furman J. (2016), *The Process of Improvement with the Application of Lean Manufacturing in a Steel Company* [w:] *METAL2016, 25th Anniversary International Conference on Metallurgy and Materials*, Tanger Ltd., Ostrava, s. 1895.

Nogalski B. (2010), *Lean Management* [w:] M. Czerska, A.A. Szpitter (red.), *Koncepcje zarządzania. Podręcznik akademicki*, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa, s. 302.

Nowosielski S. (2014), *Ciągłe doskonalenie procesów w organizacji. Możliwości i ograniczenia*, „Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu", nr 340, Wrocław, ss. 303–317.

Pawłowski E., Pawłowski K., Trzcieliński S. (2010), *Metody i narzędzia Lean Manufacturing. Materiały dydaktyczne*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań.

Piekkari R., Welch C. (2011), *Rethinking the Case Study in International Business and Management Research*, Edward Elgar, Cheltenham.

Urbaniak M. (2010), *Kierunki doskonalenia systemów zarządzania jakością*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.

Wolniak R. (2013), *Metody i narzędzia Lean Production i ich rola w kształtowaniu innowacji w przemyśle* [w:] R. Knosala (red.), *Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji*, Oficyna Wydawnicza PTZP, Opole, ss. 524–525.

Womack J.P., Jones D.T., Roos D. (1991), *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*, Harper Business, New York.

Sandra Grabowska
Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Materiałowej
sandra.grabowska@polsl.pl

Sebastian Saniuk
Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Ekonomii i Zarządzania
s.saniuk@wez.uz.zgora.pl

Wpływ zrównoważonego łańcucha dostaw na wizerunek firmy

The Impact of a Sustainable Supply Chain on the Company's Image

Abstract: Dynamically changing environment, progressive globalization, growing intensity of competition and threats of crisis phenomena require development, improvement and implementation of innovative management systems. In the last decade, there has been a growing interest in the concept of corporate social responsibility as well as the concept of sustainable supply chain management. Along with the increase of corporate social responsibility awareness grows. Building a business model based on the application of CSR principles (Corporate Social Responsibility) is becoming an important aspect for corporate clients. The aim of the chapter is to analyze and assess the impact of a sustainable supply chain on creating the company's image.
Key words: social responsibility, sustainable supply chain, the company's image

Wprowadzenie

W czasach dynamicznie zmieniającej się gospodarki rynkowej oraz postępującej globalizacji, przedsiębiorstwa zmuszone są do wprowadzania efektywnych działań, które mają na celu zaspokojenie potrzeb wszystkich interesariuszy organizacji biznesowej. Zmiany zachodzące w świadomości społeczeństwa w coraz większym stopniu przyczyniają się do zwrócenia uwagi na społeczne oraz ekologiczne aspekty rozwoju gospodarki, postępu technologicznego i procesów globalizacyjnych [Klassen 2012]. Kryzys

gospodarczy według M. Eiseneggera [2009, s. 20] miał swoje konsekwencje nie tylko w twardych wynikach finansowych, lecz również wywołał pewne skutki społeczne. Oprócz spadku wartości akcji przedsiębiorstw oraz bankructw niektórych korporacji, proces ten szczególnie objawił się spadkiem zaufania społecznego do całego systemu ekonomicznego [Ahi, Searcy 2013, s. 15]. Stąd potrzeba jego odbudowy poprzez podejście oparte na odpowiedzialnym biznesie, które zakłada transparentność decyzji i działań oraz angażuje interesariuszy firmy w procesy decyzyjne [Urbaniak 2015, s. 34].

Budowanie odpowiedniego wizerunku przedsiębiorstwa poprzez wykorzystywanie koncepcji Społecznej Odpowiedzialności Biznesu (CSR) pozwala na postrzeganie jej jako godnej zaufania. Podejmowane działania wpisujące się w taką koncepcje mogą przyczyniać się do doskonalenia funkcjonowania przedsiębiorstwa, jednocześnie eliminując lub pomagając w rozwiązywaniu powstałych problemów społecznych [Chandler 2016, ss. 34–45].

Zarządzanie logistyczne podporządkowuje się coraz częstszym zmianom priorytetów odbiegających od wzorców klasycznego działania [Chandler 2016, ss. 56–67]. Do nowego kierunku postępowania należy modyfikacja filozofii dystrybucji produktów oraz działania klasycznego łańcucha dostaw. Od wielu lat poświęca się coraz więcej uwagi koncepcjom takim jak np. CSR w łańcuchu dostaw lub społecznie odpowiedzialny łańcuch dostaw. Tworzenie pozytywnych wartości dla interesariuszy zależy od tego, w jaki sposób przedsiębiorstwo pozyskuje podstawowe usługi, produkty oraz surowce [Kisperska-Moroń 2012, s. 45].

Celem rozdziału jest dokonanie analizy i oceny wpływu działań zrównoważonego łańcucha dostaw na kreowanie wizerunku firmy.

Zrównoważony łańcuch dostaw jako element Społecznej Odpowiedzialności Biznesu

Zagadnienia związane ze społeczną odpowiedzialnością przedsiębiorstw są obecnie jednym z najważniejszych priorytetów Unii Europejskiej, a tym samym państw członkowskich. Efektem powyższych działań jest dziesięcioletnia strategia Komisji Europejskiej „Europa 2020", w której zawarte są kwestie CSR. W przypadku Unii Europejskiej społeczna odpowiedzialność przedsiębiorstw ma wzmocnić wspólną gospodarkę państw narodowych. Wyrazem tego zamierzenia jest praca nad tworzeniem podstaw dla modelu współpracy na rynku, gdzie zysk osiągany jest z poszanowaniem aspektów społecznych oraz ochrony środowiska [Mortazavi, Pirmouradi, Nejad 2013, ss. 63–67].

Społeczna odpowiedzialność biznesu wynika wprost z otoczenia, a konkretnie z krytyki spowodowanej biznesowymi praktykami korporacji międzynarodowych i globalnych. CSR wywodzi się z prawa do wiedzy i partycypacji, jakiej domaga się społeczeństwo obywatelskie od instytucji, oraz z dążenia do trwałego i zrównoważonego rozwoju społeczeństwa [Grabowska, Ocieczek 2018, s. 93].

Społeczna odpowiedzialność biznesu jest strategią mającą na celu prowadzenie dobrowolnej działalności, która uwzględnia społeczne i etyczne interesy oraz poszanowanie

środowiska przyrodniczego niewynikające ze zobowiązań związanych wymaganiami prawnymi i formalnymi [Jamali, Dirani, Harwood 2015]. Społeczna odpowiedzialność biznesu to zespół działań, które przyczyniają się nie tylko do dbałości o interes firmy, ale oddziałują również na ogólne dobro społeczeństwa. Dobrowolne działania tego typu wpływają na tworzenie pozytywnego wizerunku przedsiębiorstwa oraz pomagają zapewnić mu długofalowy sukces. Społeczną odpowiedzialność można interpretować jako odpowiedzialność za podejmowane decyzje i prowadzenie działań mających na celu między innymi budowanie konstruktywnego wizerunku [Grabowska, Ocieczek 2018, s. 94].

Niemniej w literaturze przedmiotu nie odnajdziemy jednej zbieżnej definicji idei społecznej odpowiedzialności biznesu, lecz wiele sposobów jej opisu i interpretacji. Przyjęcie przez przedsiębiorstwa filozofii społecznej odpowiedzialności biznesu oznacza prowadzenie działalności, która [Ćwik 2011]:

- realizuje cele firmy (powiększenie jej wartości, dostarczenie produktów i usług odpowiedniej jakości),
- osiąga te cele w długiej perspektywie czasowej (harmonijna trwałość), zapewnia przy tym należyte kształtowanie relacji z głównymi interesariuszami (akcjonariusze, pracownicy, menedżerowie, klienci, dostawcy, społeczność lokalna, środowiska naturalne itd.),
- przestrzega przepisów prawa i społecznie przyjętych norm etycznych.

Zrównoważenie łańcucha dostaw to rezultat pojawiających się wyzwań społecznych i środowiskowych związanych z zarządzaniem coraz bardziej złożonymi relacjami przedsiębiorstw z kontrahentami i innymi partnerami biznesowymi. Większość przedsiębiorstw nie jest bezpośrednio zaangażowana w proces produkcyjny. Jednak niektóre zwracają uwagę na cały łańcuch dostaw, biorąc za niego odpowiedzialność [Szczanowicz, Saniuk 2014, s. 75]. Od momentu pozyskania surowca, poprzez jego przetransportowanie, zastosowanie w procesie produkcyjnym, spakowanie, dystrybucję, sprzedaż, użytkowanie konsumenckie i ostatecznie zutylizowanie, trwa proces, który na każdym etapie współgra z otoczeniem. Żaden wymieniony element nie istnieje w próżni, a wszystkie oddziałują na ludzi i środowisko [Krzysztofek 2014].

Łańcuch dostaw to skomplikowana struktura, w ramach której powstają produkty oferowane coraz bardziej dociekliwym konsumentom. Mając tak szeroki dostęp do dóbr, klienci coraz częściej poprzedzają swoje wybory uzyskaniem informacji o tym, z jakiego kraju pochodzą i w jaki sposób powstają kupowane przez nich produkty. Dobrze zorganizowany i zarządzany łańcuch dostaw zapewnia, że to, co użytkują konsumenci, spełnia najwyższe standardy jakości i odpowiedzialności. Aby było to możliwe, potrzebne jest powiązanie wiedzy o nim z tym, co wiemy o społecznej odpowiedzialności i rozwoju zrównoważonym [Mushanyuri 2013].

Istota zrównoważonego łańcucha dostaw to przyjęcie odpowiedzialności za procesy w ujęciu całego cyklu życia produktu: od wydobycia surowców aż po okres, kiedy wyrób staje się odpadem (podejście „od kołyski po grób" czy w szerszym ujęciu „od kołyski do kołyski", kiedy odpad staje się ponownie surowcem). Działania biznesu ukierunkowane na minimalizację ryzyka i promowanie odpowiedzialnej postawy w całym łańcuchu to ważny element realizacji rozwoju zrównoważonego. Trudno bowiem mówić o jakości produktu, gdy wiemy, że powstał w warunkach braku poszanowania podstawowych

praw człowieka i pracownika czy przekroczonych norm środowiskowych [Lee 2011].

Strategia doskonalenia zrównoważonego łańcucha dostaw powinna obejmować działania w czterech obszarach: zaangażowanie i edukacja pracowników, edukacja dostawców, wpływ i realna zmiana w łańcuchu dostaw oraz wewnętrzne rozwiązania systemowe. W każdym z tych obszarów firma powinna podejmować różnorodne działania, nastawione na doskonalenie procesów, ale przede wszystkim na wzmacnianie świadomości [Rosi, Cvahte, Jereb 2013].

Zrównoważony łańcuch dostaw a wizerunek firmy

Z uwagi na ograniczoną możliwość publikowania danych, w rozdziale pominięto nazwę oraz dokładny opis przedsiębiorstwa, w którym prowadzono badania. W sposób istotny minimalizuje ono negatywny wpływ produkowanego asortymentu na środowisko naturalne. Cały cykl życia produktu bazuje na tworzeniu zrównoważonego łańcucha dostaw, ze szczególnym uwzględnieniem dbałości o środowisko na etapie projektowania produktów, pozyskiwania surowców, przeciwdziałaniu zmianom klimatycznym oraz zrównoważonej gospodarce wodnej.

Przedsiębiorstwo produkując meble oraz akcesoria wyposażenia domu używa technologii i materiałów nieposiadających negatywnego wpływu na otoczenie, przy jednoczesnym obniżeniu kosztów produkcji. Wpływają one pozytywnie również na użyteczność oraz oszczędność ekologiczną w gospodarstwie domowym. Jednym z oferowanych rozwiązań są świetlówki energooszczędne, pozwalające na pięciokrotne obniżenie zużycia energii elektrycznej. Powszechne są również na każdym etapie dystrybucji oraz produkcji działania recyklingowe. Jednym z przykładów jest przetwarzanie butelek plastikowych na akcesoria wyposażania biurowego oraz wykorzystanie odpadów z produkcji kołder do produkcji poduszek.

Surowce, takie jak drewno czy bawełna, są kwalifikowane za pomocą surowych reguł proekologicznych, a ich stan eksploatacji monitorowany jest za pomocą niezwiązanych z firmą organizacji proekologicznych. Jednym z zakazanych sposobów pozyskiwania drewna jest nielegalna wycinka lasów tropikalnych.

Przedsiębiorstwo zajmuje się również badaniami mającymi na celu stworzenie mieszanek zastępujących bawełnę, tak by w przyszłości uchronić gospodarkę przed jej niedoborem. Jednym ze stosowanych zamienników bawełny jest lyocell, którego produkcja jest przyjazna środowisku.

Kolejną inicjatywą sprzyjającą ekologii jest przeciwdziałanie marnowaniu wody. Jednym z takich działań jest montowanie systemów instalowanych w nowych sklepach, które służą do spłukiwania toalet przy użyciu wody deszczowej. Kolejnym z działań jest zastosowanie sytemu PCA w produkcji kranów, które pozwalają na ograniczenie zużycia wody do 30%. Ostatnim i najistotniejszym elementem ochrony środowiska naturalnego jest zapobieganie zmianom klimatycznym. W tym przypadku kadra zarządzająca koncernem stosuje technologie, które pozwalają na dostarczanie do swoich budynków energii elektrycznej pochodzącej jedynie z alternatywnych źródeł energii.

Metodyka badań

Przeprowadzone badania składały się z ankiety internetowej oraz eksperymentalnej. Metodyka badania została przedstawiona na rysunku 1. Pierwszą przeprowadzono na 74 przypadkowo wybranych klientach badanego przedsiębiorstwa. Jej celem było sprawdzenie wiedzy oraz oczekiwań klientów w stosunku do społecznie odpowiedzialnych przedsiębiorstw i odpowiedź na pytanie: jaki wpływ mają społecznie odpowiedzialne działania na wybór produktów danej marki?

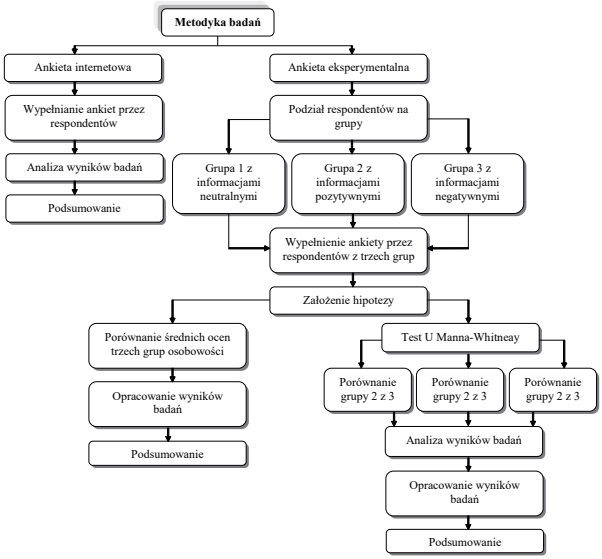
W ankiecie eksperymentalnej wzięło udział 30 osób, które zostały podzielone na trzy dziesięcioosobowe grupy. Każda z nich otrzymała trzy zbiory różnych artykułów. Grupa pierwsza dostała artykuły z ogólnymi informacjami na temat firmy, grupa druga z pozytywnymi informacjami, a trzecia z negatywnymi. Celem ankiety eksperymentalnej było zmierzenie rzeczywistego wpływu zrównoważonego łańcucha dostaw na wizerunek badanego przedsiębiorstwa.

Ankieta internetowa

Ankieta internetowa składała się z 16 pytań podzielonych na 4 grupy:

1. Metryczki.
2. Ogólnych informacji na temat postrzegania działań CSR podejmowanych przez przedsiębiorstwa.
3. Poziomu zaangażowania firm w poszczególne aspekty Społecznej Odpowiedzialności Biznesu – przypisywanie ról i obowiązków firmie społecznie odpowiedzialnej.
4. Oceny wpływu zrównoważonego łańcucha dostaw na klientów/kontrahentów przedsiębiorstwa.

Rysunek 1. Graficzne ujęcie metodyki badań



Źródło: opracowanie własne.

W ankiecie wzięło udział 74 respondentów, z czego 41 stanowiły kobiety, a 33 mężczyźni. Analizując jej wyniki, można jednoznacznie stwierdzić, że respondenci wykazali wiedzę i zainteresowanie zagadnieniami z zakresu Społecznej Odpowiedzialności Biznesu, także zrównoważonego łańcucha dostaw. Jednak okazało się, że wiele informacji związanych bezpośrednio z badanym przedsiębiorstwem nie było dostępnych bądź też z innych przyczyn nie dotarły one do grona zainteresowanych osób. Respondenci w sposób poprawny przypisali przedsiębiorstwom funkcje, które wykraczają poza odpowiedzialność ekonomiczną oraz zysk, a stanowią działania z zakresu CSR. Aspekty CSR zdaniem respondentów odgrywają ważną rolę podczas podejmowania decyzji o zakupie i wpływają na wizerunek przedsiębiorstwa. Jednak ostatecznie na decyzję o zakupie konkretnego produktu ma wpływ jego jakość i cena.

Ankieta eksperymentalna

Celem eksperymentu było zmierzenie rzeczywistego wpływu zrównoważonego łańcucha dostaw na wizerunek badanej marki, poprzez zmanipulowanie respondentów. W ankiecie wzięło udział 30 osób. Podzielono je na trzy dziesięcioosobowe grupy. W każdej z nich znajdowało się 5 kobiet oraz 5 mężczyzn w wieku od 21 do 35 lat. Każda z grup otrzymała trzy różne artykuły prasowe, które zostały wymyślone na potrzeby eksperymentu:

1. Grupa 1 – otrzymała ogólne informacje na temat badanego przedsiębiorstwa:
   • [...] Przedsiębiorstwo zamknęło rok finansowy z obrotem 3,3 miliardów złotych. W porównaniu z rokiem poprzednim, koncern meblowy poprawił swoje obroty o 3%. Aktualnie firma prowadzi 10 sklepów w Polsce, w których zatrudnia 3810 osób [...].
   • [...] Asortyment przedsiębiorstwa składa się z 9500 przedmiotów wyposażenia wnętrz, które zostały tak zaprojektowane, aby miały ładny kształt i odpowiednie funkcje, ale też konkurencyjną [...].
2. Grupa 2 – otrzymała pozytywne informacje na temat badanego przedsiębiorstwa:
   • [...] Coraz więcej przedsiębiorstw angażuje się aktywnie w sprawy ochrony środowiska. Koncern meblowy wspiera pozarządową organizację WWF, współpracują ze sobą w ramach partnerstwa w celu promowania odpowiedzialnego leśnictwa, lepszej uprawy bawełny i przeciwdziałania zmianom klimatycznym. Jednym z projektów jest „Sow a Seed", dzięki któremu zasadzono 18500 hektarów lasu deszczowego [...].
   • [...] We współpracy z różnymi partnerami koncern wspiera projekty, które mają na celu aktywizację zawodową społeczności w małych wioskach. Przedsiębiorstwo współpracuje z organizacjami UNICEF i Save the Children, które walczą o międzynarodowe prawa ludzi i dbają o to, aby dzieci miały zdrowe i bezpieczne dzieciństwo oraz możliwość zdobywania wykształcenia [...].
3. Grupa 3 – otrzymała negatywne informacje na temat badanego przedsiębiorstwa:
   • [...] Jeden z programów telewizyjnych odkrył, że pracownicy są zmuszani do pracy w godzinach nadliczbowych, za które nie otrzymują dodatkowego wynagrodzenia. Ponadto wykazano, że koncern nie przestrzega zasad BHP [...].
   • [...] Jak mówi prokuratura, pracownicy koncernu meblowego są podejrzani o kradzież dwóch milionów euro, które miały zostać przekazane na cele charytatywne. W wyniku akcji policji zostali aresztowani trzej podejrzani,

którzy tydzień przed świętami Bożego Narodzenia przetransferowali zebrane środki na konta podejrzanych organizacji [...].

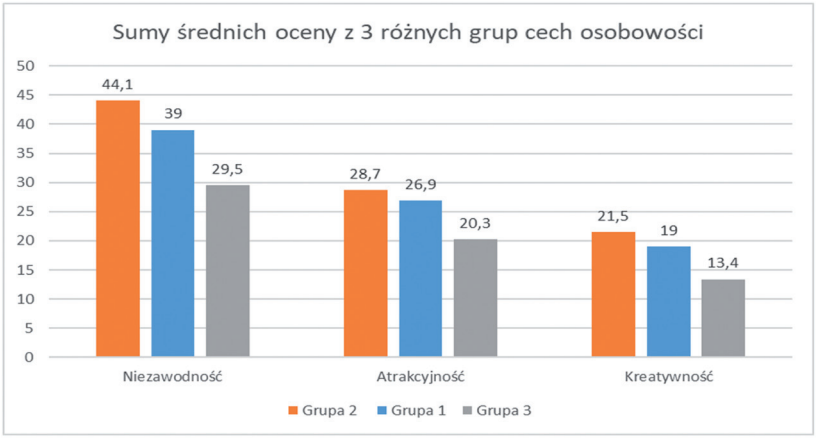
Następnie każda z wymienionych grup musiała ocenić w skali od 1–5, gdzie 1 to ocena najniższa, a 5 to najwyższa, cechy osobowości badanego przedsiębiorstwa.

W badaniu postawiono hipotezę:

H1: Informacje zawarte w artykułach prasowych mają istotny wpływ na wizerunek badanego przedsiębiorstwa.

W badaniu założono również, że grupa druga otrzyma lepsze oceny od grupy pierwszej, a grupa trzecia najgorsze oceny. Na rysunku nr 2 przedstawiono strukturę średnich ocen wszystkich grup w stosunku do ogólnych grup osobowości przedsiębiorstwa.

Rysunek 2. Suma średnich ocen z trzech różnych grup cech „osobowości" przedsiębiorstwa



Źródło: opracowanie własne.

Jak pokazują wykresy słupkowe, istnieją znaczące różnice w średnich ocenach, wyniki sprawdzono pod kątem istotności. Ze względu na brak rozkładu normalnego, średnie wartości zostały porównane za pomocą testu U Manna-Whitneya[1]. W pierwszej kolejności zostały porównane grupy eksperymentalne 2 oraz 3, następnie grupy 1 z 2 oraz 1 z 3. Poziom istotności został ustalony na 5 % (0,05).

[1] Test Manna-Whitney'a jest nieparametrycznym testem porównującym dwie grupy niezależne. Możemy go użyć do porównania wyników na skali porządkowej (na przykład ocen uzyskanych przez uczniów w dwóch różnych klasach). Test Manna-Whitney'a może być użyty również do porównania danych ilościowych zamiast testu t Studenta dla prób niezależnych w przypadku, kiedy nie są spełnione jego założenia. Przydaje się on więc, gdy rozkład zmiennych nie jest zgodny z rozkładem normalnym, grupy są nierównoliczne lub różnią się wariancją. Podczas gdy test t Studenta porównuje średnie grup, test Manna-Whitney'a porównuje rangowane wyniki zmiennej zależnej.

Jako pierwsza została porównana grupa 2 (która otrzymała pozytywne informacje o zrównoważonym łańcuchu dostaw oraz stosowanych działaniach z zakresu Społecznej Odpowiedzialności Biznesu przez badane przedsiębiorstwo) z grupą 3 (która otrzymała szereg negatywnych informacji). We wszystkich trzech osobowościach marki wystąpiły znaczne różnice:

- niezawodność: U=0,50, p=.000
- atrakcyjność: U=0,00, p=.002
- kreatywność: U=0,00, p=.012

Podczas badania poszczególnych aspektów, prawie wszystkie dotyczące niezawodności różniły się istotnie między grupą 2 i 3. W wymiarze niezawodności tylko aspekty: zachwycające, przyciągające oraz pewne siebie, różniły się nieistotnie. Natomiast w wymiarze kreatywności wszystkie różniły się między sobą.

Następnie przeanalizowane zostały: grupa 1 (która otrzymała ogólne informacje o badanym przedsiębiorstwie) z grupą 2 (która otrzymała pozytywne informacje). Badanie wykazało, że we wszystkich trzech wymiarach nie wystąpiły znaczące różnice:

- niezawodność: U=29,00, p=.121
- atrakcyjność: U=15,50 p=.276
- kreatywność: U=24,00, p=.054

W związku z powyższym różnice w artykułach nie mają wpływu na badane grupy. W rozpatrywaniu poszczególnych aspektów, różnice wystąpiły w grupie niezawodności tylko w aspekcie wiarygodności oraz osobowości godnej zaufania. W grupie atrakcyjności tylko w aspektach czarujące oraz ekscytujące, a w grupie kreatywność żaden z aspektów nie różnił się w sposób znaczący. W związku z tym, nie można statystycznie potwierdzić istotnego wpływu pozytywnych informacji o przedsiębiorstwie na badane grupy.

Do ostatnich badanych grup zaliczała się grupa 1 (z neutralnymi informacjami) oraz grupa 3 (która otrzymała negatywne informacje na temat badanego przedsiębiorstwa). Analiza grup wykazała, że we wszystkich wymiarach osobowości zachodzą istotne różnice:

- niezawodność: U=7,00, p=.000
- atrakcyjność: U=3,00 p=.002
- kreatywność: U=0,00, p=.012

Można zauważyć znaczne różnice pomiędzy wpływem artykułów o charakterze ogólnym i negatywnym na badane grupy. Podsumowując eksperyment stwierdzono, że informacje o zrównoważonym łańcuchu dostaw i stosowanych działaniach z zakresu CSR wpływają na ocenę wizerunku marki. Porównując średnie różnice ocen poszczególnych grup można zauważyć, że mają one bezpośredni wpływ na wizerunek badanego przedsiębiorstwa. Jednak weryfikując istotność wpływu pozytywnych działań CSR pomiędzy poszczególnymi grupami, nie wykazała ona szczególnego wpływu na ich ocenę. Natomiast weryfikując negatywny wpływ działań CSR stwierdzono istotne różnice wpływu na wizerunek marki.

W badaniu zweryfikowano hipotezę badawczą oraz potwierdzono jej prawidłowość. Informacje zawarte w artykułach prasowych mają istotny wpływ na wizerunek badanego przedsiębiorstwa.

Podsumowanie

Konieczność stosowania koncepcji społecznej odpowiedzialności biznesu (CSR) jest podyktowana szeroko rozumianą globalizacją, która napędza biznes nie tylko w pozytywnym znaczeniu, ale także sprzyja drapieżnej konkurencji. W wyniku dążenia do jak najwyższej zyskowności, podmioty często sięgają po praktyki sprzeczne z prawem lub też mieszczące się w granicach prawa, jednak działające na szkodę interesariuszy czy też niesprzyjające zrównoważonemu rozwojowi.

Rolą Społecznej Odpowiedzialności Biznesu i zrównoważonego łańcucha dostaw jest kierowanie wszystkich elementów sfery gospodarczej ku przedsięwzięciom mającym na celu minimalizację negatywnych skutków działalności. Przedsiębiorstwa każdego rozmiaru postępując zgodnie z tą koncepcją nie tylko przyczyniają się do szeroko rozumianego dobrobytu społecznego, ale również poprzez strategiczne podejście do działań na rzecz interesariuszy mogą budować swoją wartość i przewagę konkurencyjną.

Na podstawie przeprowadzonych badań można wykazać szczególne zainteresowanie konsumentów działaniami z zakresu Społecznej Odpowiedzialności Biznesu. Zrównoważony łańcuch dostaw oraz działania CSR podejmowane przez przedsiębiorstwa nie są ich strategicznym panaceum na uzyskanie wysokiej pozycji na rynku, ale wpływają na ich wizerunek, co wykazano w przeprowadzonych badaniach. Zrównoważona produkcja i dostarczanie wysokiej jakości produktów i usług w optymalnej cenie pozostaje w centrum uwagi konsumentów. Informacje o działaniach CSR zapewniają im poznanie szerszego obrazu przedsiębiorstwa. Zatem działania Społecznej Odpowiedzialności Biznesu powinny być wpisane w misję firmy, będąc jednocześnie częścią zarządzania strategicznego.

Bibliografia

Ahi P., Searcy C. (2013), *A Comparative Literature Analysis of Definitions for Green and Sustainable Supply Chain Management*, „Journal of Cleaner Production", vol. 52, nr 1.

Chandler D. (2016), *Strategic Corporate Social Responsibility. Sustainable Value Creation*, Sage, London.

Ćwik N. (2011), *Wspólna odpowiedzialność. Rola dostaw i zakupów*, „Forum Odpowiedzialnego Biznesu" [online], www.odpowiedzialnybiznes.pl, dostęp: 21.11. 2018.

Eisenegger M. (2009), *Trust and reputation in the age of globalisation*, [w:] J. Klewers, R. Wreschniok (red.), *Reputation Capital. Building and Maintaining Trust in the 21st Century*, Springer–Verlag, Berlin, Heidelberg, ss. 11–22.

Grabowska S., Ocieczek W. (2018), *Społeczna odpowiedzialność biznesu jako istotny element modelu biznesowego przedsiębiorstw hutniczych,* „Hutnik", R. 85, nr 3, ss. 93–94.

Jamali D.R., El Dirani A.M., Harwood I.A. (2015), *Exploring Human Resource Management Roles in Corporate Social Responsibility: the CSR-HRM Co-creation Model*, „Business Ethics: A European Review", vol. 24, no. 2.

Kisperska-Moroń D. (2012), *Społeczna odpowiedzialność łańcuchów dostaw i ich systemów logistycznych (założenia koncepcyjne)*, „Logistyka", nr 4.

Klassen R.D., Vereecke A. (2012), *Social isusses in supply chain: Capabilities link responsibility, risk (opportunity) and performance*, „International Journal of Production Economics", no. 140(1).

Krzysztofek A. (2014), *Zrównoważone zarządzanie łańcuchem dostaw jako element wdrażania społecznej odpowiedzialności*, „Logistyka", nr 5.

Lee H.L. (2011), *Nie majsterkuj przy swoim łańcuchu dostaw. Zaprojektuj go od nowa*, „HBRP", nr 2 (97).

Mortazavi H., Pirmouradi N., Nejad S.A. (2013), *Corporate Social Responsibility*, „Journal of Behavioral Sciences in Asia", vol. 4, ss. 63–77.

Mushanyuri B.E. (2013), *The impact of corporate responsibility on sustainable supply chains: A review of literature*, „Europe Journal of Business and Social Sciences", vol. 1, no. 10.

Rosi B., Cvahte T., Jereb B. (2013), *The Influence of Corporate Social Responsibility on Supply Chain Management*, „Business Logistics in Modern Management", vol. 13.

Szczanowicz J., Saniuk S. (2014), *Implementationof CSR concept in manufacturing companies*, „Management", vol. 1., ss. 71–82.

Urbaniak M. (2015), *The Role of the Concept of Corporate Social Responsibility in Building Relationships and in the Supply Chain*, „LogForum", vol. 11 (2).

Ewa Kaczmar
Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki
ekaczmar@ath.bielsko.pl

Damian Kolny
Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki
dkolny@ath.bielsko.pl

Dorota Więcek
Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki
dwiecek@ath.bielsko.pl

Analiza potencjału inwestycyjnego dla realizacji koncepcji Przemysłu 4.0

Analysis of Investment Potential for the Implementation of the Industry 4.0 Idea

Abstract: Nowadays, if manufacturing companies want to remain competitive, they have to face on challenges of the Industry 4.0 idea, which introduces new era of robotization and computerization. This idea can be implemented in main processes like manufacturing process, but also auxiliary processes including supply logistics processes. During the implementation of investment projects in enterprises there is the problem of investment profitability. The paper presents an analysis of the profitability of investments related to the implementation of solutions in line with the Industry 4.0 philosophy.
Key words: Industry 4.0, investment account, cost calculation

Wprowadzenie

Współczesne środowisko produkcyjne charakteryzuje się silną, globalną konkurencją, przez co przedsiębiorstwa muszą stawić czoła wyzwaniom związanym z szybkością podejmowania trafnych decyzji, radzeniem sobie z dużymi ilościami danych czy elastycznością procesów wytwarzania. Ostatni aspekt jest szczególnie istotny, gdyż zmianie ulega charakter produkcji, z masowej na spersonalizowaną, skierowaną

na potrzeby klienta. To z kolei powoduje skrócenie cyklu życia produktów, szerszy asortyment wyrobów, zmianę procesów na takie, które mają wyższą wydajność i maszyn oraz urządzeń na bardziej elastyczne. Dodatkowo przez rozwój procesów technologicznych, następuje większa komplikacja wszystkich obszarów działalności przedsiębiorstwa. Aby temu sprostać, powstała nowa koncepcja oparta na technologii, narzędziach i wiedzy, symulacji, monitorowaniu i optymalizacji systemów produkcyjnych, określana mianem Przemysłu 4.0 [Wittbrodt, Łapuńka 2017, s. 793].

Kadra kierownicza przedsiębiorstw często zastanawia się, jak wpisać się w ramy kolejnej „rewolucji" przemysłowej. Pomysłów na unowocześnienie może być wiele, jednakże nasuwają się pytania: czy będą one opłacalne, czy zwiększą konkurencyjność firmy na rynku, czy warto inwestować w innowacyjne rozwiązania, a jeśli tak, to po jakim czasie się one zwrócą. Pytania można by mnożyć.

Celem rozdziału jest przedstawienie kalkulacji dla koncepcji wdrożenia projektu inwestycyjnego w przedsiębiorstwie produkcyjnym, a także przedstawienie schematu obliczeń służących ocenie potencjału inwestycyjnego. Przeprowadzanie tego typu analizy i kalkulacji pozwala zorientować się firmom stojącym przed takimi wyzwaniami, jaki jest sens podejmowania decyzji o implementacji rozwiązań dla Przemysłu 4.0.

Wyznaczanie kosztów w projektach inwestycyjnych

Wybór metody kalkulacji kosztów w projektach inwestycyjnych zależy od ich specyfiki oraz stopnia zaawansowania. W fazie planowania i projektowania inwestycji możliwe jest jedynie oszacowanie kosztów, gdyż nie można uzyskać dokładnych informacji o ich wysokości, a jedynie bazować na danych historycznych czy prognozach ekspertów. Określenie wydatków możliwe jest dopiero po zakończeniu projektu, gdy znana jest wysokość i rodzaj zobowiązań. Kalkulacja obejmuje wyznaczenie kosztów bezpośrednich (związanych ze zużyciem zasobów) oraz pośrednich (wymagana znajomość sytuacji wewnętrznej przedsiębiorstwa) [Górecki 2010, s. 112].

Każdorazowo określanie kosztów przedsięwzięć, czy to planowanych czy rzeczywistych, jest zadaniem z pozoru prostym, jednak wymaga znajomości szczegółów organizacyjno-technicznych oraz struktury poszczególnych składników wydatków. Dodatkowo w przypadku szacowania wartości planowanej inwestycji, niezbędna jest umiejętność oceny ryzyka wystąpienia zakłóceń, opóźnień czy innych problemów. Celem redukcji ponoszonych kosztów konieczna jest znajomość rozmiarów ich powstawania, ale także miejsc oraz nośników [Górecki 2010, s. 112].

Projekty inwestycyjne wiążą się z ryzykiem, jednak są podejmowane w celu podnoszenia poziomu innowacyjności przedsiębiorstw oraz uzyskania większych wpływów środków pieniężnych niż wydatków poniesionych na ich sfinansowanie. Dlatego dla inwestorów rachunek inwestycyjny ma bardzo duże znaczenie, gdyż pozwala wyznaczyć stopę zwrotu z zainwestowanego kapitału oraz określić opłacalność całego przedsięwzięcia [Halicki 2015, s. 87].

Podstawę badania opłacalności inwestycji stanowi określenie wielkości takich elementów jak: produkcja, przychody, koszty oraz ryzyko. Posiadanie tych informacji pozwala na ocenę efektywności ekonomicznej przedsięwzięć poprzez kalkulację następujących czynników: zysku netto i zysku operacyjnego, okresu i prostej stopy zwrotu, zdyskontowanej stopy zwrotu, wewnętrznej stopy zwrotu czy zaktualizowanej wartość netto. Zakres wykonania analizy inwestycji dobierany jest przy uwzględnieniu charakteru oraz etapu projektu inwestycyjnego. Do oceny projektów o małym zakresie wykorzystuje się proste metody, natomiast przy ocenie przedsięwzięć o różnym czasie użytkowania, wykorzystuje się metody wspólnego okresu użytkowania. We wstępnej ocenie inwestycji bazuje się na metodach uproszczonych [Jasiński, Dykiel, Ślusarczyk 2015, s. 58].

Dodatkowo przed rozpoczęciem inwestycji można przystąpić do procesu analizy projektu i podejmowania decyzji, co zwane jest preliminowaniem wydatków inwestycyjnych lub budżetowaniem kapitałowym. Jest to bardzo istotny aspekt procesu tworzenia projektu inwestycyjnego, bowiem dzięki temu można identyfikować potencjalne zagrożenia, przeprowadzić ocenę projektu, a zarazem podjąć właściwą decyzję odnośnie inwestycji. Budżetowanie kapitałowe zależnie od wielkości przedsięwzięcia składa się z kilku bądź kilkunastu czynności, w szczególności badawczych i analitycznych, które mają na celu zidentyfikowanie obszarów zagrożeń mogących wystąpić w pewnych okolicznościach podczas realizacji projektu inwestycyjnego. Większość tych analiz opiera się na prognozie przyszłych wpływów (*cash flow*) w odniesieniu do zysków oraz kosztów projektu. W procesie zarządzania finansami organizacji stosowane jest kilka metod, które ułatwiają podjęcie właściwej decyzji inwestycyjnej. Należą do nich analizy [Jasiński, Dykiel, Ślusarczyk 2015, ss. 77–78]: wskaźnikowa, progu rentowności, wrażliwości, scenariuszy.

Celem analizy wskaźnikowej jest kompleksowa ocena funkcjonowania przedsiębiorstwa, jego efektywności oraz dostarczenie informacji o sytuacji finansowo-majątkowej. Może wykorzystywać informacje ze sprawozdań finansowych przedsiębiorstwa i obejmować takie wskaźniki, jak np. [Jasiński, Dykiel, Ślusarczyk 2015, ss. 78–79]:

- wskaźniki płynności finansowej – informujące o zdolności organizacji do terminowej regulacji zobowiązań,
- wskaźniki obrotowości – umożliwiające ocenę efektywności zasobów majątkowych firmy,
- wskaźniki zadłużenia – dające informacje o możliwościach obsługi całości zadłużenia przez przedsiębiorstwo,
- wskaźniki rentowności – określające efektywność działania organizacji.

Są one niezwykle istotne dla przedsiębiorstwa, pomimo iż nie służą bezpośrednio do oceny inwestycji. Analiza progu rentowności dostarcza informacji o poziomie równowagi, to znaczy punktu, w którym przychody ze sprzedaży równają się kosztom poniesionym na produkcję. Analiza scenariuszy stanowi odmianę analizy wrażliwości. Metoda ta polega na rozwijaniu specyficznych scenariuszy w przyszłości, celem zbadania wrażliwości projektu inwestycyjnego na zajście sytuacji przewidzianych w scenariuszu [Jasiński, Dykiel, Ślusarczyk 2015, ss. 80–81].

Analiza potencjału inwestycyjnego

Przy ocenie potencjału inwestycyjnego projektów wdrażanych w przedsiębiorstwach bardzo często wykorzystywane są metody rachunku inwestycyjnego, które wspomagają podejmowanie decyzji poprzez bezpośrednie określenie opłacalności poszczególnych zamierzeń. Pozwalają one na wybór obiektów inwestycyjnych w przypadku rozmaitych wariantów inwestowania poprzez zastosowanie kryterium opłacalności. Dodatkowo techniki rachunku inwestycyjnego służą zmniejszeniu niepewności w przedsiębiorstwie, jednak każda z nich ma swoje wady i zalety, które powinny być znane dyrekcji przedsiębiorstwa [Vollmuth 1995, s. 88].

W celu dokonania analizy potencjału inwestycyjnego, potrzebne jest zebranie odpowiednich danych zarówno wewnętrznych, jak i zewnętrznych. Do wewnętrznych, szczególnie istotnych z punktu widzenia rachunku inwestycyjnego, zaliczyć można [Vollmuth 1995, s. 90]:

- nakłady kapitałowe na obiekt inwestycyjny,
- okres użytkowania obiektu,
- dochodowość obiektu,
- kalkulacyjną stopę procentowa,
- wartość końcowa lub przychód z likwidacji,
- koszty stałe i zmienne,
- wydatki i przychody,
- jednostki pomiaru wydajności.

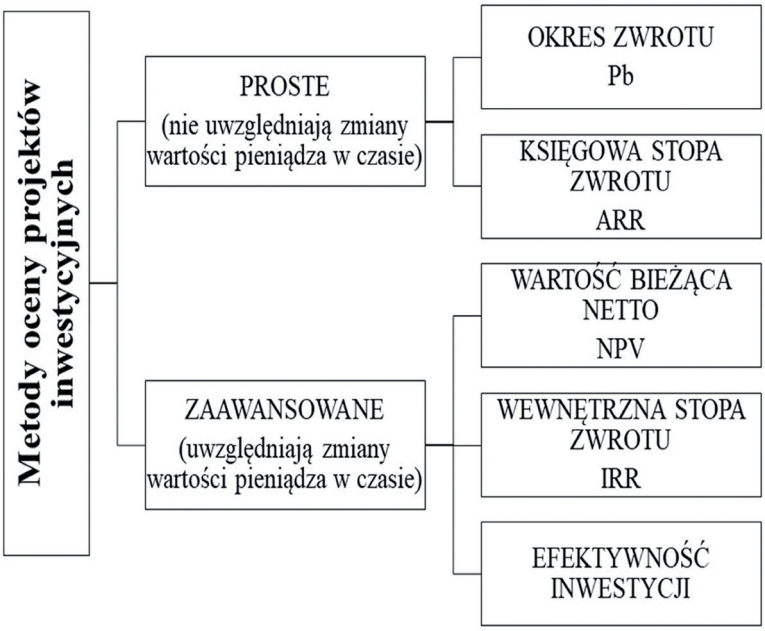
Natomiast do danych zewnętrznych, użytecznych w rachunku inwestycyjnym, zalicza się między innymi [Vollmuth 1995, s. 89]:

- postęp techniczny,
- ustawodawstwo,
- koniunkturę,
- rozwój cen,
- zachowanie konkurencji,
- rozwój rynku zaopatrzeniowego, kapitałowego oraz zbytu,
- ochronę środowiska,
- nowe technologie,
- przesunięcia popytu,
- sytuację na rynku pracy.

Ewidencja danych potrzebnych do obliczeń musi być bardzo dokładna. W praktyce ich zbieranie dla rachunków inwestycyjnych może przysparzać trudności, gdyż potrzebne są szczególnie dane prospektywne [Vollmuth 1995, s. 88].

Kolejnym krokiem w analizie jest wybór metody oceny projektu inwestycyjnego. Pod względem opłacalności projektu można wyróżnić metody przedstawione na rysunku 1. Oprócz nich, literatura wskazuje także na: rachunek wyników, zwrot z inwestycji, metody analizy progów rentowności czy techniki analizy wrażliwości przedsięwzięć inwestycyjnych [Jasiński, Dykiel i Ślusarczyk 2015, s. 63].

Rysunek 1. Metody oceny projektów inwestycyjnych



Źródło: [Więcek, Więcek 2015].

Zastosowanie wyżej przedstawionych metod oceny projektów inwestycyjnych pozwala na analizę projektów w fazie ich planowania, dzięki czemu daje podstawy do podejmowania decyzji o przyjęciu bądź odrzuceniu projektu.

Analiza potencjału inwestycyjnego przykładowego projektu

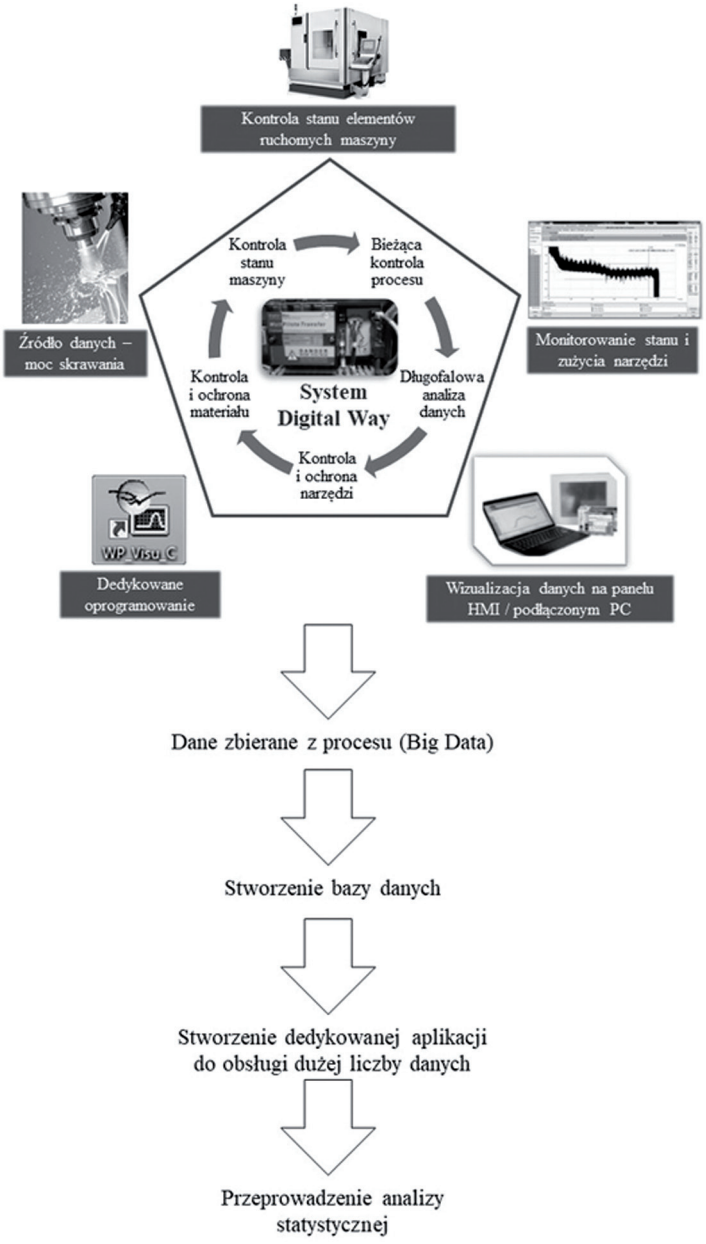
Idea Przemysłu 4.0 to wizja inteligentnych fabryk, stworzonych z systemów cyberfizycznych. Spełnienie założeń tej koncepcji prowadzi do autonomii inteligentnych systemów produkcyjnych, zdolnych do samokontroli, samokonfiguracji oraz naprawiania się. Do głównych elementów Przemysłu 4.0 zalicza się: Internet rzeczy, systemy cyberfizyczne, inteligentne fabryki, produkcję opartą na chmurze obliczeniowej, rozszerzoną rzeczywistość czy analizę dużej liczby danych tzw. big data [Wittbrodt, Łapuńka 2017].

W rozdziale podjęto analizę koncepcji przykładowego projektu wpisującego się w ramy Przemysłu 4.0. Inwestycja oparta jest na systemie bieżącej kontroli i monitorowania procesów obróbki skrawaniem (rysunek 2). Głównym zadaniem proponowanego układu jest równoczesna realizacja zadań o charakterze operacyjnym dla procesu skrawania (rejestracja przebiegu procesu, zatrzymanie go w razie awarii jednej z części składowych procesu, przekroczenie zadanych granic tolerancji w razie zużycia bądź uszkodzenia narzędzia itp.). W tym celu konieczna jest współpraca i połączenie

kilku systemów, podzespołów i elementów w scalonym układzie. Istotą nowego układu jest rozszerzenie działania wcześniej wdrożonego systemu monitorowania i kontroli zużycia narzędzi. System tego typu umożliwia generowanie danych o procesach w sposób bieżący, a także daje możliwość pozyskania dodatkowych danych w sposób pasywny, które z operacyjnego punktu widzenia nie są istotne.

System monitorowania, którego dotyczy koncepcja, wpisuje się w ideę Przemysłu 4.0 stanowiąc system cyberfizyczny. Posiada on strukturę pomiarową oraz własny algorytm obliczeniowy, co przekłada się na zdolność zbierania i przetwarzania danych. Część pomiarowa systemu jest szeregowo połączona z wrzecionem obrabiarki, natomiast część przetwarzająca komunikuje się z programowalnym sterownikiem logicznym PLC oraz sterowaniem CNC. Za pomocą dedykowanego oprogramowania jest w stanie obrazować krzywe obróbki, krzywe alarmów, stopień zużycia narzędzia oraz daje możliwość zmiany parametrów kontrolnych. Dzięki podłączeniu do systemu zewnętrznego komputera istnieje możliwość prowadzenia analizy danych w długim przedziale czasowym, dzięki możliwości gromadzenia i przechowywania danych. System sam w sobie posiada olbrzymi potencjał w zakresie przetwarzania danych, który nie jest w pełni wykorzystany. Koncepcja zakłada, że będzie nadal realizował zadania bieżącej kontroli, a dodatkowo zbierał i wysyłał wzbogacone dane na dedykowany serwer. Stworzą one rejestr operacji zawierający szczegółowe informacje o czasach, pracownikach, narzędziach, awariach itp. Oznacza to, że będą pozyskiwane nie tylko dane o samym procesie, ale także o obrabianym przedmiocie, typie i parametrach wykorzystanego narzędzia do operacji, a także o jego statystykach pracy (liczba wykonanych przebiegów, czas pracy, osiągnięta żywotność w czasie awarii itp.).

Rysunek 2. Koncepcja realizacji idei Przemysłu 4.0



Źródło: opracowanie własne na podstawie [Kolny 2018, ss. 50–53].

Narzędzia będą wprowadzane do systemu dzięki zastosowaniu etykiet RFID. W dłuższym przedziale czasowym dane zbierane z procesu osiągają skalę masową, co oznacza, że wpisują się w obszar tzw. big data. Obsługa takiej ilości danych przekracza możliwości ogólnodostępnych baz. W związku z tym koncepcja wymaga odpowiedniej aplikacji stworzonej do przetwarzania tej ilości informacji oraz ich analizy pod względem statystycznym. Dzięki niej możliwe będzie podejmowanie wielu decyzji, nie tylko o charakterze operacyjnym, ale również strategicznym, w kontekście chociażby wyboru dostawcy narzędzi. Uzyskanie informacji na temat częstotliwości i przebiegu występowania defektów narzędziowych (również materiałowych w obrabianym przedmiocie), może być podstawą do prowadzenia oceny i wyboru dostawców. Dodatkowo prowadzona analiza statystyczna występowania awarii narzędzi i czasu realizacji zamówień od klientów pozwala wyznaczyć moment, w którym przedsiębiorstwo powinno składać zamówienie na narzędzia.

Dla oceny opłacalności wdrożenia omówionej koncepcji w przedsiębiorstwie należy rozpocząć od zebrania danych o poniesionych kosztach na cel inwestycji. Pod uwagę należy wziąć szereg aspektów mających wpływ na poniesione wydatki wdrożenia oraz późniejszej eksploatacji. Wśród tych danych analizie zostaną poddane koszty bezpośrednie [Kolny, Kaczmar 2017, s. 452]:

- związane z zakupem systemu monitorowania i oprogramowania,
- zakupu oprogramowania do obsługi dużej ilości danych i tworzenia analiz statystycznych,
- montażu oraz instalacji systemu monitorowania,
- instalacji oprogramowania statystycznego i oprogramowania do obsługi dużej ilości danych,
- parametryzacji systemu dla danych procesów,
- zakupu dodatkowych komputerów, serwerów oraz paneli PC,
- szkoleń pracowników oraz zatrudnienia nowych kandydatów,
- dodatkowe koszty obsługi i eksploatacji.

Oszacowanie ich zależy od wielu czynników, takich jak: wielkość przedsiębiorstwa, rodzaj procesu, dla którego ma być wdrożona koncepcja, wielkość wdrożenia itp. Dodatkowo koszty mogą różnić się w zależności od tego, czy systemy monitorowania i obsługi danych będą projektowane specjalnie dla przedsiębiorstwa, a ponadto czy firma zdecyduje się na zakup komercyjnego systemu bądź oprogramowania. W procesie szacowania kosztów poniesionych na inwestycje należy uwzględnić wydatki pośrednie związane z procesami zarządzania projektem.

Dla zaprezentowania sposobu obliczenia wykorzystano przykładowe przedsiębiorstwo branży motoryzacyjnej. Posłużono się procesem skrawania realizowanym na czterech obrabiarkach CNC, gdzie wykorzystanych jest łącznie 16 narzędzi. Ich żywotność każdorazowo wynosi 800 sztuk, a cena jednej to 400 zł. Narzędzia mogą zostać poddane regeneracji, której koszt wynosi 60 zł za sztukę.

Na każdej zmianie roboczej produkowanych jest 800 sztuk wyrobu A. W związku z tym wdrożenie koncepcji wymagało zakupu czterech systemów monitorowania dostępnych na rynku, a każdy odpowiedniego zainstalowania na maszynach wraz z parametryzacją. Dlatego szacunkowe nakłady na inwestycje, powiększone o koszty

pośrednie, wynoszą około 1 mln zł. Kwota ta stanowi przybliżenie i w zależności od wielkości przedsiębiorstwa, liczby procesów, operacji, czasu projektu, wymaganego dodatkowego sprzętu, wyboru systemu monitorowania i oprogramowania statystycznego i do obsługi baz danych, może ulec zmianie. Jednak w celu zaprezentowania sposobu oceny inwestycji dla przykładowego przedsiębiorstwa przyjęto kwotę 1 miliona złotych, w której mieszczą się wszystkie wyżej wymienione składniki kosztów [Kolny, Kaczmar 2017, s. 450].

Pierwszą i jedną z najbardziej powszechnych metod oceny inwestycji jest obliczenie okresu zwrotu (Payback Period) z inwestycji. Okres zwrotu oznacza czas, jaki minie do momentu, gdy nakłady na inwestycje i wpływy pieniężne netto z inwestycji zrównają się. Metoda ta nie uwzględnia czynnika czasu, gdyż liczy wpływy w nominalnych wartościach [Więcek, Więcek 2015, s. 126]. Okres zwrotu wymaga oszacowania wpływów z inwestycji w każdym roku, jednak metoda ta może być stosowana wyłącznie wtedy, gdy wpływy pieniężne w każdym roku trwania inwestycji są jednakowe. W przypadku gdy są różne, wyznaczanie okresu zwrotu sprowadza się do porównywania skumulowanych rocznych wpływów z projektu inwestycyjnego z wysokością nakładów początkowych [Jasiński, Dykiel, Ślusarczyk 2015, s. 70]. W omawianym przypadku wpływy w każdym roku mogą się różnić, jednak dla zaprezentowania metody uśredniono je do jednej wartości. Niewątpliwie jednak przedsiębiorstwo zaoszczędzi, dzięki korzyściom wynikającym z wdrożenia systemów, do których zaliczyć można m.in.: redukcję liczby złamań narzędzi dzięki monitorowaniu procesów, oszczędności wynikające z usprawnienia logistyki zaopatrzenia w narzędzia czy redukcję liczby produkowanych wadliwych wyrobów w związku z defektami narzędzi itp. Przyjęto założenie dla analizowanego przypadku, że średnioroczne wpływy z inwestycji wynoszą 220 000 zł, których głównym źródłem są oszczędności z tytułu redukcji częstości występowania wad procesowych wskutek zastosowania systemu. Poniżej przedstawiono prognozę wpływów dla kolejnych lat, przy założeniu, że inwestycja rozpoczęła się w roku 2018 (tabela 1).

Tabela 1. Prognoza wpływów z inwestycji dla kolejnych lat

Dane	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Nakłady inwestycyjne	-1 000 000,00 zł					
Wpływy		340 000,00 zł	340 000,00 zł	340 000,00 zł	340 000,00 zł	340 000,00 zł
Wpływy narastająco		340 000,00 zł	680 000,00 zł	1 020 000,00 zł	1 360 000,00 zł	1 700 000,00 zł
Suma nakładów i wpływów narastająco		-660 000,00 zł	-320 000,00 zł	20 000,00 zł	360 000,00 zł	700 000,00 zł

Źródło: opracowanie własne.

Natomiast okres zwrotu liczony jest jako iloraz łącznych nakładów w zł (N) i średniorocznych wpływów pieniężnych netto (W_r):

$$Oz = \frac{N}{W_r} = \frac{1\,000\,000}{340\,000} = 2{,}941 = 2\ lata + 0{,}941 \times 12\ m - cy$$

$$\boldsymbol{Oz = 2\ lata\ i\ 11\ m - cy}$$

Powyższe obliczenia wskazały, że inwestycja dla omawianego przypadku powinna zwrócić się po około 2 latach i 11 miesiącach. Po upływie tego czasu przedsiębiorstwo będzie czerpać zysk z inwestycji. Zaletą tej metody jest prostota obliczeń, natomiast główną wadą brak uwzględnienia zmiany wartości środków pieniężnych w czasie. Dodatkowo nie uwzględnia ona przepływu środków pieniężnych po upływie okresu zwrotu [Jasiński, Dykiel, Ślusarczyk 2015, s. 70]. Wobec tego, jedyną procedurą w pełni zgodną z celem działania firmy, tj. z maksymalizacją dochodów, jest metoda wartości bieżącej netto (NPV – Net Present Value), czyli różnicy między bieżącą, skumulowaną wartością przyszłych wpływów a nakładami – kwotą początkową inwestycji. Uwzględnia ona zmianę wartości pieniądza w czasie poprzez proces zwany dyskontowaniem. Oznacza to, że wpływy z danych okresów sprowadza się do porównywalnych wartości, uwzględniając spadek wartości pieniądza w czasie. Wartość bieżąca netto wyznaczana jest według wzoru [Więcek i Więcek 2015, s. 130]:

$$NPV = \frac{CF_1}{(1+i)^1} + \frac{CF_2}{(1+i)^2} + \cdots + \frac{CF_n}{(1+i)^n} - N$$

gdzie: N – nakłady inwestycyjne,
CF – przyszłe wpływy,
i – stopa dyskonta – stopa procentowa odsetek,
n – liczba okresów, na którą jest dyskontowana wartość przyszła.

Obliczenia powyższej formuły zostały przedstawione w tabeli 2.

Tabela 2. Obliczenia wartości współczynnika NPV przy stopie dyskonta równej 10%

Rok	Roczne strumienie pieniężne	Współczynnik dyskontowy przy stopie dyskonta 10%	Zdyskontowane roczne strumienie pieniężne	Skumulowane Zdyskontowane roczne strumienie pieniężne
0	-1 000 000,00 zł	1,00000	-1 000 000,00 zł	-1 000 000,00 zł
1	340 000,00 zł	0,90909	309 090,91 zł	-690 909,09 zł
2	340 000,00 zł	0,82645	280 991,74 zł	-409 917,36 zł
3	340 000,00 zł	0,75131	255 447,03 zł	-154 470,32 zł
4	340 000,00 zł	0,68301	232 224,57 zł	77 754,25 zł
5	340 000,00 zł	0,62092	211 113,25 zł	288 867,50 zł

Źródło: opracowanie własne.

Obliczenia w tabeli 2 zostały wykonane przy założeniu, że stopa dyskonta wynosi 10%. Poziom ten został przyjęty na bazie oceny ekspertów. Stopa dyskonta to tzw.

koszt kapitału i stanowi on planowany i zarazem minimalny zwrot nakładów na inwestycję, który jest wymagany przez kapitały długoterminowe [Więcek, Więcek 2015, s. 131]. Współczynnik dyskontowy w analizowanym przypadku został wyznaczony ze wzoru:

$$\textit{współczynnik dyskontowy} = \frac{1}{(1+i)^n}$$

Natomiast zdyskontowane roczne strumienie pieniężne zostały obliczone jako iloczyn współczynnika dyskontowego i rocznych strumieni pieniężnych. Dla przyjętych danych wartość NPV po pięciu latach jest dodatnia i wynosi 288 867,50 zł, co stanowi, że opłacalność inwestycji jest większa niż przyjęty koszt kapitału.

Dodatkowo znając wartość nakładów i wpływów wyznaczyć można wewnętrzną stopę zwrotu (IRR – Internal Rate of Return) czyli stopę dyskonta, dla której zaktualizowana wartość nakładów pieniężnych jest równa zaktualizowanej wartości wpływów. Oznacza to, że wartość bieżąca netto wynosi 0, a zatem graniczna stopa dyskonta, dla której inwestycja nie przynosi ani straty, ani zysku. Sposób wyznaczania wartości wewnętrznej stopy zwrotu przedstawia wzór [Więcek, Więcek 2015, s. 132]:

$$NPV = \sum_{n=1}^{N} \frac{CF_1}{(1+i)^1} - N = 0$$

Na podstawie powyższej formuły obliczono, że wartość wewnętrznej stopy zwrotu wynosi w analizowanym przypadku w przybliżeniu 20,76%, co potwierdza efektywność realizacji inwestycji. Sama procedura obliczania IRR jest pracochłonna i daje możliwość jedynie przybliżenia wartości. Pomimo zalet, metoda ta ma ograniczenia, ponieważ może istnieć kilka wartości IRR z matematycznego punktu widzenia. Sytuacja taka ma miejsce w przypadku ponoszenia nakładów, np. na likwidację inwestycji w fazie końcowej działalności [Jasiński, Dykiel, Ślusarczyk 2015, s. 76].

Literatura wyróżnia także wskaźnik rentowności (RI), nazywany wskaźnikiem zyskowności. Jest to iloraz sumy dodatnich zdyskontowanych przepływów pieniężnych do sumy ujemnych zdyskontowanych przepływów pieniężnych [Jasiński, Dykiel, Ślusarczyk 2015, s. 77]:

$$PI = \frac{\sum_{t=0}^{T} \frac{CIF_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^{T} \frac{COF_t}{(1+i)^t}}$$

gdzie:
CIF_t – dodatnie przepływy pieniężne w roku t,
COF_t – ujemne przepływy pieniężne w roku t,

T – okres obliczeniowy wyrażony w latach, będący sumą okresu budowy oraz okresu osiągania dodatnich przepływów finansowych.

Przedsięwzięcie inwestycyjne przyjmuje się do realizacji, jeżeli wartość PI jest większa od 1. W przypadku wyboru pomiędzy kilkoma inwestycjami przyjmuje się tą, o najwyższej wartości wskaźnika rentowności. Wskaźnik ten liczy się jedynie dla inwestycji, które osiągnęły dodatnią wartość NPV [Jasiński, Dykiel, Ślusarczyk 2015, s. 77].

Prezentowane obliczenia zostały wykonane na przyjętych danych, które dla każdego przedsiębiorstwa, w zależności od wielu czynników, mogą się różnić między sobą. W każdym przypadku przed podjęciem inwestycji powinna być prowadzona podobna analiza, celem oceny czy inwestycja przyniesie dla przedsiębiorstwa w założonym okresie projektu korzyści finansowe czy stratę.

Zakończenie

Aktualnie czwarta rewolucja przemysłowa, zwana także Przemysłem 4.0, zyskuje na popularności zarówno w sferze naukowej, jak i w przemyśle. Przedsiębiorstwa chcąc wpisać się w standardy 4.0 wdrażają nowe systemy i rozwiązania, bardziej ze sobą integrowane, by w jak największym stopniu wspierać decyzje podejmowane przez człowieka. Z perspektywy potencjału ekonomicznego nie wszystkie innowacyjne przedsięwzięcia są opłacalne do wdrożenia. Literatura wyróżnia wiele różnych metod w ramach rachunku inwestycyjnego, które służą ocenie inwestycji, różniące się między sobą złożonością czy możliwością zastosowania. Jednak sama analiza projektu inwestycyjnego nie jest wystarczająca. Należy dodatkowo zbadać efektywność działania organizacji oraz jej sytuację finansowo-majątkową. W rozdziale przedstawiona została koncepcja, która wspiera decyzje podejmowane przez zespół pracowników w obszarze logistyki zaopatrzenia, ale nie tylko. Wdrożenie systemów monitorowania i zintegrowanych z nimi systemów do obsługi i analizy dużej ilości danych, dostarcza użytkownikom wiele różnorodnych informacji, dotychczas niepozyskiwanych na tę skalę. Ocena potencjału inwestycyjnego wdrożenia przedstawionej koncepcji w przykładowym przedsiębiorstwie wykazała zasadność i efektywność inwestowania w takie rozwiązania.

Bibliografia

Górecki J. (2010), *Analiza struktury kosztów budowlanych przedsięwzięciach inwestycyjnych*, „Czasopismo Techniczne. Budownictwo", nr 1, ss. 111–118.

Halicki M. (2015), *Inwestycje – charakterystyka pojęcia i podstawy rachunku inwestycyjnego*, „Przegląd Geopolityczny", nr 12, ss. 85–93.

Jasiński G., Dykiel M., Ślusarczyk B. (2015), *Ocena efektywności ekonomicznej przedsięwzięcia inwestycyjnego* [w:] *Efektywność zarządzania zasobami organizacyjnymi*, Prace Naukowo -Dydaktyczne PWSZ im. Stanisława Pigonia w Krośnie, Krosno, ss. 57–86.

Kolny D. (2018), *A modern approach to supervising the machining process* [w:] *InvEnt 2018: industrial engineering – invention for enterprise: proceedings*, CEIT, Žilina, ss. 50–53.

Kolny D., Kaczmar E. (2017) *Analiza eliminacji strat dla wdrożenia systemu monitorowania obróbki skrawaniem z punktu widzenia potencjału ekonomicznego* [w:] *Projekt interdyscyplinarny projektem XXI*, wieku t. 1, Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej, Bielsko-Biała, ss. 445–454.

Vollmuth H.J. (1995), *Controlling – instrumenty od A do Z*, Agencja Wydawniczo-Poligraficzna „Placet", Warszawa.

Więcek D., Więcek D. (2015), *Wybrane zagadnienia z rachunku kosztów dla inżynierów*, Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej, Bielsko-Biała.

Wittbrodt P., Łapuńka I. (2017), *Przemysł 4.0 – wyzwanie dla współczesnych przedsiębiorstw produkcyjnych* [w:] R. Knosala (red.), *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji,* t. 2, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole, ss. 793–799.

Sabina Kauf
Uniwersytet Opolski
skauf@uni.opole.pl

Technologia Blockchain i jej zastosowanie w zarządzaniu łańcuchem dostaw

Blockchain Technology and Its Application in Supply Chain Management

Abstract: Blockchain is a new technology that allows for decentralized data storage and data verification. Recently, this technology has been gaining more and more interest from representatives of various industries, including logistics and supply chain management. There are more and more voices that Blockchain technology will revolutionize existing business models. However, current research in this area are limited, especially in the logistics and supply chain. Therefore, the aim of this study is the identification of the Blockchain Technology benefits and presenting the potential areas of its application in the supply chain.
Key words: Blockchain, Logistic, Supply Chain Management, innovation

Wprowadzenie

Technologia Blockchain, podobnie jak Industry 4.0, zrewolucjonizuje przemysł i funkcjonowanie łańcuchów dostaw [Friedlmaier, Tumasjan, Welpe 2018; Hackius, Petersen 2017; O'Marah 2017]. Posiada ogromny potencjał reorganizacji, dzięki któremu mogą ulec zmianie dotychczasowe sposoby wytwarzania produktów, wprowadzania ich na rynek, a także użytkowania [Casey, Wong 2017; Dickson 2016]. Wykorzystuje ona rozproszony model gromadzenia danych, a wprowadzona została w roku 2009. Zdaniem ekspertów jej wdrożenie powinno przyczynić się do usprawnienia działań wzdłuż całego łańcucha dostaw, a w szczególności umożliwi śledzenie w czasie rzeczywistym tego, co dzieje się na poszczególnych etapach tworzenia wartości [Casey, Wong 2017]. Jednak problematyka Blockchain jest jak do tej pory mało obecna zarówno w dyskursie naukowym, jak i praktyce gospodarczej. A to sprawia, że managerowie nie tylko nie dysponują odpowiednią wiedzą w zakresie korzyści, jakie może przynieść

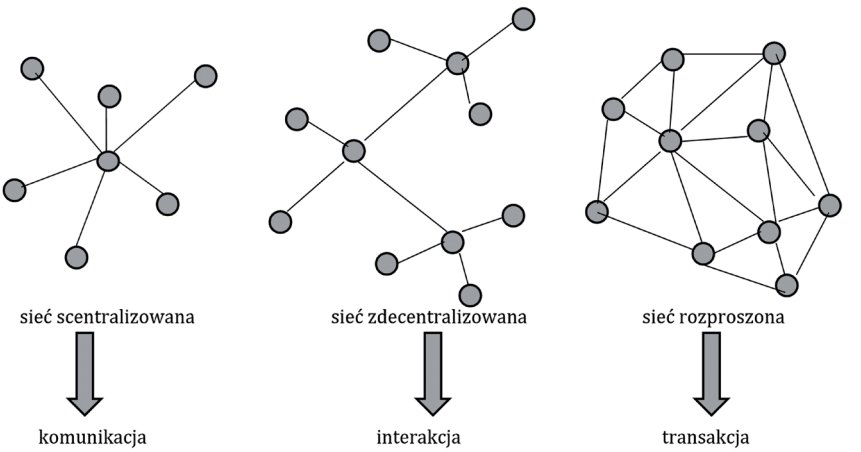
implementacja Blockchain, ale także potencjalnych obszarów jej zastosowania. Dlatego za cel niniejszego opracowania przyjęłam identyfikację potencjalnych zysków wynikających z zastosowania technologii Blockchain oraz wskazanie możliwych jej zastosowań w łańcuchu dostaw.

Technologia Blockchain – czym jest i jak działa

Poszukując odpowiedzi na tak postawione pytanie, warto odwołać się do historii Internetu. Początek jego rozkwitu datować możemy na przełom lat 70. i 80. ubiegłego stulecia. Wówczas zaczęto posługiwać się e-mailem i wykorzystywać oprogramowanie WWW. Na rynku istniały jednak tylko pojedyncze serwery, do których dostęp miała ograniczona liczba użytkowników. W efekcie struktura sieci była względnie płaska – scentralizowana, a jej kluczowym zadaniem było komunikowanie się subskrybentów. Wraz z rozwojem sieci Web 2.0 i pojawieniem się wyszukiwarek typu Google, coraz więcej firm integrowało w sieć własne serwery. Dzięki temu szerokie grono użytkowników uzyskało nieograniczony czasowo dostęp do zasobów sieci. Web 3.0 i pojawienie się platform społecznościowych poskutkowało zaś jej decentralizacją. Kontakty uczestników przestały polegać jedynie na wzajemnym komunikowaniu, a przerodziły się w interakcje.

Blockchain wykorzystuje najnowszej generacji sieci rozproszone, w których na pierwszym planie znajdują się transakcje (bez względu na ich przedmiot). Zawierając je, każdy staje się częścią sieci i może zarządzać pełnym łańcuchem bloków. Wszyscy użytkownicy w dowolnym momencie są wstanie zobaczyć, kto jest właścicielem danego zasobu, które transakcje są aktualnie realizowane, a także całą ich historię (rysunek 1).

Rysunek 1. Sieć rozproszona jako punkt wyjścia realizacji transakcji w technologii Blockchain



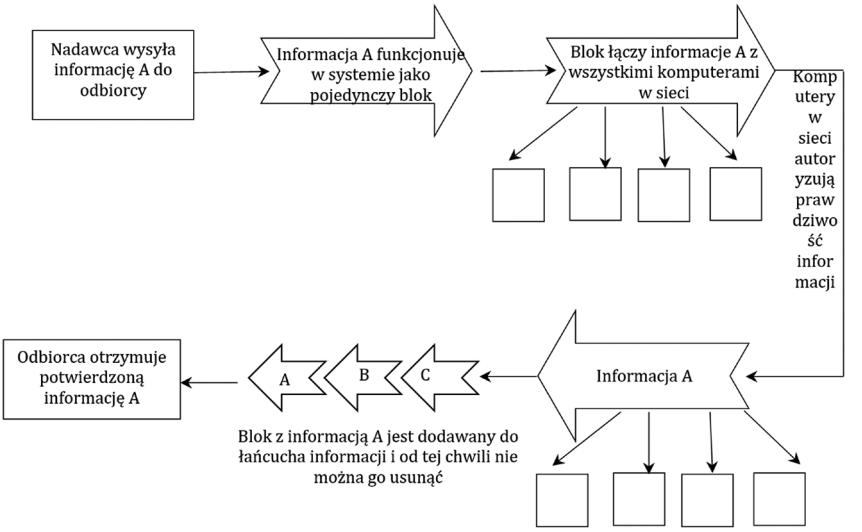
Źródło: opracowanie własne.

Blockchain jest innowacyjną technologią bazującą na rozproszonych i powszechnie dostępnych rejestrach danych, będących zbiorową księgą rachunków. Pozwala ona na zapisywanie informacji o każdej transakcji w formie bloków danych. Każdy z nich mieści określoną liczbę transakcji. Po zapełnieniu bloku tworzony jest następny. Konstrukcje te łączą się w integralny łańcuch. W celu dodania do księgi kolejnej transakcji, konieczne jest udostępnienie jej w sieci Peer-to-Peer (tabela 1). Jest to jednoznaczne z zapisywaniem informacji u wszystkich uczestników systemu, we wspólnej bazie danych (distributet ledger). Jednak każdy uczestnik sieci przechowuje własną, lokalną kopię księgi. Baza jest ogólnodostępna – każdy może do niej dołączyć, uzyskuje jednak wgląd tylko do tych danych, które dotyczą jego własnych działań. Inne pozostają niewidoczne.

Technologia Blockchain wykorzystuje metody kryptograficzne, uniemożliwiające zmiany raz wpisanych informacji bez wiedzy innych uczestników systemu [Pilkington 2016]. Co raz zostało zakodowane, nie może zostać usunięte ani sfałszowane. Wszystkie wymiany informacji między komputerami autoryzowane są przez tzw. zaufaną trzecią stronę, tzn. wszystkich uczestników sieci. Modyfikacja danych możliwa jest tylko po zatwierdzeniu, zgodnym z przyjętymi regułami, odpowiadającymi kodom innych rejestrów. W ten sposób powstaje zależność blokowa. Zmiana transakcji z mocą wsteczną wymagałaby nie tylko zmiany lokalnych zapisów na większości urządzeń uczestników sieci, ale także skrótu kryptograficznego każdego bloku w łańcuchu. Co więcej, każdy blok opatrzony jest unikalnym, niemożliwym do podrobienia podpisem, zwanym hash. Czynność musi zostać potwierdzona także kluczem prywatnym, tzn. ciągiem znaków, znanych tylko podmiotom bezpośrednio zaangażowanym w transakcję. Jedynie właściciel klucza prywatnego może zainicjować zmiany [Iansiti, Lakhani 2017]. Członkowie sieci mogą pozostać anonimowi, gdyż klucze nie są powiązane z rzeczywistymi tożsamościami.

Dzięki algorytmowi konsensusu Blockchain jest niezmienny. Wszyscy członkowie sieci mogą weryfikować transakcje w bloku. Jeżeli nie osiągnięto konsensusu co do ważności nowego bloku, zostaje on odrzucony. Podobnie, jeśli istnieje konsensus, że transakcje w bloku są ważne, to jest on dodawany do łańcucha. Dla każdego bloku generowany jest skrót kryptograficzny. Blok nie tylko przechowuje rekordy transakcji, ale także hash poprzedniego bloku. W ten sposób sieć może wykryć niezgodności pojedynczej kopii z konsensusem, tzn. fałszywa transakcja jest niezgodna z kopiami posiadanymi przez innych użytkowników sieci. To sprawia, że system zapewnia nie tylko bezpieczeństwo techniczne, ale i ekonomiczne. Sposób funkcjonowania technologii Blockchain przedstawia rysunek 2.

Rysunek 2. Zasada funkcjonowania technologii Blockchain



Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Niezgoda, 2018].

Transakcje w rozproszonych i zdecentralizowanych sieciach nie wymagają pośredników (banków, rządów, organów kontroli). Partnerzy zyskują bezpieczeństwo transakcji dzięki zapisywaniu danych u wszystkich uczestników sieci oraz możliwości stałego ich przeglądania. W ten sposób technologię Blockchain cechuje niezaprzeczalność i niefałszowalność transakcji. Podstawowe charakterystyki technologii Blockchain przedstawi tabela 1.

Tabela 1. Podstawowe charakterystyki technologii Blockchain

Cecha	Charakterystyka
Rozproszona baza danych	Wszyscy uczestnicy sieci mają dostęp do bazy danych i kompletnej historii transakcji; żaden uczestnik nie kontroluje danych ani informacji, każda strona może bezpośrednio zweryfikować zapisy partnerów transakcji.
Peer-to-Peer	Model komunikacji w sieci komputerowej zapewniający wszystkim uczestnikom te same uprawnienia. Komunikacja odbywa się między węzłami równorzędnymi, tzn. każdy węzeł przechowuje i przekazuje informacje do wszystkich innych węzłów.
Przejrzystość	Każda transakcja i wszystkie jej treści widoczne są dla każdego, mającego dostęp do domeny uczestnika sieci. Każdy węzeł (użytkownik) posiada unikatowy znak alfanumeryczny, który go identyfikuje. Użytkownicy mogą pozostać anonimowi lub jeżeli transakcje zachodzą między adresami blokowymi – ujawnić swoją tożsamość.
Nieodwracalność zapisów	Po wprowadzeniu transakcji do bazy nie można dokonać ich korekty, są one powiązane w sieć i każda zmiana jest widoczna. Wprowadzane dane są chronologicznie uporządkowane i dostępne dla wszystkich.

Cecha	Charakterystyka
Logika obliczeniowa	Cyfrowy charakter księgi oznacza, że transakcje Blockchain można powiązać z logiką obliczeniową. Oznacza to, że użytkownicy mogą ją skonfigurować. Algorytmy i reguły automatycznie wyzwalają transakcje między węzłami, tworząc m.in. inteligentne kontrakty.

Źródło: [Dobrovnik, Herold, Fürst 2018].

Wskazane cechy technologii Blockchain pozwalają podmiotom z niej korzystającym na generowanie szeregu korzyści. Wśród nich do kluczowych możemy zaliczyć [Boniecki, Rawłuszko 2017; O'Marah 2017]:

- wzrost cyberbezpieczeństwa sieci internetowej,
- przyspieszenie płatności w obrocie globalnym,
- tworzenie globalnej sieci zaufania społeczności internetowej (eliminacja strony trzeciej – pośredników),
- łatwość potwierdzenia transakcji,
- redukcja możliwości zmiany i fałszowania danych,
- ochrona danych wynikająca z pierwszeństwa publikowania.

Niektóre wdrożenia Blockchain wspierają tak zwane „inteligentne kontrakty" (*smart contracts*), czyli zapisane w kodzie warunki transakcji [Christidis, Devetsikiotis 2016]. Inteligentne kontrakty umożliwiają płatność przez nabywcę dopiero po potwierdzeniu dostawy przez firmę przewozową. Pozwala to na zautomatyzowanie transakcji, jej udokumentowanie i kontrolę. Potencjalne korzyści technologii Blockchain sprawiają, że staje się ona przedmiotem zainteresowania różnych dziedzin gospodarki, w tym logistyki i zarządzania łańcuchem dostaw [Gatteschi, Lamberti, Demartini i in. 2018a; 2018b].

Możliwości adaptacji technologii Blockchain w łańcuchu dostaw

Główną cechą technologii Blockchain jest zapewnienie przejrzystości transakcji poprzez dostęp każdego uczestnika sieci do tych samych danych [Tapscott, Tapscott 2016]. Z punktu widzenia logistyki i zarządzania łańcuchem dostaw przejrzystość wydaje się kluczowym, ale i najtrudniejszym do osiągnięcia obszarem poprawy. Jak wskazałam wcześniej w Blockchain drzemie olbrzymi potencjał reorganizacji i wzrostu przejrzystości działań. Niektórzy twierdzą nawet, że Blockchain może być „świętym Graalem", dzięki któremu łańcuchy dostaw będą funkcjonować sprawniej i efektywniej, przynosząc korzyści ekonomiczne wszystkim ogniwom łańcucha [Casey, Wong 2017; Popper, Lohr 2017].

Blockchain pozwala nie tylko na śledzenie transakcji w czasie rzeczywistym, ale także na gromadzenie informacji o pochodzeniu każdego pojedynczego składnika wykorzystywanego w procesie realizacji zamówienia [Ellis 2017]. A to oznacza nowy poziom transparentności i bezpieczeństwa transakcji dla wszystkich ogniw łańcucha. Celem wdrożenia tej technologii jest redukcja kosztów i zwiększenie efektywności operacji. Możliwe jest to dzięki zintegrowaniu wszystkich informacji na temat przesyłek na jednej bezpiecznej platformie, dostępnej dla nadawców, przewoźników, spedytorów oraz innych firm obecnych w łańcuchu dostaw. Dzięki temu możliwa

jest szybsza reakcja na pojawiające się problemy, np. wcześniej mogą zostać zidentyfikowane towary uszkodzone lub wadliwe [Korpela, Hallikas, Dahlberg 2017]. Tym samym Blockchain może przyczynić się do redukcji kosztów poprzez uszczuplenie, automatyzację i uwolnienie od błędów w zakresie realizowanych procesów [Hackius, Petersen 2017; Kersten, Seiter, von See i in. 2017].

Choć technologia ta ma duży potencjał w zakresie usprawniania procesów i ulepszania modeli biznesowych, to jak wynika z ostatnich badań dotyczących trendów w logistyce i zarządzaniu łańcuchem, jest znana tylko niektórym ekspertom z zakresu logistyki, a jeszcze mniej z nich realizuje plany wdrożeniowe [Kersten, Seiter, von See i in. 2017]. Uzasadnieniem tak niewielkiej znajomości może być fakt, że nie wszystkie innowacje przejmowane są od razu. Niektóre z nich wymagają czasu, by mogły zostać wdrożone, inne zostają odrzucone. Proces dyfuzji innowacji zależy od kombinacji jej cech, zwanych atrybutami. Według Rogersa [2003] do kluczowych atrybutów innowacji należą:

- względna przewaga – czyli stopień w jakim rozwiązanie innowacyjne postrzegane jest jako lepsze od poprzedniego; im lepsza przewaga, tym szybsza adoptowalność;
- kompatybilność – utożsamiana jest ze zgodnością rozwiązania z dotychczasowymi wartościami, doświadczeniami i potrzebami potencjalnych użytkowników; brak kompatybilności oznacza wolniejsze wdrażanie innowacji;
- złożoność – związana jest ze stopniem trudności jej zrozumienia i wdrożenia; im prostsza, tym szybsza dyfuzja;
- możliwość testowania – związana jest z istnieniem produktów pozwalających na sprawdzenie działania rozwiązania innowacyjnego; ich dostępność podnosi adaptacyjność;
- obserwowalność – tzn. dostrzegalność rezultatów dla innych.

Odnosząc technologię Blockchain do wspomnianych atrybutów innowacji możemy przyjąć, że w logistyce i zarządzaniu łańcuchem dostaw powinna przyczynić do poprawy pozycji konkurencyjnej. Potencjał ten tkwi w decentralizacji, niezmienności i przejrzystości transakcji dokonywanych za jej pomocą [Kim, Laskowski 2018]. Technologia ta pozwala wszystkim ogniwom łańcucha na dostęp do niefałszowalnych danych, przechowywanych u wszystkich uczestników sieci. Każda zmiana jest natychmiast widoczna. Rejestr można wykorzystać także do sprawdzenia oryginalności produktów, a tym samym wyeliminowania wytworów podrabianych. Ocenia się, że w niektórych branżach ich odsetek sięga nawet 20–30% [Lehmacher 2017].

Potencjał wzrostu konkurencyjności Blockchain widoczny jest także w obszarze kosztów, gdyż technologia ta pozwala na ich obniżenie poprzez ograniczenie lub wyeliminowanie formalności związanych z dzisiejszymi praktykami biznesowymi. Mam tu na myśli m.in. koszty administracyjne i związane z archiwizacją dokumentacji, głównie w obrocie międzynarodowym, np. poprzez ułatwienie lokalizacji kontenera, czy pokazanie statusu dokumentacji celnej, morskich listów przewozowych lub innych dokumentów [Hackius, Petersen 2017]. Co więcej, Blockchain umożliwia śledzenie pochodzenia towarów i monitorowania warunków ich przechowywania oraz transportowania, i to aż do pierwszego węzła w łańcuchu transportowym, zapewniając

wgląd w wybraną trasę transportu i wybór przewoźnika [Herold 2018; O'Leary 2017]. Daje to przewagę w postaci przejrzystości transakcji i relacji pomiędzy jej partnerami. Sensory mogą rejestrować np. temperaturę i poziom wilgotności w kontenerze, a pomiary zapisywane są w rejestrze Blockchain. Pozwala także na zapisywanie unikalnych identyfikatorów produktów wraz z atrybutami, które są aktualizowane przez kolejne ogniwa łańcucha dostaw. Wdrożenie takiego rozwiązania wymaga jedynie zastosowania skanerów QR, oprogramowania działającego w chmurze i dostępu do Internetu wszystkich ogniw łańcucha. Ponadto powszechna dostępność danych pozwala zwiększyć lojalność nabywców, gdyż daje możliwość udowodnienia im źródeł pochodzenia produktów, tzn., że pochodzą od bezpiecznych i zrównoważonych producentów. Wzrost lojalności nabywców umożliwia zaś zwiększenie rentowności podmiotów gospodarczych.

Technologia Blockchain może podnieść konkurencyjność także dzięki wsparciu finalizowania umów. Pozwala negocjować i tworzyć tzw. smart contracts bezpośrednio z różnymi podmiotami. Dzięki temu możliwe jest wyeliminowanie pośredników, np. zawarcie ubezpieczenia bez konieczności podpisania umowy z towarzystwem ubezpieczeniowym. W przypadku zautomatyzowanych umów największymi zaletami są szybkość i bezpieczeństwo, a także możliwość automatycznego wykonywania płatności [Giancaspro 2017].

Odnosząc się do drugiej charakterystyki procesu dyfuzji innowacji, należy wskazać, że technologia ta wykazuje znaczny stopnień kompatybilności. W tym obszarze na uwagę zasługują trzy innowacje wykorzystujące rozproszony rejestr danych: (1) weryfikacja towarów, (2) możliwość śledzenia od pierwszego do ostatniego ogniwa łańcucha dostaw i (3) redukcja formalności oraz papierowego obiegu dokumentów.

Adaptacyjność technologii Blockchain napotyka jednak na problemy związane z jej złożonością i trudnościami w zrozumieniu sposobu jej funkcjonowania. Można uznać, że na obecnym etapie system ten jest jeszcze stosunkowo niedojrzały. Powoduje to nie tylko wielość sposobów jej pojmowania, definiowania, ale i interpretowania. Dla wielu pojęcie to jest jeszcze dość abstrakcyjne i złożone [Risius, Spohrer 2017]. Brak jednolitego rozumienia tej technologii może prowadzić do opracowywania przez poszczególne podmioty własnych systemów rejestrów rozproszonych, które nie będą gwarantowały odpowiedniego poziomu interoperacyjności [Kshetri 2018; Di Gregorio, Nustad 2017]. W obszarze logistyki może to prowadzić np. do budowy platform pozwalających na śledzenie przesyłek, które będą zaprojektowane tak, by odpowiadały potrzebom ściśle określonej grupy podmiotów [Kim, Laskowski 2018]. Dyfuzję innowacji Blockchain utrudnia także niedojrzałość technologii oraz niewiele zastosowań praktycznych, które pozwoliłyby na weryfikację uzyskiwanych efektów. Obecnie technologia ta nie jest jeszcze w stanie obsłużyć wolumenów transakcji koniecznych do eksploatacji większości aplikacji w przedsiębiorstwie. W tej chwili dostępnymi na rynku aplikacjami bazującymi na technologii Blockchain są m.in. Everledger Dimond Platform, która pozwala śledzić własność i pochodzenie certyfikowanych, oszlifowanych diamentów. Działa ona jednak tylko w dość ograniczonej skali. Niemniej niektórzy dostawcy technologii IT już dzisiaj przedstawiają szacunkowe oszczędności kosztów, wynikających z redukcji nakładów pracy i dokumentacji [White 2017]. Według Di Gregorio i Nustada [2017]

oszczędności kosztów wynikające z potencjalnych rozwiązań Blockchain są względnie łatwe do oszacowania i kwantyfikacji poprzez porównanie ich z kosztami referencyjnymi związanymi z bieżącymi procesami biznesowymi, tzn. wynikającymi z automatyzacji procesów i przyrostu wydajności pracy.

Obszary zastosowania technologii Blockchain w łańcuchu dostaw

Blockchain to nie tylko teoria, ale coraz częściej praktyka. Obszarów jej zastosowania jest wiele. W niniejszym opracowaniu wskażę jedynie te, które już są testowane. Technologia ta może być wykorzystana w międzynarodowych przewozach kontenerowych. Ich organizacja i synchronizacja wymagają udziału wielu jednostek, które muszą ze sobą współpracować. Towarzyszące jednostkom transportowym listy przewozowe mogą zaś podlegać oszustwom, a koszty związane z obsługą dokumentacji papierowej wahają się w przedziale 15–50% kosztów transportu fizycznego [Popper, Lohr 2017]. Dążąc do rozwiązania problemu nieefektywności procesów i minimalizacji niezbędnej dokumentacji, w 2015 roku IBM i Maersk połączyli siły i wdrożyli technologię Blockchain. Nie oznaczało to zastąpienia dotychczasowych systemów IT, a ich rozszerzenie. Korzystając ze standardowego interfejsu, każdy partner ma pełną widoczność statusu kontenera [Allison 2017]. Celem implementacji Blokchain jest pomoc w zarządzaniu i śledzeniu kontenerów przez cyfryzację poszczególnych etapów transportu, od nadania przesyłki w porcie do jej odbioru w miejscu docelowym. W przedsięwzięciu IBM i Mearsk bierze udział ponad 90 organizacji, a ponad 154 miliony zdarzeń handlowych rejestrowanych jest codziennie [Maersk... 2018]. Ostatnio do grona zainteresowanych technologią Blockchain dołączył globalny dostawca zintegrowanych rozwiązań logistycznych, Agility. Jest to pierwsza firma spedycyjna, która wspólnie z Maersk i IBM przygotowuje rozwiązanie wykorzystujące tę technologię do zarządzania i śledzenia przesyłek kontenerowych. Agility będzie zbierać informacje związane z obsługą poszczególnych przesyłek, a następnie przekazywać dane za pośrednictwem zdecentralizowanego i rozproszonego rejestru transakcji działającego w technologii Blockchain.

Ważnym obszarem zastosowania metody Blockchain w łańcuchu dostaw jest weryfikacja autentyczności produktów i ich certyfikatów. Dotyczy to szczególnie kosztownych produktów, takich jak drogie zegarki, wina, czy wspomniane już diamenty. Firma Eveledger dla ochrony prawdziwości swoich diamentów opisuje każdy z nich za pomocą 40 cech. Dla każdego diamentu generowany jest numer seryjny, dodawany do łańcucha bloków systemu sieci Everledger. Pozwala to nie tylko na dokumentowanie pełnej historii własności, ale ułatwia także przeciwdziałaniu oszustwom. Blockchain może poprawić również bezpieczeństwo pacjentów poprzez ustanowienie przejrzystości łańcucha dostaw od producentów poprzez hurtownię i apteki do chorych. Dzięki kodom kreskowym lub technologii auto-ID pacjenci mogą uzyskać uprawnienia do sprawdzania, czy otrzymali właściwe leki.

Niekwestionowanym obszarem zastosowań Blockchain jest śledzenie pochodzenia produktów, w tym żywnościowych. Zagadnienie to zaczyna nabierać coraz większego znaczenia w obliczu epidemii chorób przenoszonych przez żywność. Wówczas

detaliści napotykają na problemy identyfikacji źródła skażenia. Dla ułatwienia śledzenia pochodzenia produktów Walmart w 2016 roku nawiązał współpracę z IBM. Dziś wykorzystuje technologię Blockchain, aby czuwać nad jakością i świeżością sprzedawanej żywności. Technologia sprawia, że w każdej chwili możemy odpowiedzieć na pytania: z jakich farm pochodziły krowy, których mleko wykorzystano do jego produkcji; jakie zabiegi medyczne przeszły i jaką paszą je karmiono; w jakiej mleczarni powstała dana partia, i w końcu – w jakiej hurtowni przechowywano masło, zanim trafiło do punktu sprzedaży detalicznej. Walmart uważa także, że technologia Blockchain może przyczynić się do redukcji marnotrawstwa żywności wówczas, gdy dane o okresie przydatności do spożycia będą wykorzystywane jako parametr optymalizacji łańcucha dostaw [Shaffer 2017]. Do podobnych celów łańcuchami bloków posługują się takie firmy jak Unilever czy Nestle.

Wśród innych zastosowań tej technologii wskazać możemy Start-up Tomcar Australia produkujący samochody, który bitcoinami płaci swoim dostawcom. Projektant mody Martine Jarlgaard z Wielkiej Brytanii współpracuje z platformą Provenance w pilotażowym programie mającym na celu utworzenie w pełni transparentnego łańcucha dostaw. Opracowała ona system działający w czasie rzeczywistym. Platforma służy do gromadzenia oraz weryfikacji informacji dotyczących miejsca pochodzenia produktu. Możliwe jest to poprzez przypisanie każdemu z nich znacznika – paszportu cyfrowego. Umożliwia to śledzenie przedmiotu wzdłuż całego łańcucha dostaw, aż do ostatecznego klienta. A to przyczynia się do wzrostu wiedzy przedsiębiorstw branży odzieżowej o miejscu, sposobie i warunkach produkcji poszczególnych elementów kolekcji. Do tej pory była ona ograniczona. Według raportu Baptist World Aid [2018], aż 61% firm nie ma pojęcia, gdzie i w jakich warunkach tworzona jest ich odzież. Dlatego rozwiązanie to może mieć szczególne znaczenie w walce z oszustwami w sprzedaży towarów.

Podsumowanie

Celem niniejszego opracowania była identyfikacja korzyści wynikających z zastosowania technologii Blockchain, a także wskazanie kluczowych obszarów jej zastosowania. W realizacji celu posłużono się badaniami literaturowymi oraz przykładami z praktyki, wskazującymi na istniejące już zastosowania w tym obszarze. Analiza literatury pozwoliła wskazać trzy kluczowe cechy technologii Blockchain: decentralizację, weryfikację i niezmienność. Predestynują one ją do rangi innowacji, może nawet przełomowej, która powinna zrewolucjonizować dotychczas stosowane modele biznesowe. Mając na uwadze fakt, że innowacje charakteryzują się różnym stopniem adaptacyjności, dokonano analizy możliwości wdrożenia technologii Blockchain do praktyki funkcjonowania łańcuchów dostaw. W tym celu odniesiono się do kluczowych cech innowacji: względna przewaga konkurencyjna, kompatybilność, złożoność, możliwość testowania i obserwowalność. Na ich podstawie wskazano także kluczowe zalety oraz ograniczenia technologii Blockchain. Zwrócono uwagę, że może ona przyczynić się do wzrostu przewagi konkurencyjnej i przejrzystości transakcji. Niemniej technologia ta jest jeszcze niedojrzała i wymaga zarówno dalszych dociekań teoretycznych, jak i poszukiwania rozwiązań praktycznych.

Bibliografia

Allison I. (2017), *Maersk and IBM Want 10 Million Shipping Containers on the Global Supply Blockchain by Year-End* [online], https://www.ibtimes.co.uk/maersk-ibm-aim-get-10-million-shipping-containers-onto-global-supply-blockchain-by-year-end-1609778, dostęp: 20.10.2018.

Boniecki R., Rawłuszko J. (2017), *Możliwości wykorzystania technologii BlockChain w biznesie*, „Ekonomiczne Problemy Usług", nr 1 (126), t. 2, DOI: 10.18276/epu.2017.126/2-01.

Baptist World Aid (2018)[online], https://baptistworldaid.org.au/resource-category/annual-reports, dostęp: 08.09.2018.

Casey M., Wong P. (2017), *Global supply chains are about to get better, thanks to blockchain*, Harvard Business Review [online], https://hbr.org/2017/03/global-supply-chains-are-about-to-getbetter-thanks-to-blockchain, dostęp: 21.10.2018.

Christidis K., Devetsikiotis M. (2016), *Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things*, „IEEE", ss. 2292–2303, doi: 10.1109/ACCESS.2016.2566339.

Di Gregorio R., Nustad S. (2017), *Blockchain Adoption in the Shipping Industry*, Master's Thesis, Copenhagen Business School, Copenhagen.

Dickson B. (2016), *Blockchain has the potential to revolutionize the supply chain*, Tech Crunch, https://techcrunch.com/2016/11/24/blockchain-has-the-potential-to-revolutionize-thesupply-chain, dostęp: 21.10.2018.

Dobrovnik M., Herold D.M., Fürst E. (2018), *Blockchain for and in Logistics: What to Adopt and Where to Start*, „Logistics ", nr 2(18), doi: 10.3390/logistics2030018.

Ellis D. (2017), *Blockchain – The Basis of a New Paradigm for the Supply Chain. In Supply Chain Thought Leadership*; Gattorna Alignment, Sydney [online], enormous-potential-down-the-road, dostęp: 28.10.2018.

Friedlmaier M., Tumasjan A., Welpe I.M. (2018), *Disrupting industries with blockchain: The industry, venture capital funding, and regional distribution of blockchain ventures*, Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences, ss. 3517–3526.

Gatteschi V., Lamberti F., Demartini C. i in. (2018a), *Blockchain and Smart Contracts for Insurance: Is the Technology Mature Enough?* [online], https://doi.org/10.3390/fi10020020, dostęp: 11.01.2020.

Gatteschi V., Lamberti F., Demartini C. i in. (1918b), *To Blockchain or Not to Blockchain: That is the Question*, „IT Professional", nr 20(2), ss. 62–74 [online], http:10.1109/MITP.2018.021921652, dostęp: 10.01.2020.

Giancaspro M. (2017), *Is a 'Smart Contract'Really a Smart Idea? Insights from a Legal Perspective*, „Computer Law and Security Review", nr 33, ss. 825–835.

Hackius N., Petersen M. (2017), *Blockchain in Logistics and Supply Chain: Trick or Treat?*, Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL), Hamburg, Germany, 12–14 October 2017, ss. 3–18, doi: 10.15480/882.1444.

Herold D.M. (2018), *The Influence of Institutional and Stakeholder Pressures on Carbon Disclosure Strategies: An Investigation in the Global Logistics Industry*, Griffith University, Queensland [online], https://research-repository.griffith.edu.au/bitstream/handle/10072/376740/Herold,% 20David_thesis_redacted.pdf?sequence=1, dostęp: 12.01.2020.

Iansiti M., Lakhani K.R. (2017), *The truth about blockchain*, „Harvard Business Review" [online], https://enterprisersproject.com/sites/default/files/the_truth_about_blockchain.pdf, dostęp: 27.10.2018.

Kersten W., Seiter M., von See B. i in. (2018), *Trends and Strategies in Logistics and Supply Chain Management—Digital Transformation Opportunities*, BVL, Bremen.

Kim H.M., Laskowski M. (2018), *Toward an ontology-driven blockchain design for supply-chain provenance*, „Intelligent Systems in Accounting Finance & Management", nr 25, ss. 18–27.

Korpela K., Hallikas J., Dahlberg T. (2017), *Digital Supply Chain Transformation toward Blockchain Integration*, Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences, Waikoloa Village, HI, USA, 4–7 January 2017.

Kshetri N. (2018), *Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives*, „International Journal of Information Management", nr 39, ss. 80–89.

Lehmacher W. (2017), *Why Blockchain should be Global Trade's Next Port of Call*, World Economic Forum, Geneva.

Maersk and IBM Introduce TradeLens Blockchain Shipping Solution (2018) [online], https://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/53602.wss, dostęp: 28.10.2018.

Niezgoda T. *Co to Blockchain? Wszystko co musisz wiedzieć!* [online], https://jakto marketing.pl/jak-dziala-blockchain, dostęp: 27.10.2018.

O'Leary D.E. (2017), *Configuring blockchain architectures for transaction information in blockchain consortiums: The case of accounting and supply chain systems*, „Intelligent Systems in Accounting Finance & Management", nr 24, ss. 138–147.

O'Marah K. (2017), *Blockchain for supply chain: Enormous potential down the road*, Forbes [online], https://www.forbes.com/sites/kevinomarah/2017/03/09/blockchain-for-supply-chainenor mous-potential-down-the-road/#6354f6623db5, dostęp: 23.10.2018.

Pilkington M. (2016), *Blockchain Technology: Principles and Applications* [w:] F.X. Olleros, M. Zhegu (red.), *Research Handbook on Digital Transformations*, Edward Elgar Publishing, ss. 1–39 [online], https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2662660, dostęp: 12.01.2020.

Popper N., Lohr S. (2017), *Blockchain: A Better Way to Track Pork Chops, Bonds, Bad Peanut Butter?* [online], https://www.nytimes.com/2017/03/04/business/dealbook/blockchain-ibm-bitcoin.html, dostęp: 12.01.2020.

Risius M., Spohrer K. (2017), *A Blockchain Research Framework*, "Business & Information Systems Engineering", [online], https://www.researchgate.net/publication/321539709_ A_Blockchain_Research_Framework_What_We_don't_Know_Where_We_Go_from_Here_and_How_We_Will_Get_There, dostęp: 12.01.2020

Rogers E.M. (2003), *Diffusion of Innovations*, Simon and Schuster, New York, NY.

Shaffer E. (2017), *Walmart, IBM Provide Blockchain* [online], http://bit.ly/2eH84H2, dostęp: 30.10.2018.

Tapscott D., Tapscott A. (2016), *Blockchain Revolution*, Penguin Random House, New York.

White G.R. (2017), *Future applications of blockchain in business and management: A Delphi study*, „Strategic Change. The Future of Money and Further Applications of the Blockchain", vol. 26, iss. 5, ss. 439–451.

Sylwia Konecka
Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, Wydział Zarządzania
Sylwia.Konecka@ue.poznan.pl

Maciej Stajniak
Instytut Logistyki i Magazynowania
Maciej.Stajniak@ilim.poznan.pl

Paweł Romanow
Wyższa Szkoła Logistyki, Wydział Zarządzania
Pawel.Romanow@wsl.com.pl

Ryzyko i bezpieczeństwo w przewozie koleją towarów niebezpiecznych

Risk and Safety in the Carriage of Dangerous Goods by Rail

Abstract: Considering the risk in rail transport, events that are characterized by high frequency and/or potentially very serious negative effects are particularly important. Serious effects, and not necessarily in financial terms, can cause events involving dangerous goods. In this study, authors used the method of literature review, legal acts and source materials, mainly reports about events occurring during the carriage of dangerous goods in the period 2014–2016, which were reported to The Office of Rail Transport. On this basis, threats were identified and discussed and basic ways of ensuring the safety of rail transport of dangerous goods in Poland in the last four years were identified.
Key words: risk, safety, dangerous goods, transport, rail

Wprowadzenie

Bezpieczeństwo przewozów kolejowych w Polsce w latach 2010–2014 nie przedstawiało się w najlepszym świetle, zagrożenie poważnymi wypadkami kolejowymi było prawie cztery razy wyższe niż średnie w Unii Europejskiej, a gorsze wskaźniki ryzyka wystąpienia ofiar śmiertelnych wypadków miały tylko Litwa, Grecja i Słowacja

[European Union Agency for Railways 2018; Eurostat 2018]. W latach następnych bezpieczeństwo w transporcie kolejowym w Polsce poprawiało się, rok 2016 był najbezpieczniejszym w okresie ostatnich 5 lat. Działania kontrolne NIK wykazały, że nastąpiło obniżenie liczby wypadków z 638 w 2015 roku do 581 w 2016 roku (o 8,9%) oraz ofiar śmiertelnych z 228 do 169 (o 25,9%) [Trzepizur 2018]. Jednak w rozpatrywaniu ryzyka w transporcie kolejowym szczególnie istotne będą zdarzenia, które charakteryzują się dużą częstością lub/i potencjalnie bardzo poważnymi negatywnymi skutkami. Takie poważne skutki, i to niekoniecznie w wymiarze finansowym, mogą powodować zdarzenia z udziałem towarów niebezpiecznych. Nawet najmniejsze awarie podczas przewozu koleją towarów niebezpiecznych zagrażają utratą życia, zniszczeniem środowiska naturalnego lub dóbr naturalnych. Przykładowo wydostanie się do atmosfery 10 ton amoniaku może doprowadzić do śmiertelnego zatrucia w promieniu 300 m, zaś przeniknięcie takiej samej ilości chloru powoduje zagrożenie w promieniu 2 km [Katarzyńska 2018, s. 67]. W niniejszym opracowaniu, wykorzystując metodę przeglądu literatury, aktów prawnych i materiałów źródłowych – raportów o zdarzeniach zaistniałych podczas przewozu towarów niebezpiecznych w latach 2014–2016, które zostały zgłoszone do Urzędu Transportu Kolejowego – UTK (uzyskanych na podstawie wniosku o udostępnienie informacji publicznej z 19 marca 2018 r.), zidentyfikowano zagrożenia oraz określono podstawowe sposoby zapewnienia bezpieczeństwa transportu kolejowego towarów niebezpiecznych w Polsce w ostatnich czterech latach.

Ryzyko i bezpieczeństwo w transporcie kolejowym

Niektórzy autorzy dostrzegają nadmierny wysiłek w zakresie typologii i klasyfikacji bezpieczeństwa, zagrożeń, ryzyka itp. oraz syndrom „wyważania otwartych drzwi", bowiem literatura z dziedziny teorii ryzyka i jej zastosowań w ubezpieczeniach, bankowości, inwestycjach itp., ale również zarządzaniu i dowodzeniu, jest bogata i wartościowa [Sienkiewicz, Marszałek i Górny 2012, s. 21]. Ryzyko *R* często przedstawia się jako iloczyn prawdopodobieństwa wystąpienia niepożądanego zdarzenia *P* i miar jego skutków *C* (utrata zdrowia lub życia, strata lub uszkodzenie ładunku i (lub) środka transportu, straty w produkcji/finansowe/środowisku). Ocena ryzyka polega na wyznaczeniu wartości liczbowej ryzyka i decydowaniu, czy jest możliwe (lub nie jest możliwe) do zaakceptowania. $R=PxC^k$, gdzie: $k \geq 1$ to współczynnik wagi zdarzenia niepożądanego [Jacyna, Szaciłło 2017, s. 165].

Kompleksową analizę pojęcia „ryzyko" i jego związków z pojęciami bliskoznacznymi wykonano we wcześniejszych pracach [Konecka 2015, ss. 56–68].

Ryzyko, zgodnie z prawem wspólnotowym, rozumiane jest jako częstotliwość występowania wypadków i wydarzeń w powiązaniu ze skalą ich konsekwencji [Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 402/2013]. Jeśli ryzyko jest nieakceptowalne, to stan taki określamy jako zagrożenie, które może potencjalnie prowadzić do wypadku (np. kolizji pociągów, wykolejenia pociągów, wypadku na przejazdach kolejowych, pożaru taboru kolejowego, wypadku związanego z transportem ładunków niebezpiecznych). Konsekwencje wypadków określa się między innymi poprzez:

- skalę przypadków śmiertelnych i obrażeń spowodowanych wypadkami powodującymi konieczność zatrzymania osób rannych w szpitalach przez czas dłuższy niż doba,
- koszty szkód w środowisku,
- koszty szkód w taborze kolejowym i infrastrukturze,
- koszty opóźnień, spowodowanych wypadkami kolejowymi.

W ramach systemu transportu kolejowego można zidentyfikować następujące obszary ryzyka [Jabłoński A., Jabłoński M. 2014, s. 33]:
- ryzyko związane z działalnością zarządcy infrastruktury, przewoźnika kolejowego lub jednostki odpowiedzialnej za utrzymanie wagonów towarowych,
- ryzyko związane ze świadczonymi usługami utrzymania i dostarczanymi materiałami,
- ryzyko związane z zaangażowaniem wykonawców i kontrolą dostawców,
- ryzyko wynikające z działań innych stron poza systemem kolejowym,
- ryzyko wspólne,
- ryzyko związane ze znaczącymi zmianami technicznymi, eksploatacyjnymi i organizacyjnymi,
- ryzyko klęsk naturalnych,
- ryzyko zawodowe. Autorzy szczególną uwagę poświęcają ryzyku związanemu z czynnikiem ludzkim [Jabłoński A. 2018].

Natomiast bezpieczeństwo można określić jako zdolność systemu do przeciwdziałania zdarzeniom, skutkami których są śmierć lub kalectwo operatora (człowieka), zniszczenie lub poważne uszkodzenie systemu, systemów współdziałających oraz środowiska naturalnego [Jacyna, Szaciłło 2017, s. 167]. Według prawa wspólnotowego [Rozporządzenie Wykonawcze Komisji UE 402/2013], bezpieczeństwo oznacza brak niedopuszczalnego ryzyka (czyli brak zagrożeń). W celu osiągnięcia bezpieczeństwa, konieczne jest zarządzanie bezpieczeństwem obejmujące monitorowanie bezpieczeństwa oraz poprzedzające to monitorowanie zarządzanie ryzykiem, czyli planowe stosowanie polityki, procedur i praktyk zarządczych w zakresie analizy ryzyka, wyceny ryzyka oraz rejestrowania zagrożeń przez zarządców infrastruktury i przewoźników kolejowych [Asselt i in. 2015]. Monitorowanie bezpieczeństwa to planowe stosowanie strategii, priorytetów i planów zarządczych przez tych samych zarządców i przewoźników w celu utrzymania bezpieczeństwa [Pawlik 2013, s. 57]. Zarządcy infrastruktury i przewoźnicy kolejowi są zobowiązani do monitorowania ryzyka i związanych z nim zagrożeń. Analiza i ocena zmian oraz monitorowanie ryzyka, prowadzenie rejestrów zagrożeń i stosowanie środków bezpieczeństwa, tak jak i działalność Jednostek Oceniających, podlegają nadzorowi UTK.

Należy zwrócić uwagę, że Autorzy przedstawili definicje ryzyka i bezpieczeństwa, w formalnie obowiązujących dokumentach, występują tu jednak pewne uchybienia które szczegółowo opisano w artykule Jedynaka, Młynarskiego i Sowy [2015, s. 1072]. Szczególnie dotyczą one używania słowa „częstotliwość" w zamian za „częstość" czy wyceny ryzyka, zamiast jego oceny.

W transporcie kolejowym towarów niebezpiecznych, poza uregulowaniami z zakresu ryzyka i bezpieczeństwa w ogólnym ujęciu, obowiązują również uregulowania w zakresie dopuszczenia do przewozu, wymogów odnoszących się do kwalifikacji

personelu, środków transportu i procedury przewozu, a także doboru opakowań czy oznakowania towarów niebezpiecznych [Ustawa z dn. 19 sierpnia 2011 o przewozie towarów niebezpiecznych, Dz. U. z 2018 r., poz. 169; RID – Regulamin dla międzynarodowego przewozu kolejami towarów niebezpiecznych ważny od 01 stycznia 2007].

Jednak pomimo rygorystycznej kontroli przestrzegania warunków i przestrzegania zakresu prób wagonów zbiornikowych, jakim podlega tabor, wciąż istnieje możliwość wydostawania się substancji niebezpiecznych, które stwarzają poważne zagrożenie dla ludzi i środowiska [Kopczewski, Nowacki, Zakrzewski 2017, ss. 85–92]. Wskazują na to przypadki opisane w następnym podrozdziale.

Zdarzenia zaistniałe podczas przewozu towarów niebezpiecznych w transporcie kolejowym w latach 2014–2016

Współczesny rozwój telekomunikacyjny, informatyczny i nawigacji satelitarnej umożliwiają korzystanie ze zintegrowanych usług, polegających na określaniu w sposób ciągły lokalizacji środków transportu, ładunków, a także kontroli i nadzoru ich stanu. Przewoźnicy, w przypadku gdy towar niebezpieczny w niekontrolowany sposób wydostał się na zewnątrz wagonu, nastąpiła utrata ładunku z udziałem osób trzecich bądź też doszło do uszkodzenia ciała, taboru lub środowiska albo zaszła interwencja władz, sporządzają raport o zdarzeniach zaistniałych podczas przewozu towarów niebezpiecznych oraz roczne sprawozdanie z działalności w zakresie przewozu towarów niebezpiecznych. Na podstawie raportów realizowany jest system monitorowania przewozu materiałów niebezpiecznych [Katarzyńska 2018, s. 65].

Prezes UTK w 2016 roku otrzymał 8 zgłoszeń zdarzeń zaistniałych podczas przewozu towarów niebezpiecznych, a w rocznym sprawozdaniu z działalności w zakresie przewozu towarów niebezpiecznych wykazano 36 zdarzeń niewymagających sporządzenia raportu. Najczęściej przyczynami zgłaszanych zdarzeń były niedokręcone lub nieszczelne zawory oraz rozprężenie ładunku spowodowane podwyższoną temperaturą i przeładowaniem. W roku 2015 raport zawierał informację o 20 takich incydentach. Odnotowano także wzrost liczby zdarzeń związanych z transportem towarów niebezpiecznych, które nie wymagały sporządzenia raportu. W tabeli 1 przedstawiono współczynnik awaryjności, wyliczony na podstawie liczby zdarzeń powstałych przy przewozie towarów niebezpiecznych, w stosunku do przewożonych ton towarów niebezpiecznych.

Tabela 1. Wypadki i awarie przy przewozie materiałów niebezpiecznych w latach 2013–2016 r.

Lp.	Rok	Wielkość przewozów (tys. ton)	Liczba zdarzeń	Współczynnik „awaryjności” [szt. Wypadków/mln pockm]
1.	2013	21 523	25	1,16
2.	2014	20 976	27	1,29
3.	2015	22 965	26	1,13

Lp.	Rok	Wielkość przewozów (tys. ton)	Liczba zdarzeń	Współczynnik „awaryjności” [szt. Wypadków/mln pockm]
4.	2016	23 618	44	1,86

Źródło: opracowanie własne na podstawie rocznych sprawozdań z działalności w zakresie przewozu towarów niebezpiecznych za lata 2013–2016 do UTK.

Przy przewozie towarów niebezpiecznych ogólna liczba zdarzeń w 2016 r. wzrosła (wskaźnik awaryjności 1,86) w porównaniu do roku poprzedniego, przy nieznacznym wzroście przewozów. Jednocześnie współczynnik „awaryjności” zwiększył się przy przewozie towarów niebezpiecznych w stosunku do 2015 r., jednak zdarzenia te nie doprowadziły do ofiar śmiertelnych lub szkód znacznej wielkości. Wypadki dotyczą najczęściej towarów niebezpiecznych klasy 2 (gazy) i 3 (ciecze zapalne) [UTK 2017].

Każde zidentyfikowane zdarzenie przy przewozie towarów niebezpiecznych, zgłoszone do UTK, zostaje opisane w raporcie o zdarzeniach zaistniałych podczas przewozu towarów niebezpiecznych. Raport ten zawiera następujące informacje [UTK 2018]: rodzaj transportu, data i miejsce zdarzenia (z dokładnością co do minuty), topografia (wzniesienie, spadek, tunel, most, przejazd, przejście podziemne, skrzyżowanie); szczególne warunki meteorologiczne (deszcz, śnieg, oblodzenie, mgła, burza, wichura, temperatura), opis zdarzenia (wykolejenie, kolizja, upadek/przewrócenie, pożar, wybuch, uwolnienie ładunku, uszkodzenie techniczne – dodatkowy opis zdarzenia), towary niebezpieczne biorące udział w zdarzeniu, przyczyny zdarzenia (usterka techniczna, nieprawidłowe zabezpieczenie ładunku, przyczyna eksploatacyjna, inne); konsekwencje zdarzenia (straty w ludziach spowodowane przez towary niebezpieczne: zabici, ranni – liczba, straty ładunku, szkody materialne lub w środowisku: szacunkowa wartość mniejsza lub równa 50 000 EUR lub większa niż 50 000 EUR, interwencja władz: ewakuacja ludzi na co najmniej 3 godziny z powodu zagrożenia wywołanego przez towary niebezpieczne, zamknięcie dróg użytku publicznego na co najmniej 3 godziny z powodu zagrożenia wywołanego przez towary niebezpieczne).

Według wykazu zdarzeń zaistniałych przy przewozie towarów niebezpiecznych w roku 2014 w Polsce doszło do 7 zdarzeń, które zostały zgłoszone do UTK:

- wyciek ładunku podczas rozłączania cysterny kolejowej od urządzenia do napełniania i opróżnienia zbiorników transportowych (NO),
- wyciek substancji niebezpiecznej z zaworu spustowego bocznego wagonu–cysterny,
- wyciek kropelkowy substancji chemicznej z wagonu–cysterny,
- wykolejenie dwóch wagonów–cystern załadowanych materiałem zagrażającym środowisku,
- wykolejenie i upadek sześciu wagonów–cystern załadowanych paliwem.
- napełnienie towarem niebezpiecznym wagonów-cystern niedopuszczonych do przewozu towarów niebezpiecznych i samoistnego przemieszczenia się cysterny na odcinku ok. 1,5 m;
- rozszczelnienie cysterny w miejscu połączenia suchoodcinającego.

Zdarzenia te dotyczyły takich towarów, jak: amoniak bezwodny, benzen, węglowodory gazowe, mieszanina skroplona I.N.O. (inaczej nieokreślone), mieszanina C, materiał

żrący zasadowy nieorganiczny ciekły I.N.O., propen, formaldehyd, paliwo do silników diesla. Wszystkie zdarzenia miały miejsce na stacji bądź w miejscach załadunku/wyładunku. Z perspektywy rozpatrywania ryzyka należałoby zastanowić się nad skutkami i przyczynami tych zdarzeń. W dwóch przypadkach nie oszacowano kosztów, pozostałe zdarzenia nie spowodowały kosztów większych niż 50 000 EUR. Natomiast przyczyny były następujące:

- błąd operatora podczas procesu rozłączania cysterny od urządzenia NO,
- nieszczelność zaworu spustowego bocznego typu ARTA,
- dwukrotnie eksploatacja kolei – stan infrastruktury,
- wada techniczna wagonu,
- wadliwe zabezpieczenie środka transportu,
- użycie przez nadawcę cystern, które nie nadają się do przewozu danych towarów niebezpiecznych,
- niesprawdzenie wymaganych terminów badań dla wagonów.

Rok 2015 obfitował w 6 zdarzeń zgłoszonych do UTK:

- wykolejenie trzech ładownych wagonów–cystern; bez utraty ładunku.
- wykolejenie czterech ładownych wagonów,
- podczas podstawiania wagonu–cysterny stwierdzono otwartą pokrywę włazu górnego położoną na płasko,
- wyciek produktu na wysokości instalacji grzewczej wagonu-cysterny, odkręcone zabezpieczenie zaworu spustowego i kapiący ładunek (dwukrotnie).

Towary, które były w tych zdarzeniach obecne, to: materiał podgrzany ciekły I.N.O., materiał zagrażający środowisku ciekły, I.N.O., metanol, paliwo do silników diesla, wodorotlenek sodu, roztwór, benzyna. Tylko w jednym przypadku oszacowano koszty zaistnienia zagrożenia na większe niż 50 000 EUR. Wskazano następujące przyczyny powstania zagrożeń:

- wada techniczna wagonu,
- wyboczenie toru na łuku przed rozjazdem,
- przyjazd wagonu–cysterny z otwartą pokrywą włazu górnego,
- ingerencja osób postronnych i próba kradzieży przewożonego ładunku (dwukrotnie),
- usterka techniczna wagonu: samoistnie powstała perforacja przy spoinie spawu połączeń instalacji grzewczej z cysterną.

W roku 2016 odnotowano 5 zdarzeń:

- dyżurny ruchu na stacji otrzymał od ustawiacza przewoźnika informację o stwierdzonym oszronieniu zaworu oraz unoszącym się zapachu gazu w pobliżu wagonu, następnie informację o podejrzeniu ulatniania się amoniaku z wagonu–cysterny, a także o stwierdzonym ulatnianiu się amoniaku z wagonu–cysterny (te 3 zdarzenia wystąpiły na tej samej stacji w ciągu 10 dni),
- wykolejenie pięciu ładownych wagonów–cystern,
- nieszczelność ładownego wagonu–cysterny znajdującego się na torach odstawczych.

Prawie w każdym przypadku towarem niebezpiecznym był amoniak bezwodny, tylko raz propen. Strat nie oszacowano, podano jedynie, że w przypadku dotyczącym

propenu były one mniejsze niż 50 000 EUR. Każde ze wskazanych zdarzeń powstało z przyczyn technicznych, takich jak:

- usterka techniczna wagonu: nieszczelność zaworów armatury za- i wyładowczej (dwukrotnie),
- usterka techniczna wagonu – niewpisanie się zestawu kołowego,
- usterka techniczna urządzenia do ustalania stopnia napełnienia.

O ile w poprzednich latach zazwyczaj pojawiał się skutek w postaci utraty towaru, to w roku 2016 oszacowano tylko raz minimalną utratę (0,10 kg) towaru [Katarzyńska 2018, s. 68].

Podczas licznych kontroli, najwięcej nieprawidłowości w zakresie przewozu towarów niebezpiecznych odnotowano w obrębie:

- niewłaściwego sporządzenia lub braku dokumentów przewozowych;
- wyposażenia dodatkowego lokomotyw prowadzących pociągi przewożące towary niebezpieczne lub wykonujących manewry z tymi wagonami;
- stanu technicznego i oznakowania wagonów/kontenerów/innych jednostek transportowych.

Pozostałą część obszarów, w których doszło do naruszeń w zakresie przewozu towarów niebezpiecznych, stanowiły zagadnienia dotyczące m.in. [Katarzyńska 2018, s. 69]:

- stanu technicznego i wyposażenia toru do awaryjnego odstawiania uszkodzonych wagonów przewożących towary niebezpieczne,
- instrukcji wewnętrznych, regulaminów,
- przestrzegania wymagań w zakresie spełniania warunków technicznych dla kolejowych stanowisk przeładunkowych towarów niebezpiecznych oraz stacji paliw,
- prawidłowości wykonywania prac manewrowych,
- planu zapewnienia bezpieczeństwa przewozu koleją towarów niebezpiecznych wysokiego ryzyka (TWR),
- personelu,
- doradców ds. bezpieczeństwa przewozu koleją towarów niebezpiecznych,
- posiadania przez kontrolowany podmiot przepisów odnoszących się do bezpieczeństwa przewozu koleją towarów niebezpiecznych,
- prawidłowości zestawiania pociągu.

Sposoby zwiększenia bezpieczeństwa transportu towarów niebezpiecznych koleją

W celu zwiększenia bezpieczeństwa podczas transportu kolejowego wprowadzony został System Zarządzania Bezpieczeństwem (ang. *Safety Management System* – SMS) [Białas, 2014, ss. 81–91]. W ramach SMS planuje się, organizuje, kieruje, a także kontroluje wszelkie działania związane z bezpieczeństwem transportu kolejowego zapewniane przez zarządcę infrastruktury lub przewoźnika kolejowego poprzez organizację i różnorakie środki do przeprowadzania przez dany podmiot działalności. System ten obejmuje całokształt opracowanych i wprowadzonych na potrzeby danego podmiotu

zasad (m.in procedury i przepisy wewnętrzne, instrukcje stanowiskowe), usprawniając w ten sposób system pracy danego podmiotu w zakresie bezpieczeństwa oraz umożliwiając budowanie w bezkonfliktowy sposób relacji z otoczeniem zewnętrznym (zarządcą infrastruktury, przewoźnikami czy podwykonawcami).

Głównym rozwiązaniem, przyjętym w ramach SMS, jest zapewnienie zdolności przedsiębiorstwa do stałego wykrywania zagrożeń we wszystkich aspektach prowadzonej działalności oraz zarządzanie ryzykiem. W celu utrzymania wymaganego poziomu bezpieczeństwa, przyjęte procedury powinny być w sposób ciągły udoskonalane, a instrukcje i przepisy aktualizowane.

W oparciu o przepisy dotyczące wspólnych metod utrzymania bezpieczeństwa, zarówno przewoźnicy kolejowi, jak i zarządca infrastruktury kolejowej zobowiązani są do tworzenia własnych systemów zarządzania bezpieczeństwem. Jest to podstawowe kryterium pozyskania autoryzacji bezpieczeństwa przez zarządcę infrastruktury kolejowej oraz certyfikatu bezpieczeństwa przez przewoźnika kolejowego, a także warunek utrzymania ważności wydanych certyfikatów i autoryzacji.

Ważnym elementem w działaniu systemu zarządzania bezpieczeństwem jest wymiana informacji pozyskanych w procesie certyfikacji przewoźników oraz w procesie nadzoru zarządcy infrastruktury kolejowej. Informacje dotyczą niezgodności i nieprawidłowości, które związane są z działaniem danego podmiotu. Wymiana informacji stanowi jeden z elementów kształtujących system zarządzania bezpieczeństwem i określa zakres działań nadzorczych zgromadzonych w ramach procesu certyfikacyjnego. Spostrzeżenia w tym procesie uruchamiają procedurę odnawiania ważności certyfikatów i autoryzacji bezpieczeństwa [www.utk.gov.pl, dostęp: 04.05.2018].

W celu zwiększenia bezpieczeństwa transportu towarów niebezpiecznych, ustawodawca usankcjonował system kar. Jeżeli dany podmiot nie stosuje się do przepisów prawa międzynarodowego, zobowiązany jest do uregulowania kar pieniężnych. Sankcje są nakładane po przeprowadzeniu postępowania administracyjnego i mają charakter obligatoryjny. Pieniężne kary mogą być nakładane jedynie za naruszenia wymienione w załączniku do Ustawy o przewozie towarów niebezpiecznych, zaś inne naruszenia są egzekwowane przez obowiązujące prawo karne. Sankcje karne dotyczą takich obszarów, jak [Ustawa z dnia 19 sierpnia 2011 r. o przewozie towarów niebezpiecznych, Dz. U. z 2011 r. Nr 227, poz. 1367, art. 107, ust. 1–4]:

- dokumenty – w tym obszarze kary są najmniejsze np. nie yposażenie środka transportu w wymagane instrukcje pisemne to kara w wysokości 250,00 zł;
- sposób przewozu – tutaj pojawia się kary rzędu nawet 6000,00 zł np. napełnianie, nadanie lub przewóz towaru niebezpiecznego w cysternie, który nie jest dopuszczony do przewozu w cysternie czy kontynuowanie przewozu pomimo stwierdzenia uwalniania się towaru niebezpiecznego z urządzenia transportowego lub środka transportu;
- środki transportu i jednostki ładunkowe – od 200,00–3000,00 zł za załadunek, napełnianie lub przewóz towaru niebezpiecznego nieodpowiednim do takiego przewozu środkiem transportu lub w nieodpowiednim urządzeniu transportowym;
- opakowania – np. za pakowanie, nadanie, załadunek lub przewóz towarów niebezpiecznych w opakowaniu, które nie spełnia wymagań odpowiednio ADR, RID

lub ADN, odrębnie dla każdego numeru UN lub rodzaju opakowania (3000,00 zł);
- inne – wśród których najwyższą karą 10 000,00 zł obwarowany jest załadunek, nadanie lub przewóz towaru niebezpiecznego niedopuszczonego do przewozu.

Zakończenie

W niniejszym opracowaniu opisano zidentyfikowane w latach 2014–2016 zdarzenia zgłaszane do UTK. W przypadku towarów niebezpiecznych zarządcy infrastruktury i przewoźnicy kolejowi zobowiązani są do prowadzenia rejestrów zagrożeń, czyli dokumentów lub baz danych obejmujących informacje o zidentyfikowanych potencjalnych zagrożeniach, źródłach tych zagrożeń i związanych z tymi zagrożeniami środkach bezpieczeństwa. Rejestry te muszą obejmować zarówno zagrożenia wynikające z działalności własnej, jak i z działalności powierzonej innym podmiotom, między innymi w zakresie utrzymania infrastruktury, utrzymania taboru czy dostaw materiałów i elementów istotnych dla bezpieczeństwa.

Skutki zdarzeń z materiałem niebezpiecznym są potencjalnie bardzo poważne, mogą nieść za sobą zagrożenie utraty życia dla pracowników, a także osób postronnych. Konsekwencje mogą być bardzo rozległe i oddziaływać zarówno na człowieka, jak i środowisko. Dlatego też podstawową strategią w przypadku zarządzania ryzykiem transportu materiałów niebezpiecznych powinno być działanie mające na celu zmniejszanie prawdopodobieństwa wystąpienia zagrożeń, szczególnie ważne jest wyeliminowanie potencjalnych nieprawidłowości podczas przewozu, przeładunku i składowania towarów niebezpiecznych. Podczas transportu towarów niebezpiecznych kładzie się nacisk na planowanie reakcji na możliwość wystąpienia niepożądanego zdarzenia. Proces ten polega na opracowywaniu scenariuszy postępowania odnoszących się do czynności zmniejszających zagrożenia [Chrzanowski 2009].

Z tych samych przyczyn przewóz towarów niebezpiecznych objęty jest szczegółowymi przepisami prawa. Ważne jest, aby odbywał się zgodnie z obowiązującymi przepisami. Należy jednak zwrócić uwagę na istotność uwzględniania ryzyka resztkowego, czyli takiego, w zakresie którego środków bezpieczeństwa nie stosują ani zarządcy, ani przewoźnicy.

Poza tym pod pojęciem poważnego ryzyka kryją się zarówno zdarzenia, które występują rzadko, ale mają katastroficzne konsekwencje (na przykład zderzenia pociągów), jak i takie, których konsekwencje nie są aż tak poważne (np. wydarzenia kolejowe, w tym przejazd bez konsekwencji za sygnalizator wskazujący sygnał „stop"), ale występują często.

W rejestrach zagrożeń nie uwzględnia się zagrożeń nieprawdopodobnych, co również może być pewnym brakiem, choć oczywiście z pragmatycznego punktu widzenia ma swoje uzasadnienie. Jednak zgodnie z twierdzeniami Taleba [2008], również zdarzenia typu „czarny łabędź" powinny być brane pod uwagę.

Praktycy wskazują także, że zarządzanie ryzykiem w bezpieczeństwie kolejowym w dalszym ciągu rozumiane jest bardziej przez pryzmat operacyjnego, doraźnego radzenia

sobie z problemami dnia codziennego, niż jako proces analityczny służący długofalowym celom biznesowym. Zdarza się, że przeprowadzenie analizy ryzyka traktowane jest jako niepotrzebny i uciążliwy wymóg wynikający z przepisów [Faryna 2016]. Mogą to potwierdzać wyniki kontroli NIK. Choć 2016 rok był najbezpieczniejszym dla transportu kolejowego w Polsce w okresie ostatnich 5 lat, a w 1. półroczu 2017 roku odnotowano w tym zakresie dalszą poprawę, to ustalone w kontroli nieprawidłowości oraz zagrożenia wskazują, że stan bezpieczeństwa przewozów kolejowych nie jest w pełni zadowalający. Poza wszystkimi obszarami objętymi kontrolą, takimi jak: wypadki kolejowe i działania chuligańskie, ochrona pasażerów i towarów, stan linii kolejowych, mostów i wiaduktów, stan techniczny pojazdów kolejowych, NIK kontrolowało również działalność UTK. Stwierdzono, że pomimo dużego nakładu pracy UTK w zakresie audytów funkcjonowania systemów zarządzania bezpieczeństwem na kolei (SMS), występowały przypadki nieuaktualniania przez przedsiębiorców kolejowych ksiąg SMS i prowadzenia działań niezgodnych z zapisanymi w nich procedurami. Stan ten prowadził m.in. do wzrostu liczby incydentów na sieci kolejowej [Trzepizur 2018]. Jednak, jak wynika z analizy materiałów źródłowych, ich skutki nie były bardzo poważne.

Bibliografia

Asselt M.B.A. van, Vos E., Wildhaber I. (2015), *Some Reflections on EU Governance of Critical Infrastructure Risks*, „European Journal of Risk Regulation", vol. 6, Cambridge University Press 2015, ss. 185–190.

Białas A. (2014), *Computer Support for the Railway Safety Management System – First Validation Results* [w:] W. Zamojski, J. Mazurkiewicz, J. Sugier, T. Walkowiak, J. Kacprzyk (red.), *Proceedings of the Ninth International Conference on Dependability and Complex Systems DepCoS-RELCOMEX*. June 30-July 4, 2014, Brunów, Poland, „Advances in Intelligent Systems and Computing", vol 286. Springer, Cham, ss. 81–91.

Chrzanowski D. (2009), *Analiza ryzyka*, Politechnika Koszalińska Wydział Elektrotechniki, Koszalin [online], statkiewicz.weii.tu.koszalin.pl/zpi/ar/opracowanie.pdf, dostęp: 04.05.2018.

European Union Agency for Railways (2018), *Railway Safety Performance in the European Union 2018*, Belgia, DOI: 10.2821/205360.

Eurostat (2018), *Rail accident fatalities in the EU – Statistics Explained*, 08/10/2018 [online], www.ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/.

Faryna P. (2016), *Dlaczego przedsiębiorstwa boją się procesu analizy ryzyka w bezpieczeństwie kolejowym?*, „Rynek Kolejowy", 1 sierpnia 2016 [online], www.rynek-kolejowy.pl/wiadomosci/dlaczego-przedsiebiorstwa-boja-sie-procesu-analizy-ryzyka-w-bezpieczenstwie-kolejowym-77612.html, dostęp: 09.09.2018.

Jabłoński A. (2018), *A human factor and rail transport safety – a comparative criterion of selected assessment methods*, „Archives of Transport System Telematics", vol. 11, iss. 1, ss. 20–26.

Jabłoński A., Jabłoński M. (2014), *Ryzyko techniczne i zawodowe w transporcie kolejowym – kluczowe aspekty integracji*, „Technika Transportu Szynowego", nr 9, s. 33.

Jacyna M., Szaciłło L. (2017), *Wybrane aspekty zarządzania ryzykiem w transporcie kolejowym*, „Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej", Transport, Z119, Warszawa, ss. 165–167.

Jedynak M., Młynarski S., Sowa A. (2015), *Ryzyko i jego miary w transporcie kolejowym*, „Logistyka", nr 6, s. 1072.

Katarzyńska E. (2018), *Zapewnienie bezpieczeństwa w przewozie towarów niebezpiecznych transportem kolejowym*, praca dyplomowa WSL, Poznań, ss. 50–69.

Konecka S. (2015), *Ryzyko zakłóceń w zarządzaniu łańcuchami dostaw*, praca doktorska UEP, ss. 56–68 [online], http://www.wbc.poznan.pl/Content/350444/Konecka_Sylwia_rozprawa.pdf.

Kopczewski R., Nowacki G., Zakrzewski B. (2017), *Zagrożenia chemiczne i ekologiczne podczas przewozu*, „Autobusy", nr 9 [online], www.autobusy-test.com.pl, dostęp: 04.05.2018.

Pawlik M. (2013), *Zarządzanie ryzykiem w transporcie kolejowym*, „Prawo i finanse", nr 9, s. 57.

RID Regulamin dla międzynarodowego przewozu kolejami towarów niebezpiecznych (fr. *Règlement concernant le transport international ferroviaire des marchandises dangereuses*) – ważny od 1 stycznia 2007 r.

Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 402/2013 z dnia 30 kwietnia 2013 r. w sprawie wspólnej metody oceny bezpieczeństwa w zakresie wyceny i oceny ryzyka i uchylające rozporządzenie (WE) NR 352/2009 [online], eur-lex.europa.eu/legal-content/pl/TXT/?uri=CELEX:32013R0402, dostęp: 04.05.2018.

Sienkiewicz P., Marszałek M., Górny P. (red.) (2012), *Ryzyko w zarządzaniu kryzysowym*, Wydawnictwo Marszałek A., Toruń, s. 21.

Taleb N.N. (2008), *The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable*, Penguin Books.

Trzepizur S. (2018), *Bezpieczeństwo przewozów kolejowych*, „ATEST Ochrona Pracy", nr 05 [online], www.atest.com.pl/teksty,aa1805_1, dostęp: 09.09.2018.

Urząd Transportu Kolejowego (2018), *System zarządzania bezpieczeństwem* [online], https://www.utk.gov.pl/pl/bezpieczenstwo-systemy/zarzadzanie-bezpieczen/system-zarzadzania-bezp/11014,System-zarzadzania-bezpieczenstwem.html, dostęp: 04.05.2018.

Urząd Transportu Kolejowego, *Sprawozdanie ze stanu bezpieczeństwa ruchu kolejowego w 2017 r.*, Warszawa 2018 [online], https://utk.gov.pl/pl/raporty-i-analizy/analizy-i-monitoring/sprawozdania/14357,Sprawozdanie-z-funkcjonowania-rynku-kolejowego-w-2017-r.html, dostęp: 04.08.2018.

Ustawa z dnia 19 sierpnia 2011 r. o przewozie towarów niebezpiecznych (Dz. U. z 2018 r., poz. 169) [online], prawo.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20112271367, dostęp: 08.09.2018.

Maciej Kozaryn
Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Ekonomii i Zarządzania
m.kozaryn@wez.uz.zgora.pl

Wiesław Wasilewski
Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Ekonomii i Zarządzania
w.wasilewski@wez.uz.zgora.pl

Wspomaganie decyzji kierownictwa z zastosowaniem elementów controllingu logistycznego

Supporting Management Decisions with Logistics Controlling

Abstract: The chapter describes the topic of logistics controlling and index analysis. A case study based on data from the enterprise was presented. The usefulness of index analysis as a supporting element in decisions making by the organization's management was indicated.
Key words: logistics, financial indexes, controlling, management decisions

Wstęp

Prawidłowe wykorzystywanie zasobów organizacji, utrzymanie płynności finansowej, planowanie i sterowanie jednostką, ukierunkowane na wąskie gardła, są wspierane przez system informacyjny zarządzania. Procesy logistyczne w organizacji, związane z transportowaniem czy magazynowaniem, należy dokładnie planować, a to wiąże się z podejmowaniem decyzji ilościowych. W warunkach rynkowych podmioty starają się możliwie w jak największym stopniu wspomagać zachodzące w nich procesy decyzyjne. Czynią to poprzez rachunkowość oraz controlling, które, jeśli stosowane prawidłowo, pozwalają na kompleksową ocenę realizacji strategii przedsiębiorstwa oraz przyczyniają się do zwiększenia przewagi konkurencyjnej.

Celem rozdziału jest zaprezentowanie roli controllingu w przedsiębiorstwie jako narzędzia wspomagania decyzji kierownictwa. Przedstawiono również studium przypadku, polegające na analizie sprawozdania finansowego, aby pokazać praktyce wybrane wskaźniki, mające na celu wspomaganie procesów decyzyjnych w organizacji.

Controlling logistyczny

Obecnie controlling traktuje się przede wszystkim jako nowoczesną koncepcję zarządzania przedsiębiorstwami, której zadaniem jest ułatwienie przedsiębiorstwom adaptacji w zmiennym i wysoce konkurencyjnym otoczeniu [Nowak 2011, s. 13]. Wspomaga on zasilanie w informacje, gromadzenia i przechowywania danych oraz realizację celów przedsiębiorstwa. Dział controllingu pozyskuje się, przetwarza, interpretuje oraz prezentuje zewnętrzne i wewnętrzne dane w celu wypracowania odpowiednich decyzji [Vollmuth 2000, s. 28].

Ideą controllingu jest zbudowanie logicznego systemu, który poprzez uporządkowane połączenie różnych elementów strukturalnych przedsiębiorstwa, biorących udział w działalności gospodarczej wyrażanej w przekroju finansowym, organizacyjnym oraz technicznym, pomoże kadrze kierowniczej w podejmowaniu trafniejszych oraz bardziej wiarygodnych decyzji o charakterze operacyjnym i strategicznym [Marciniak 2004, s. 13].

Różne ujęcia controllingu logistycznego przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Ujęcia controllingu logistycznego

Autor	Definicja controllingu logistycznego
F.H. Binner	Sieciowe instrumentarium zarządzania procesami i szczeblami w przedsiębiorstwie, w ramach których działania logistyczne podlegają planowaniu, sterowaniu i kontrolowaniu.
I. Göpfert	Nowoczesna koncepcja, zarządzania prowadząca do rozwoju, kształtowania, oddziaływania i realizowania efektywnych przepływów takich obiektów, jak: produkty, informacje, środki pieniężne oraz finanse w ramach skoncentrowanego w przedsiębiorstwie logistycznego systemu kreowania wartości.
J. Piontek	Wsparcie procesu zarządzania logistycznego poprzez tworzenie i dostarczanie informacji, które z kolei powstają w wyniku przygotowywania planów, koordynacji i kontroli.
R.Vahrempenk	Podsystem zarządzania logistycznego, który jest powiązany z planowaniem i kontrolowaniem przepływów materiałów i informacji dla potrzeb najwyższego szczebla.
T. Reichmann, M. Palloks	Funkcjonalna część całego systemu controllingu, która ma stanowić wsparcie dla zarządzania logistycznego poprzez tworzenie i opracowywanie informacji płynących z procesów planowania, koordynacji i kontroli.

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Binner 2002, s. 11; Göpfert 2005, s. 25; Piontek 2003, s. 165; Vahrempenk 2005, s. 432; Reichmann, Palloks 1993, s. 410].

Zadania controllingu logistyki sprowadzają się do [Piontek 2003, s. 37]:

- gromadzenia, przetwarzania i prezentowania informacji dla potrzeb zarządzania logistycznego,

- koordynowania procesów logistycznych w ramach samej logistyki przedsiębiorstwa oraz logistyki między przedsiębiorstwem a innymi podmiotami,
- przygotowywania raportów z odpowiednimi danymi i informacjami dla potrzeb optymalizowania działań logistycznych lub dla przyszłych inwestycji związanych z logistyką,
- planowania, sterowania kosztami w celu ustalenia optymalnych dla przedsiębiorstwa kosztów działań logistycznych,
- sporządzania i kontroli wyników kalkulacji kosztów oraz stosowania systemów rachunku kosztów i przychodów w aspekcie działań logistycznych,
- analizy wyników przy zastosowaniu wskaźników i prezentowania jej wyników.

Jeżeli weźmiemy pod uwagę, że logistyka jest kształtowaniem struktur zapewniających właściwe wspomaganie podstawowej działalności przedsiębiorstwa, a także działania menedżerskie w tym zakresie, to zadania controlingu logistycznego należy uzupełnić o [Krawczyk 2009, ss. 91–92]:
- sprawdzanie poprawności uwarunkowań i zależności między jednostkami, które dokonują logistycznych uzgodnień,
- sprawdzanie prawidłowości infrastruktury systemów logistycznych wspomagających działalność przedsiębiorstwa,
- analizę i identyfikację słabych węzłów systemów i możliwości poprawy ich funkcjonowania,
- analizę poprawności relacji między jednostkami,
- określenie budżetu niezbędnego do realizacji sugerowanych zmian w systemach logistycznych.

Controlling może być traktowany jako system informacyjny wspomagający procesy decyzyjne, w tym system wskaźników oparty na rachunkowości i finansach, służący zarówno do oceny zdarzeń przeszłych, jak i monitorowania zdarzeń przyszłych na potrzeby sterowania obszarami krytycznymi przedsiębiorstwa [Nowosielski 2001, s. 27]. Narzędzia controllingu, m.in. wskaźniki lub systemy wskaźników, usprawniają proces zarządzania, ułatwiają kontrolę i ocenę poprawności działalności logistycznej i na tej podstawie podjęcie stosownych decyzji i działań. Czuwanie nad poprawnością wymaga jednak wykonywania pomiarów wyników, tak planowanych, jak i uzyskiwanych. Często wykorzystuje się do tego celu wskaźniki. Podstawą do tworzenia wskaźników powinny być [Śliwczyński 2007, s. 45]:
- systematycznie gromadzone informacje,
- kombinacje merytorycznie uzasadnionych wielkości, które są odzwierciedleniem pewnych zależności,
- mierniki, które są uznane przez teorie i praktycznie potwierdzone.

W controllingu logistyki wskaźniki pełnią różnorakie funkcje. Prezentuje je tabela 2.

Tabela 2. Wskaźniki w controllingu logistyki

Funkcja	Opis
Optymalizacyjna	Za pomocą wskaźników można zmierzyć i optymalizować wyniki w działalności logistycznej, cele logistyczne oraz ocenić, czy wyznaczone cele zostały osiągnięte.
Sterująca, kontrolująca	System wskaźników jest ściśle powiązany z systemem zarządzania, a więc automatycznie z procesami kierowania, planowania, sterowania i kontroli.
Koordynacyjna	System wskaźników umożliwia połączenie wielu zdecentralizowanych obszarów logistycznych w jedną całość, a także wskazanie zależności między nimi oraz pozostałymi obszarami działalności gospodarczej.
Informacyjna	System wskaźników może przyczynić się do podniesienia jakości dostarczanych informacji. Ponadto dostarcza informacje dla potrzeb bieżącego zarządzania.
Poznawcza, decyzyjna	Zastosowanie wskaźników umożliwia poznanie bieżącej sytuacji, wskazanie słabych i mocnych stron działalności logistycznej i na tej podstawie podjęcie decyzji, które miałyby usprawnić ją i jednocześnie działalność całego przedsiębiorstwa. Ponadto, zestawianie wielkości planowanych z rzeczywistymi pozwala na dokonanie analizy odchyleń, ich oceny, a następnie podjęcie stosownych decyzji.
Odpowiedzialności	Stosowanie wskaźników do sterowania i kontroli określonymi obszarami działalności logistycznej pozwala również na dokonanie oceny osób odpowiedzialnych za analizowane obszary i wyniki.

Źródło: [Piontek, Czenskowsky 2007, ss. 212–213].

W fazie planowania działań logistycznych wskaźniki dają podstawy do wyznaczenia celów strategicznych lub warunków ich realizacji. Ich mnogość wymaga odpowiedniej selekcji. Istotne są te, które będą miały duży wpływ na służący realizacji przyjętych celów program działania.

Strategia to określona koncepcja systemowego działania, polegająca na formułowaniu zbioru długookresowych celów przedsiębiorstwa i ich modyfikacji w zależności od zmian zachodzących w jego otoczeniu, określaniu zasobów i środków niezbędnych do realizacji tych celów oraz sposobów postępowania (reguł działania, dyrektyw, algorytmów), zapewniających optymalne ich rozmieszczenie i wykorzystanie w celu elastycznego reagowania na wyzwania rynku i zapewnienia przedsiębiorstwu korzystnych warunków egzystencji i rozwoju [Penc 1994, s. 145]. Takimi długookresowymi celami w obszarze logistyki mogą być:

- utrzymanie (zwiększenie) wielkości sprzedaży i jednocześnie poziomu zysku,
- zapewnienie ciągłości produkcji i dostaw w przypadku wahań popytu,
- szybsza reakcja na potrzeby konsumenta, z równoczesnym maksymalnym wykorzystaniem możliwości redukcji kosztów w całym łańcuchu dostaw,
- zapewnienie wysokiego poziomu logistycznej obsługi klienta, biorąc pod uwagę skracanie czasu realizacji zamówień, terminowość i bezbłędność.

Głównym celem strategii logistycznej jest zdobywanie przewagi konkurencyjnej.

W fazie formułowania strategii następuje przełożenie celów strategicznych w cele operacyjne. Systemy wskaźników strategicznych zapewniają koordynację celów operacyjnych z celami strategicznymi. Wskaźniki pomagają zoperacjonalizować cele finansowe i niefinansowe. Redukują stopień kompleksowości planowania oraz stanowią podstawę do wyboru strategicznych alternatyw w procesie podejmowania decyzji logistycznych.

Decyzje logistyczne są podejmowane na trzech poziomach. Do logistycznych decyzji strategicznych można zaliczyć [Kauf, Tłuczak 2016, s. 15]:

- wybór i lokalizację infrastruktury logistycznej związanej z wytwarzaniem i magazynowaniem,
- rodzaje, technologie i wyposażenie magazynów,
- decyzje lokalizacyjne dotyczące tzw. punktów rozdziału,
- decyzje dotyczące metod i sposobów zarządzania zapasami w całym łańcuchu dostaw,
- wybór i zasady współpracy z dostawcami.

Decyzje taktyczne dotyczą zasobów powiązanych z podstawowymi procesami w organizacji, stanowiąc niezbędny element realizacji jej funkcji. W logistycznym kontekście do decyzji taktycznych należy zaliczyć decyzje dotyczące zakresu i sposobu wykorzystania magazynów, zadań w nich wykonywanych, alokacji zasobów czy wyboru i zakupu środków transportu, poziom zatrudnienia, wybór systemów zamawiania, wybór wyposażenia magazynów i sprzętu do manipulacji, wybór rodzaju transportu, wybór przewoźnika (np. transport własny lub usługodawca zewnętrzny), określenie minimalnych zapasów w poszczególnych punktach składowania.

Decyzje operacyjne dotyczą bieżącej działalności i prowadzą do bezpośredniego działania, są ograniczone decyzjami podejmowanymi na wyższych szczeblach, a w ujęciu logistycznym obejmują podstawowe procesy techniczne i ekonomiczne w sferze przepływów towarowych realizowanych w ramach określonych struktur, potencjałów oraz potrzeb, np. zmiana statusu klientów czy opracowywanie planów awaryjnych, opracowanie wielkości zamówień partii produkcyjnych, przydział ładunków do pojazdów, harmonogramy ruchu pojazdów.

Analiza wskaźnikowa

Analiza wskaźnikowa jest często stosowana podczas analizy finansowej. Prowadzi do określenia kondycji finansowej organizacji, a znajomość jej wyniku pozwala podejmować trafniejsze decyzje. Cała procedura opiera się na obliczeniu wskaźników wybranych przez organizację, zinterpretowaniu ich, porównaniu wyników z odpowiednio dobranym punktem odniesienia oraz wyciągnięciu wniosków na przyszłość.

Tabela 3. Etapy analizy wskaźnikowej

Etap	Opis
I	Określenie dziedziny działalności organizacji, będącej przedmiotem oceny.
II	Dobór wskaźników i współczynników ekonomicznych reprezentowanych dla badanej dziedziny.
III	Weryfikacja wskaźników i współczynników.
IV	Dokonanie ewentualnych korekt sposobu mierzenia wskaźnika lub wzbogacenie analizy o dodatkowe wskaźniki lub współczynniki.
V	Dokonanie obliczeń wskaźników, interpretacja wyników oraz sformułowanie wniosków.

Źródło: opracowanie własne na podstawie [Janc, Kraska 2001, ss. 21–22].

Obliczenie wybranych wskaźników może zostać wykonane przy pomocy arkusza kalkulacyjnego, specjalnie przeznaczonych do tego programów komputerowych lub po prostu ręcznie. Informacje, które będą niezbędne w tym procesie, można odszukać w sprawozdaniach przedsiębiorstwa m.in. w bilansie, rachunku zysków i strat oraz cash flow. Istnieje wiele podmiotów, które mogą być zainteresowane wynikami przeprowadzonego procesu np. kierownictwo firmy, właściciel, potencjalni inwestorzy, wierzyciele, dostawcy, odbiorcy, pracownicy, konkurenci, organy administracji rządowej i lokalnej. Właściciel zainteresowany będzie wynikami związanymi z płynnością finansową, rentownością oraz wielkością wartości firmy, natomiast dla kredytodawcy ważnym aspektem będzie zdolność do zwrotu długu oraz płynność finansowa. Wpływ na analizowane wskaźniki, jak i ich rodzaj, mają także dostępność informacji, rozmiar organizacji, stopa inflacji, gałąź gospodarki itp. [Dobosiewicz 1998, ss. 133–134].

Istnieje wiele podziałów wskaźników finansowych, jednak najczęściej dokonuje się ich rozróżnienia ze względu na ujednolicenie treści w tematyce ekonomicznej oraz przedstawianych wartości.

Wyróżnia się pięć zasadniczych grup wskaźników [Wójciak 2007, s. 24]:

1. Wskaźniki płynności – mierzą zdolność przedsiębiorstwa do spłaty krótkoterminowych zobowiązań, elastyczność majątku, badają politykę płatniczą wobec kontrahentów.
2. Wskaźniki zadłużenia (zarządzanie długiem) – pozwalają określić stopień zadłużenia w stosunku do grup aktywów i kapitałów (im wyższy, tym wyższe ryzyko finansowe). Analizuje wielkość oraz zmiany zaangażowanego kapitału, a także ich źródła pochodzenia.
3. Wskaźniki efektywności (obrotowości) – ukazują zmiany w wielkościach zaangażowanego majątku, rotacji środków, polityki umorzeniowej oraz inwestycyjnej. Określają, jak szybko dana firma obraca posiadanymi zasobami i jak szybko spłaca swoje zobowiązania.
4. Wskaźniki rentowności (zyskowności) – mierzą zdolność firmy lub jej poszczególnych składników do generowania zysku, informują o wzroście majątku, atrakcyjności firmy. Przedstawiają poziom akumulacji finansowej przedsiębiorstwa, kształtowanie się kosztów i dochodów.
5. Wskaźniki wartości rynkowej – mierzą relacje istotne dla inwestorów, które kształtują się dzięki ich decyzji lub w sposób bezpośredni wpływają na atrakcyjność lokat. Wskaźniki te mogą stanowić podstawę do podejmowania decyzji inwestycyjnych.

Należy pamiętać, że liczba wskaźników nie świadczy o dokładności analizy. Ważne jest poprawne dobranie danych, sposobów liczenia, a w szczególności ich umiejętna interpretacja [Dębski 2005, s. 78].

Analiza wskaźnikowa bywa często problematyczna, ponieważ [Sierpińska, Jachna 2004, ss. 144–145]:

- odzwierciedla skutki działań, a nie dostarcza pełnych informacji dotyczących przyczyn ich powstania,
- ocenia bezwzględne wartości,

- opiera się przede wszystkim na danych z przeszłości,
- wiele z wskaźników stanowi relację zasobów (dane określone na dany moment) do strumieni (mają wymiar czasowy) bądź odwrotnie, przez co niektóre informacje (zasoby) trzeba uśredniać – sprawia to, że wszystkie dane zyskują charakter strumieni.

Pomimo tego, metoda ta nadal jest jednym z głównych sposobów oceny kondycji ekonomiczno-finansowej przedsiębiorstwa.

Studium przypadku

We wstępnej części dokonano analizy sprawozdania finansowego organizacji za rok 2016 oraz 2017. W oparciu o dane z bilansu i rachunku zysków i strat, zaprezentowane zostaną wartości wybranych wskaźników, mających na celu wspomaganie procesów decyzyjnych w firmie.

Jako pierwszy analizowany jest wskaźnik bieżącej płynności dany wzorem:

$$\text{wskaźnik bieżącej płynności} = \frac{\text{aktywa obrotowe}}{\text{zobowiązania krótkoterminowe}}$$

Im wyższa wartość wskaźnika, tym mniejszy udział zobowiązań bieżących w aktywach obrotowych. W praktyce przyjmuje się, że optymalna wartość wskaźnika powinna znajdować się w przedziale 1,5–2,0. Rosnąca tendencja wskaźnika bieżącej płynności finansowej świadczy o polepszającej się zdolności regulowania zobowiązań krótkoterminowych. Oznacza to także poprawę płynności firmy. Przedsiębiorstwa w takiej sytuacji lepiej wykorzystują posiadany majątek obrotowy, spłacając tym samym zobowiązania bieżące na czas. Wartość wskaźnika poniżej 1,0 powinna wzbudzić niepokój w osobach zarządzających płynnością finansową, bowiem świadczy to o kłopotach do regulowania zobowiązań w terminie. Przedsiębiorstwo wówczas posiada zbyt niską wartość majątku obrotowego, aby w danej chwili pokryć wszystkie zobowiązania.

W roku 2016 suma aktywów obrotowych wyniosła 18 671 140,77 zł, a zobowiązania krótkoterminowe kształtowały się na poziomie 4 486 279,00 zł. Wartość wskaźnika wyniosła 4,17. W roku 2017 aktywa obrotowe wyniosły 20 436 204,92 zł, a zobowiązania krótkoterminowe 5 886 923,99 zł. Wówczas wartość analizowanego wskaźnika wyniosła 3,47. Aktywa obrotowe pokrywają zobowiązania bieżące ponad 3 razy. Tak wysoka wartość wskaźnika może świadczyć o nadmiernym zamrożeniu kapitału w aktywach obrotowych. Tendencja w analizowanych latach jest malejąca i zmierza w kierunku jego optymalnej wartości.

Kolejnym analizowanym wskaźnikiem jest wskaźnik rotacji należności dany wzorem:

$$\text{wskaźnik rotacji należności} = \frac{\text{przychody ze sprzedaży}}{\text{przeciętny stan należności}}$$

Wskaźnik rotacji należności informuje o efektywności wykorzystania należności do generowania przychodów. Wzrost wskaźnika z roku na rok świadczy o lepszym

zarządzaniu należnościami. Spadek zmniejsza zdolność do regulowania zobowiązań na czas, ponieważ spada wtedy także płynność finansowa.

W roku 2016 przychody osiągały wartość 15 555 632,32 zł, a należności krótkoterminowe kształtowały się na poziomie 14 428 872,19 zł. Wobec powyższego, wskaźnik rotacji należności w roku 2016 wyniósł 1,08. Analizując kolejny rok, wartości przychodów wynosiły 16 510 611,11 zł, a poziom należności krótkoterminowych 16 109 938,00 zł. Oznacza to, że w roku 2017 analizowany wskaźnik kształtował się na poziomie 1,02. Zakłada się, że powinien on oscylować granicach od 7 do 10. Niski poziom wskaźnika oznacza, że poziom należności jest wysoki, czyli że przedsiębiorstwo nadmiernie kredytuje swoich klientów, co w praktyce oznacza długotrwałe zamrożenie środków pieniężnych w należnościach.

Następny prezentowany wskaźnik należy do grupy wskaźników zadłużenia. Oblicza się go ze wzoru:

$$\text{wskaźnik ogólnego zadłużenia} = \frac{\text{zobowiązania ogółem}}{\text{aktywa ogółem}}$$

Wskaźnik ten obrazuje strukturę finansowania majątku przedsiębiorstwa. Otrzymujemy informację, jaką część w całości aktywów stanowią zobowiązania ogółem, czyli wskazuje udział kapitałów obcych w finansowaniu aktywów firmy. Im niższy poziom tego wskaźnika, tym większa zdolność jednostki do spłaty zobowiązań. Wielkość optymalna tego wskaźnika w dużym stopniu zależy od branży, w jakiej działa przedsiębiorstwo. Według standardów zachodnich poziom tego wskaźnika nie powinien przekroczyć 65%.

W roku 2016 łączna wartość zobowiązań w badanym przedsiębiorstwie wynosiła 5 652 928,00 zł, a suma aktywów osiągnęła wartość 25 090 556,56 zł. Wobec tego wartość badanego wskaźnika wynosiła 0,23. Rok później, zobowiązania w firmie wynosiły 6 653 576,99 zł, a suma aktywów wyniosła 27 366 631,67 zł. Oznacza to, że poziom analizowanego wskaźnika kształtował się na poziomie 0,24. Im wyższa wartość tego wskaźnika, tym większe ryzyko zachwiania stabilności firmy. W rozważanym przypadku wartość tego wskaźnika świadczy o stabilnej sytuacji przedsiębiorstwa oraz o dobrych możliwościach finansowych badanego przedsiębiorstwa, gdyż jest ono w stanie samodzielnie finansować działalność własną i majątek.

W ramach analizy procesu transportowego w rozważanej organizacji zostaną zaprezentowane poniżej wybrane mierniki logistyczne związane bezpośrednio z tym podsystemem logistycznym. Na podstawie otrzymanych informacji, dotyczących efektywności procesu transportowego w analizowanej organizacji w latach 2017 i 2018, przeprowadzono roczną analizę wybranych mierników oceny logistycznej.

Tabela 4. Mierniki procesu transportowego

Miernik	Wzór	2016r.	2017r.
Niezawodność transportu (%)	$\frac{\text{liczba przewozów wykonanych w terminie}}{\text{całkowita liczba przewozów}}$	79%	85%
Elastyczność transportu (%)	$\frac{\text{liczba spełnionych wymagań transportowych}}{\text{całkowita liczba wszystkich wymagań}}$	83%	89%

Miernik	Wzór	2016r.	2017r.
Koszty transportu na 1 km (zł.)	$\frac{\text{całkowite koszty transportu}}{\text{łączna liczba kilometrów}}$	1,79 zł.	1,89 zł.
Stopień wykorzystania transportu (%)	$\frac{\text{średni ładunek rzeczywisty}}{\text{ładunek możliwy}}$	86%	81%
Awaryjność środków transportowych (%)	$\frac{\text{liczba awarii}}{\text{całkowita liczba przewozów}}$	0,05%	0,01%
Liczba kilometrów na środek transportu (km)	$\frac{\text{łączna liczba kilometrów}}{\text{liczba środków transportów}}$	138500 km	141200 km

Źródło: opracowanie własne na podstawie informacji pozyskanych od organizacji.

Poniżej zostanie zaprezentowane zestawienie średnich dopuszczalnych wartości w analizowanych latach, utworzone na podstawie informacji posiadanych przez kierownictwo analizowanej organizacji.

Tabela 5. Wartości dopuszczalne mierników efektywności procesu transportowego

Miernik	2016r.	Wartość dopuszczalna	2017r.	Wartość dopuszczalna
Niezawodność transportu (%)	79%	więcej niż 80%	85%	więcej niż 82%
Elastyczność transportu (%)	83%	więcej niż 85%	89%	więcej niż 88%
Koszty transportu na 1 km (zł.)	1,79 zł.	mniej niż 1,80 zł.	1,89 zł.	mniej niż 1,90 zł.
Stopień wykorzystania transportu (%)	86%	więcej niż 85%	81%	więcej niż 89%
Awaryjność środków transportowych (%)	0,05%	mniej niż 0,08%	0,01%	mniej niż 0,05%
Liczba kilometrów na środek transportu (km)	138 500 km	125 000 km	141 200 km	130 000 km

Źródło: opracowanie własne na podstawie informacji pozyskanych od organizacji.

Reasumując dwie powyższe tabele, można zauważyć, że rok 2017 znacznie różnił się od roku 2016 pod względem prezentowanych wyników. Bezpośrednią przyczyną było powiększenie posiadanego taboru, co umożliwiło realizację większej liczby zleceń. Dodatkowo, z uwagi na fakt mniejszej zawodności transportu, jak również awaryjności środków transportowych w roku 2017, zdecydowanie poprawiła się elastyczność transportu. W rezultacie doprowadziło to do wzrostu liczby kilometrów realizowanych przez jeden środek transportu. Decyzje podjęte w roku 2016 były więc słuszne i przyniosły zamierzone efekty.

Podsumowując, można więc stwierdzić, że zarówno analiza sprawozdania finansowego, której celem jest praktyczne pokazanie wybranych wskaźników, jak również zbadanie efektywności wybranych procesów logistycznych w organizacji ma znaczny wpływ na wspomaganie procesów decyzyjnych kierownictwa.

Zakończenie

Szeroko pojmowany controlling znajduje swoje miejsce w strukturze zarządzania przedsiębiorstwem i wspomaga zachodzące w nim procesy decyzyjne, które odgrywają znaczącą rolę w procesie planowania i realizacji celów. Element controllingu logistycznego, jakim jest system wskaźników logistyki, ma duże znaczenie dla poprawnego sterowania przedsiębiorstwem. Jego zaletą jest możliwość porównania skutków działalności z wyznaczonymi celami logistycznymi, co prowadzi do szybkiego odkrycia odchyleń, a następnie wprowadzenia działań naprawczych. Każda organizacja powinna skonstruować własny wewnętrzny system wskaźników, dostosowany do specyfiki prowadzonej działalności. Jako instrument controllingu logistycznego jest łatwy do zastosowania i pozwala zaprezentować najważniejsze aspekty działalności logistycznej w krótkim czasie.

Bibliografia

Binner F.H. (2002), *Unternehmensübergreifendes Logistikmanagement*, Hanser, München-Wien

Dębski W. (2005), *Teoretyczne i praktyczne aspekty zarządzania finansami przedsiębiorstwa*, PWN, Warszawa.

Dobosiewicz Z. (1998), *Podstawy bankowości*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

Göpfert I. (2005), *Logistik: Führungskonzeption, Gegenstand, Aufgaben und Instrumente des Logistikmanagements und -controllings*, Vahlen, München.

Janc A., Kraska M. (2001), *Credit-scoring, nowoczesna metoda oceny zdolności kredytowej*, Biblioteka Menedżera i Bankowca, Warszawa.

Kauf S., Tłuczak A. (2016), *Optymalizacja decyzji logistycznych*, Difin, Warszawa.

Krawczyk S. (2009), *Controlling logistyczny w sieciach usług transportowych*, „Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport", z. 69, Warszawa.

Marciniak S. (2004), *Controlling. Filozofia, projektowanie*, Difin, Warszawa.

Nowak E. (2011), *System controllingu w przedsiębiorstwie* [w:] E. Nowak (red.), *Controling w działalności przedsiębiorstwa*, PWE, Warszawa.

Nowosielski S. (2001), *Centra kosztów i centra zysku w przedsiębiorstwie*, Wydawnictwo UE we Wrocławiu, Wrocław.

Penc J. (1994), *Strategie zarządzania, cz. I: Perspektywiczne myślenie, systemowe działanie*, Placet, Warszawa.

Piontek J. (2003), *Bausteine des Logistikmanagements*, Verlag Neue Wirtschaftsbriefe, Herne Berlin.

Piontek J., Czenskowsky T. (2007), *Logistikcontrolling*, Deutsche Betriebswirte Verlag, Gernsbach.

Reichmann T., Palloks M. (1993), *Logistik-Controlling* [w:] P. Horváth, T. Reichmann (wyd.), *Vahlens Großes Controllinglexikon*, Verlag Vahlen, München.

Sierpińska M., Jachna T. (2003), *Ocena przedsiębiorstwa według standardów światowych*, PWN, Warszawa.

Śliwczyński B. (2007), *Controlling w zarządzaniu logistyką*, Wyższa Szkoła Logistyki, Poznań.

Wójciak M. (2007), *Metody oceny ryzyka kredytowego*, PWE, Warszawa.

Vahrempenk R. (2005), *Logistik. Management und Strategien*, Oldenbourg, München.

Vollmuth H.J. (2000), *Controlling. Planowanie, kontrola, kierowanie. Podstawy budowania systemu controllingu*, Agencja Wydawnicza PLACET, Warszawa.

Marzena Kuczyńska-Chałada
Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Materiałowej
marzena.kuczynska-chalada@polsl.pl

Roksana Poloczek
Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Materiałowej
roksana.poloczek@polsl.pl

Analiza procesu kompletacji na podstawie centrum dystrybucyjnego

Analysis of the Completation Process on the Basis of the Distribution Center

Abstract: Over the years, the role, form and function of the magazine has changed, especially thanks to the development of modern technologies. Currently, almost everything that is consumed and used, is previously subjected to the storage process. The warehouse has become an essential part of the enterprise supply chain around the world. Storage is an integral part of the logistics system, which is initiated in the first phase of business processes at the producer's own. It ends in a place where the customer appears as a consumer of a given market good. It is a place where the supply activities for the sale of material resources are delimited. The picking is an indispensable step in the storage process. It is part of the order picking process, which consists in compiling collective or unit packages in load units, formed in accordance with the recipient's orders. Picking consists in collecting stocks from storage zones to create stock sets in accordance with the assortment and quantity specifications for a given recipient.
Key words: supply chain, order picking, complementation, Ishikawa chart, distribution centre

Wprowadzenie

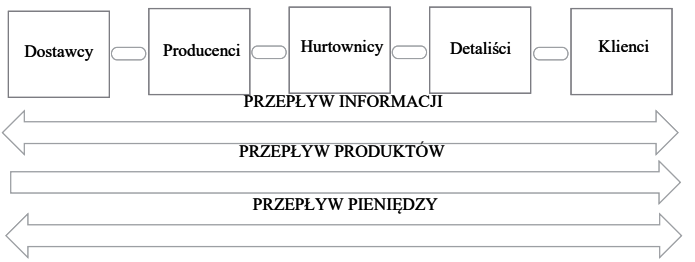
Centrum logistyczne to sieć powiązań między komplementariuszami przedsiębiorstwa: dostawcami, producentami, detalistami i klientami końcowymi. Zapewnia elastyczną kontrolę przepływu dóbr, jak również gwarancję, iż dostawy przechodzące przez dany punkt będą idealnie dopasowane do zamówienia. Różnorodność

zagadnień dotyczących funkcjonowania centrów logistycznych, wymaga określenia ich podstawowych zadań i funkcji. Celem rozdziału jest analiza procesu kompletacji dla zwiększenia efektywności magazynowania za pomocą metody Ishikawy, koncentrując się na magazynie wysokiego składowania centra dystrybucyjnego. Produktem magazynowanym są artykuły sportowe. Obserwację własną przeprowadzono od stycznia do lipca 2018 r. w magazynie artykułów sportowych na terenie Śląska, który dystrybuuje towar do sklepów na terenie Unii Europejskiej. Rezultatem przeprowadzonych obserwacji są instrukcje dla pracowników magazynu dotyczące usprawnienia procesu realizacji zamówień klientów związanego z sezonowością produktów.

Istota procesów logistycznych

Logistyka jest niezbędnym elementem związanym z przepływami wewnątrz oraz między przedsiębiorstwami, niezależnie od ich odległości. Głównym jej zadaniem jest badanie przepływu dóbr rzeczowych w otoczeniu rynkowym, co pozwala na budowanie sprzężeń zwrotnych umożliwiających sprawność ich przepływu, uwzględniając ważny aspekt efektywności ekonomicznej. Łańcuchy logistyczne łączą sferę procesu produkcyjnego, zaopatrzenie, dystrybucję oraz przedsiębiorstwa za pośrednictwem sfery zaopatrzenia i dystrybucji. Ponadto zespalają kooperujące przedsiębiorstwa, tworząc ogniwa podwykonawców dostarczających komponenty. Mając na uwadze przepływy finansowe oraz aspekt handlowy łańcucha dostaw, między współpracującymi przedsiębiorstwami i ich klientami przepływają strumienie produktów, informacji oraz środków finansowych [Witkowski 2010, s. 25]. W łańcuchach dostaw można wyodrębnić kluczowe przepływy, takie jak informacje i zasoby przedsiębiorstwa (rysunek 1).

Rysunek 1. Łańcuch dostaw wraz z przepływami



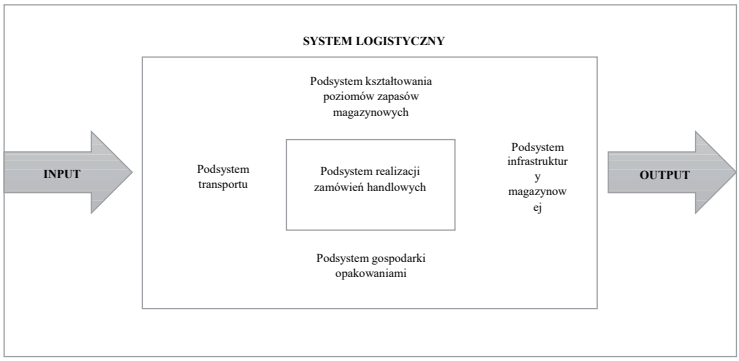
Źródło: opracowanie własne na podstawie [Blikle 2004, s. 12].

Łańcuchy dostaw są ściśle powiązane z zarządzaniem łańcuchami dostaw, które zakładają korelację i koordynację pomiędzy procesami a innymi ogniwami łańcucha dostaw. Niezbędne jest dostarczenie do klienta najwyższej wartości produktu po najniższych kosztach dla całego łańcucha [Blaik, Matwiejczuk 2008, ss. 28–29]. Na system logistyczny składają się następujące elementy [Blikle 2004, s. 12]:

- cel systemu,
- zbiór elementów systemu,

- zbiór relacji,
- mechanizm transformacji – przekształcenie materii, energii, informacji przez drogę „wejścia" do systemu, na efekty działania na „wyjściu" z systemu (rysunek 2).

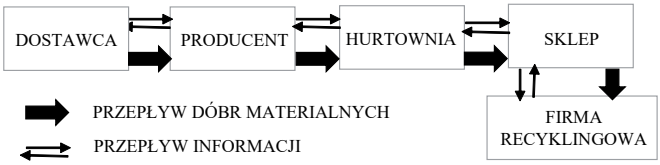
Rysunek 2. System logistyczny



Źródło: opracowanie własne na podstawie [Blikle 2004, s. 12].

System logistyczny jest zintegrowanym przepływem materiałów umożliwiającym optymalizację w zarządzaniu łańcuchem dostaw. Przepływ dóbr w systemie logistycznym przedstawia rysunek 3.

Rysunek 3. Przepływ dóbr i informacji w systemie logistycznym



Źródło: opracowanie własne na podstawie [Blikle 2004, s. 13].

Kompletacja – determinant systemu logistycznego

Zgodnie z wymaganiami rynkowymi głównym elementem zapewnienia dostępu do produktów w określonym czasie przez klienta są operacje wykonywane w węzłach logistycznych (obiekt przestrzenny wraz z infrastrukturą przedsiębiorstwa realizujący usługi logistyczne). Podstawowym procesem jest komisjonowanie, czyli połączenie wszystkich operacji technicznych z czynnościami administracyjnymi w celu przygotowania zamówień zgodnie z wymaganiami klienta. Część powyższego procesu polega na pobieraniu zapasów ze stref składowania, w celu utworzenia zbiorów zapasów zgodnie ze specyfikacją asortymentową oraz ilościową dla danego odbiorcy. Jednostki ładunkowe zawierają zamówione towary przez odbiorcę, będąc końcowym

produktem kompletacji. Na proces składa się cykliczna sekwencja pobrań towarów z regałów lub z jednostek ładunkowych i czynności odkładania opakowań w sposób efektywnie wypełniający kubaturę formowanej (wypełnianej) jednostki ładunkowej. Kontrola ilościowa polega na sprawdzeniu kompletności jednostki ładunkowej oraz zgodności z zamówieniem (czyli zleceniem kompletacyjnym) w obszarze danego asortymentu i ilości. Pod kontrolę poddane są terminy ważności, numery partii, numery serii produkcyjnych. Wymaga ona bezpośredniego dostępu do każdego opakowania, czego efektem będzie przetransportowanie jednostki ładunkowej na inny nośnik. Kolejnym zadaniem jest pakowanie oraz formowanie jednostek transportowych. Operacja ma charakter wielopłaszczyznowy, ale jej główny cel polega na zabezpieczeniu produktów przed uszkodzeniami. Kolejnym zadaniem jest formowanie jednostek transportowych oraz ich identyfikacja w celu ułatwienia zmiany miejsca oraz zwiększenia efektywności wykorzystania środka transportu. Końcowa faza procesu polega na przemieszczeniu skompletowanych, uformowanych i oznaczonych jednostek ładunkowych do strefy wydań [Kisperska-Moroń 1999, ss. 65–66]. W procesie kompletacji zamówień, pobieranie towarów odbywa się ręcznie lub z wykorzystaniem automatu kompletacyjnego, ale tylko w przypadku dużej ilości opakowań detalicznych. Postacią fizyczną jednostek jest rodzaj urządzeń wspomagających proces kompletacji, który składa się z:

- rodzaju asortymentu,
- masy oraz wymiaru pobieranych jednostek,
- struktury opakowania [Nimczyk 2008, s. 19].

Kompletacja może być realizowana przy pomocy różnych wariantów:

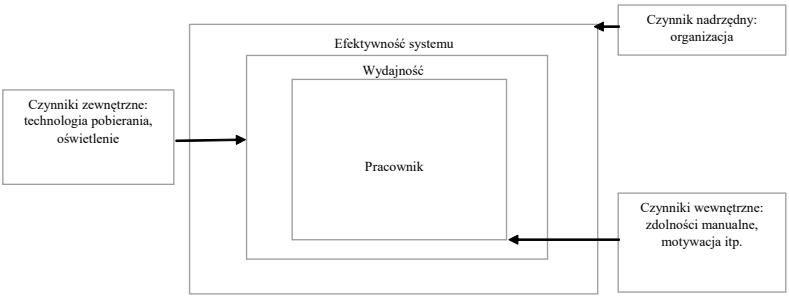
- metodą „towar do człowieka" lub „człowiek do towaru",
- według asortymentów,
- w strefie wydzielonej kompletacji.

Polecenia kompletacji są przekazywane magazynierom za pomocą [Nimczyk 2008, s. 19]:

- listy kompletacyjnej,
- terminalu radiowego lub wsadowego,
- etykiet,
- technologii głosowej (pick by voice),
- technologii świetlnej (pick by light),
- technologii świetlno-głosowej (pick by point).

Sprawność procesu kompletacji uzależniona jest od poziomu rozwoju przedsiębiorstwa. Kluczowym elementem jest kontrola oraz zwiększenie efektywności procesu. Efektywność procesu (uzyskanie wysokiej sprzedaży przy najniższych kosztach) kompletacji w odniesieniu do analizy pracy magazyniera jako punktu centralnego w układzie współzależności, przedstawia rysunek 4.

Rysunek 4. Układ współzależności



Źródło: opracowanie własne na podstawie [Mynarski 1979, s. 986].

Istnieje zależność pomiędzy efektywnością kompletacji a systemem motywacji pracowników i innowacyjną technologią. Poprzez odpowiednią organizację pracy można zwiększyć efektywność procesu.

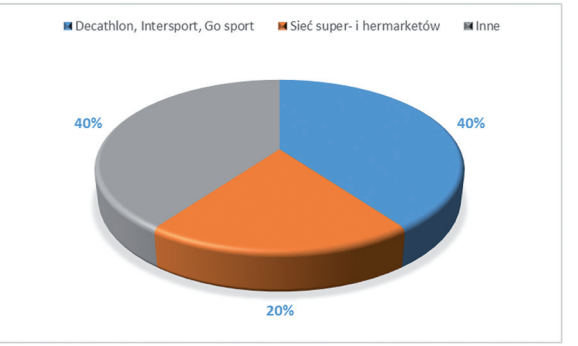
Analiza kompletacji centrum logistycznego

Centrum logistyczne zajmuje się sprzedażą detaliczną artykułów sportowych, na które jest coraz większy popyt. Największe zapotrzebowanie jest w dużych miastach i ośrodkach sportowych. Od 2005 roku wartość rynkowa artykułów sportowych wzrasta corocznie o około 15%. Branża artykułów sportowych w kraju, skoncentrowana jest w trzech głównych punktach sprzedaży detalicznej:

- specjalistyczne sklepy sportowe (posiadają asortyment wyłącznie jednej, wybranej dyscypliny), wielkopowierzchniowe sklepy oferujące towary różnych dyscyplin sportowych i sieci takich sklepów oraz lokalne sklepy z ofertą całoroczną,
- sklepy patronackie, najbardziej rozpoznawalnych marek świata (często o małej powierzchni, oferują wyłącznie towar wybranej marki; sprzedawane artykuły są skierowane do stałych klientów, bardzo przywiązanych do danej firmy),
- stoiska sportowe w supermarketach (oferują wyłącznie sezonowy wybór towaru do uprawiania najbardziej popularnych dyscyplin sportowych, w większości artykuły są obandowane mniej znanymi producentami lub występują pod marką własną sklepu, często należą do niższego progu cenowego; sprzedaż nastawiona jest na klienta masowego, niewymagającego wyspecjalizowanego doradztwa przy wyborze sprzętu i odzieży.

Udział w rynku branży artykułów sportowych opisanych grup sklepów sprzedaży detalicznej przedstawiono za pomocą wykresu kołowego na rysunku 5.

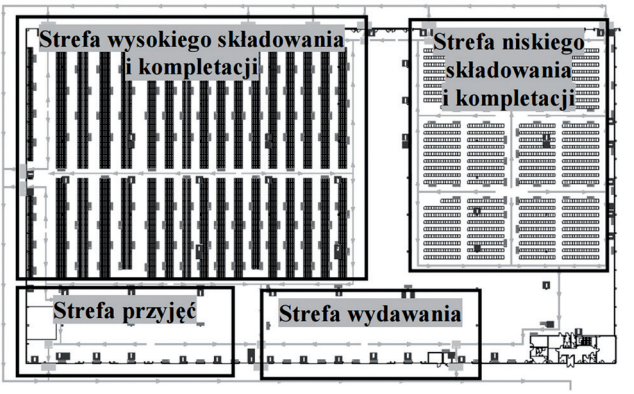
Rysunek 5. Procentowy udział wybranych sklepów sportowych w rynku sprzedaży detalicznej



Źródło: opracowanie własne na podstawie [http://www.log24.pl/, dostęp: 09.08.2018].

W krajach Unii Europejskiej największą część sprzedaży detalicznej artykułów sportowych wykonuje się za pośrednictwem wyspecjalizowanych sieci sklepów ogólnosportowych, takich jak: Decathlon, Intersport oraz Sport2000 i Foot Locker [http://www.log24.pl/]. Centrum dystrybucyjne zaopatruje sklepy firmowe w artykuły dostępne do sprzedaży detalicznej oraz klientów indywidualnych poprzez sklep internetowy. W związku z tym, zachodzą następujące operacje: magazynowania, przyjmowania, składowania, kompletowania, wydawania dóbr materialnych. Wszystkie działania operacyjne odbywają się w specjalnie do tego przygotowanych miejscach. Spełniają one konkretne warunki zarówno organizacyjne jak i technologiczne. Przepływ materiałów realizowany jest przy użyciu transportu wewnętrznego i sterowany za pomocą systemu informatycznego WMS (ang. Warehouse Management System). Struktura ta znacząco usprawnia proces, który zachodzi w magazynie. Schemat centrum dystrybucyjnego z podziałem na odpowiednie strefy przedstawia rysunek 6.

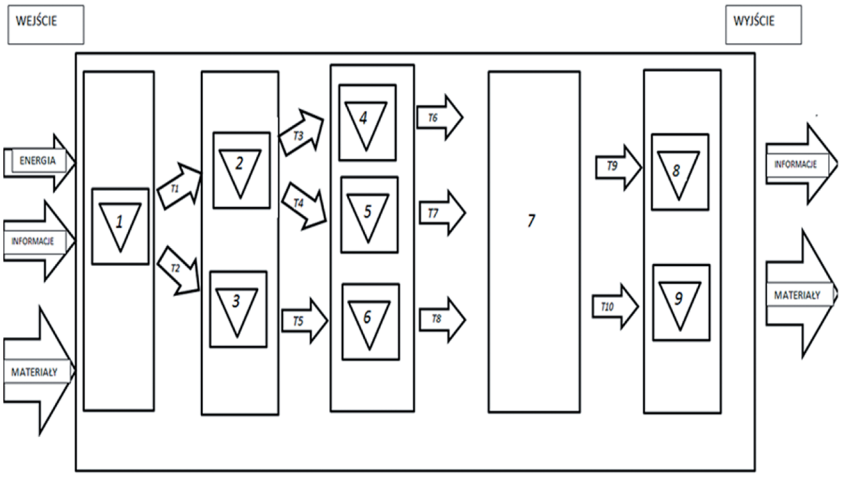
Rysunek 6. Schemat centrum dystrybucyjnego z podziałem na odpowiednie strefy



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 7 przedstawia drogę wszystkich materiałów i informacji od momentu wejścia do magazynu wyrobów gotowych, aż do dostarczenia (wyjścia). Trójkątami zaznaczone są miejsca składowania (magazyny, magazyny tymczasowe), a strzałki oznaczają czynności transportowe.

Rysunek 7. Schemat przepływu materiałów i informacji w ujęciu systemowym



1. Magazyn wyrobów dostarczanych
2. Magazyn wyrobów gotowych do wysyłki taśmociągiem
3. Magazyn wyrobów gotowych do odbioru dla pracowników wysokiego składu
4. Magazyn niskiego składowania i e-commerce
5. Magazyn wysokiego składowania
6. Magazyn sortowni
7. Konfekcjonowanie i pakowanie – tranzyt
8. Magazyn działu jakości i e-commerce
9. Magazyn wyrobów gotowych do wysyłki

Źródło: opracowanie własne.

Podsystem transportowy pełni funkcję usługową i wykonywany jest w przedsiębiorstwie przy użyciu: wózków widłowych elektrycznych, ręcznych oraz taśmociągu (conveyor). Artykuły przewożone są pomiędzy poszczególnymi stanowiskami w magazynie. Podsystem złożony jest z wózków widłowych i ręcznych na terenie magazynu oraz transporcie samochodowym poza jego obrębem. Samochodami ciężarowymi, również z naczepami transportowane są artykuły do i z magazynu. System conveyor i wózki widłowe służą do transportu wewnątrz magazynu. Natomiast w jego odpowiedniku regionalnym przepływ materiałów jest zmienny w zależności od aktualnego sezonu sportowego. Największą aktywność zanotowano w okresie letnim i dotyczyła rolek, a w okresie zimowym obejmowała odzież narciarską i polary. Magazyn regionalny dzieli się na różne działy. Każdy z nich ma w swoich zasobach odmienny asortyment. Proponowana organizacja pracy pozwala na sprawniejszą obsługę klienta oraz zwiększenie efektywności procesów logistycznych zachodzących w magazynie. Przyjmowanie towaru do magazynu rozpoczyna się z chwilą jego dostarczenia z magazynu kontynentalnego we Francji lub Hiszpanii. Zasadnicze zadania realizowane przy przyjmowaniu towarów zostały przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1. Zadania realizowane przy przyjmowaniu towarów w centrum dystrybucyjnym

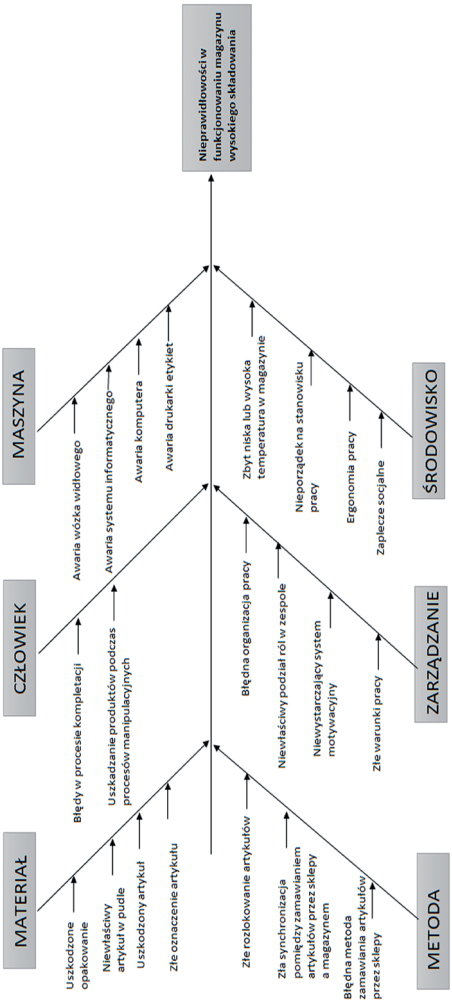
Czynność	Charakterystyka
Rozładunek	Dostawy następują z wykorzystaniem środków transportu wewnętrznego (np. wózków unoszących prowadzonych) i urządzeń przeładunkowych;
Sortowanie	Jest rozdzielaniem towaru na grupy według podobieństwa cech fizycznych i docelowego działu;
Identyfikacja	Stwierdzenie tożsamości lub jednoznaczne rozpoznanie towaru. Obecnie w magazynie identyfikacja nie sprowadza się wyłącznie do rozpoznania nazwy towaru. Zależnie od potrzeb, pełna identyfikacja powinna zapewnić odczytanie nazwy, kodu, dostawcy (z którego magazynu kontynentalnego), daty produkcji, terminu ważności (trwałości), numeru serii lub deklarowanej ilości;
Przygotowanie towarów do składowania	Polega na zmniejszeniu ich wysokości (np. przez zdjęcie górnych warstw), utworzeniu jednostek ładunkowych od podstaw, przeładowaniu do odpowiednich pojemników, oraz odpowiednim oznakowaniu. Zazwyczaj te czynności odbywają się już w poszczególnych działach;
Przekazywanie dostawy do strefy składowania	W ramach fazy przyjmowania towarów, gdy towar jest przewożony przez pracowników dokonujących przyjęcia (Rampa). Inną możliwością jest odbiór towarów ze strefy przyjęć przez pracowników (87, wysokie składowanie) obsługujących strefę składowania;
Rozmieszczenie towarów w strefie składowania	Jest uzależnione między innymi od wymaganych warunków przechowywania, typu jednostki ładunkowej itd. Przedstawia jak wygląda składowanie w poszczególnych działach;
Przechowywanie towarów	Sprowadza się zasadniczo do utrzymywania wymaganych warunków przechowywania;
Okresowa kontrola	Inwentaryzacja wykonywana przez pracowników działów;
Przekazanie towarów do strefy kompletacji lub realizacja zamówienia	Polega na realizacji zamówienia złożonego przez sklep lub klienta za pomocą wydruków papierowych lub zestawów głośnomówiących do specjalnych jednostek ładunkowych;
Wydanie	Pakowanie i formowanie jednostek transportowych w strefie tranzytu dotyczy jednostek ładunkowych, które powstały w procesie kompletowania i nie zostały spakowane i uformowane w fazie kompletacji; Kontrola wydania (jakości) polega na sprawdzeniu przygotowanego towaru z dokumentami wydania (z systemem komputerowym WMS).

Źródło: opracowanie własne na podstawie [http://www.log24.pl/, dostęp: 09.08.2018].

Proces kompletacji w magazynie regionalnym odbywa się dwoma sposobami. Magazyn podzielono na dwie strefy niskiego i wysokiego składowania. Strefa kompletacji w działach niskiego składowania podzielona jest na cztery strefy. Dział wysokiego składowania podzielony jest na pięć sektorów. Proces kompletacji w magazynie regionalnym zaczyna się od przygotowania jednostek ładunkowych. Zadanie pracownika polega na pobraniu mniejszej jednostki i przeniesienie jej w odpowiednie miejsce składowania w magazynie. Realizacja zadania potwierdzona jest po zeskanowaniu towaru. Kompletację towarów realizuje się metodą mieszaną. Podczas jednej ścieżki kompletacyjnej pracownik może zrealizować zamówienia nawet dla kilku sklepów sportowych. Pobierane artykuły są na bieżąco rozdzielane na poszczególne pojemniki w wózku kompletacyjnym. Dla dokładnej analizy procesu kompletacji w centrum dystrybucyjnym skupiono się na analizie działu, w którym wykorzystuje się w wózki widłowe oraz niejednorodne paletowe jednostki ładunkowe. Przeprowadzona analiza za pomocą diagramu Ishikawy (rysunek 8) pokazuje, że najczęstszym występującym powodem

powstawania błędów w procesie kompletacji jest czynnik ludzki. Magazynierzy często nie stosują się do istniejących procedur oraz zasad pracy, a wynika to z pośpiechu. Zbyt duża liczba wykonywanych czynności występujących przy realizacji zamówień zazwyczaj powoduje pojawianie się błędów, a co się z tym wiąże, niedostatecznej jakości wykonywanych usług. Na taki stan ma wpływ częsta rotacja pracowników i zatrudnianie magazynierów z firm zewnętrznych. Brak właściwego zaangażowania w pracę i odpowiedniego przeszkolenia pracowników, a także krótki staż pracy, negatywnie oddziałują na jakość realizowanych usług.

Rysunek 8. Diagram Ishikawy: nieprawidłowości w funkcjonowaniu centrum dystrybucyjnego



Źródło: opracowanie własne.

W wyniku własnych obserwacji zaproponowano następujące rozwiązania problemów: w czasie zwiększonej aktywności niezbędne jest zatrudnienie pracowników tymczasowych. Przed rozpoczęciem pracy należy przeprowadzić jednodniowe szkolenie, które będzie realizowane przez wyznaczonego szkoleniowca. Następnie zaproponowano krótkie wdrożenie działowe. W celu zminimalizowania błędów w procesie kompletacji konieczne jest, żeby Dział Kontroli Jakości zwiększył częstotliwość prób zamówień kontrolowanych. Umożliwi to wyodrębnienie najbardziej krytycznych zamówień oraz ustalenie magazynierów, którzy popełniają najwięcej błędów. W czasie zwiększonej aktywności produktu, należy dokładnie oddzielić zamówienia związane z konkretnymi artykułami np. rowerowymi. Wyznaczeni magazynierzy drukują wyłącznie zamówienia na same rowery, co umożliwi usprawnienie całego procesu.

Zakończenie

Sprawne zarządzanie logistyką magazynową jest związane z poprawą efektywności procesu oraz wydajności przedsiębiorstwa, co koreluje z możliwościami finansowymi, rynkiem zaopatrzenia i zbytu oraz kontrahentami. W celu zwiększenia efektywności kompletacji, procesy magazynowe muszą być wspomagane narzędziami informatycznymi, takimi jak np. system WMS. W badanym przedsiębiorstwie magazyn wysokiego składowania jest jednostką, która ma stałe problemy z efektywnością obsługi zamówień klienta w okresie zwiększonej aktywności sezonowej. Największą ilość pomyłek zanotowano w procesie kompletacji, który spowodował znaczący spadek poziomu obsługi klienta. W szczególności jest to ważne podczas procesu projektowania nowego systemu logistycznego lub usprawnianiu już istniejącego. W wyniku nieefektywnego zarządzania towarem, magazyn może zostać sparaliżowany i jednocześnie stać się „wąskim gardłem" w całym łańcuchu dostaw danego przedsiębiorstwa. Dlatego należy zwrócić szczególną uwagę, aby wszystkie parametry każdej ze stref w magazynie były dokładnie wyliczone oraz precyzyjnie zdefiniowane. Diagram Ishikawy pozwolił na dokładne zidentyfikowanie niezgodności występujących w magazynie wysokiego składowania, co pozwoliło na zaproponowanie określonych rozwiązań.

Bibliografia

Blaik P., Matwiejczuk R. (2008), *Logistyczny łańcuch tworzenia wartości*, Wydawnictwo Uniwersytetu Opolskiego, Opole.

Blikle A. (2004), *Procesowy model przedsiębiorstwa*, „Controlling i Rachunkowość Zarządcza", nr 2, s. 33.

http://www.log24.pl/artykuly/zgodnosci-ilosciowe-w-magazynie,3774, dostęp: 09.08.2018.

Kisperska-Moroń D. (1999), *Wpływ tendencji integracyjnych na rozwój zarządzania logistycznego*, AE, Katowice.

Mynarski S. (1979), *Elementy teorii systemów i cybernetyki*, PWN, Warszawa.

Nimczyk A. (2008), *Zapasy i magazynowanie, t. 2 magazynowanie,* Biblioteka Logistyka, Poznań.

Witkowski J. (2010), *Zarządzanie łańcuchem dostaw*, PWE, Warszawa.

Mateusz Kurowski
Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Ekonomii i Zarządzania
m.kurowski@wez.uz.zgora.pl

Wymogi społecznej odpowiedzialności w relacjach z partnerami w łańcuchu dostaw

Social Responsibility Requirements in Relations with Partners in Supply

Abstract: In a modern global market consumers pay attention not only to the price and the quality of the products. Purchase decision becomes something more than choosing the way to fulfill specific need. More and more often it is some kind of manifesto, expression of views and the signal for the company if it operates in line with its social mission. Market players aware of this fact implement various instruments to be socially responsible. The problem is their actions in this area are often limited to their organizational borders. In this way solving global social and environmental issues is impossible. If social responsibility is to be something more than a façade, it must be based on cooperation inside supply chain.

The aim of the chapter is to assess the social responsibility performance of Polish companies in relations with partners in supply chain. Studies have shown that none of enterprises met the majority of the GRI requirements. What is more, companies performed significantly better in general and economic indicators than in the field of environment and society.
Key words: corporate social responsibility, supply chain, social reporting, social engagement, supplier relationship

Wprowadzenie

Społeczna odpowiedzialność biznesu ma swe korzenie w starożytnej filozofii, a ściślej w etyce. Sama koncepcja zaczęła kształtować się jednak dopiero w XIX w., zyskując na popularności w drugiej połowie XX w. Od tego czasu sformułowano wiele definicji społecznej odpowiedzialności, a także zaprezentowano odmienne podejścia do wyznaczania jej podstawowych elementów. W literaturze można odnaleźć również różnego rodzaju wskazówki dla przedsiębiorców chcących prowadzić biznes

w sposób odpowiedzialny. W większości przypadków mają one jednak charakter ogólnych zaleceń, a nie precyzyjnego modelu, ponieważ wdrażana strategia i dobór odpowiedzialnych praktyk powinny być dostosowane do charakterystyki podmiotu, jego otoczenia i wymagań interesariuszy.

Nie ma jednej właściwej drogi do społecznej odpowiedzialności, znane są natomiast pożądane efekty finalne podejmowanych działań. Dotyczą one szeregu aspektów ekonomicznych, społecznych i środowiskowych. Przedsiębiorstwa na całym świecie coraz częściej uwzględniają je w strategii biznesowej, jednakże inicjatywy te mają z reguły charakter indywidualny, przez co ich skuteczność jest ograniczona. W dalszym ciągu nie dostrzega się potencjału tkwiącego w kooperacji w ramach łańcucha dostaw. Równocześnie jest to zagadnienie stosunkowo rzadko poruszane w literaturze tematu.

Celem niniejszego rozdziału jest ocena poziomu społecznej odpowiedzialności polskich przedsiębiorstw w relacjach z partnerami w łańcuchu dostaw. Hipotezę badawczą stanowi pogląd, iż polskie przedsiębiorstwa nie spełniają większości wymogów społecznej odpowiedzialności dotyczących relacji z dostawcami. Hipotezę zweryfikowano na podstawie analizy raportów oraz studiów literatury.

Przed przystąpieniem do analizy konkretnych wymogów dotyczących relacji z partnerami w łańcuchu dostaw, konieczne jest zapoznanie się z koncepcją społecznej odpowiedzialności i motywami ponoszenia odpowiedzialności za działania innych podmiotów.

Społeczna odpowiedzialność biznesu i odpowiedzialne łańcuchy dostaw

Społeczna odpowiedzialność biznesu jest wielowymiarową koncepcją, różnie postrzeganą przez autorów publikacji naukowych. Według najpopularniejszej definicji, zawartej w *Odnowionej strategii UE na lata 2011–2014 dotyczącej społecznej odpowiedzialności przedsiębiorstw*, jest to: „odpowiedzialność przedsiębiorstw za ich wpływ na społeczeństwo" [Komisja Europejska 2011, s. 7]. Zaprezentowana definicja ma ogólny charakter, ponieważ wpływ przedsiębiorstw na społeczeństwo może być wywierany na wielu płaszczyznach. Według Komisji Europejskiej [2011, s. 7] podmiot odpowiedzialny winien przede wszystkim przestrzegać obowiązującego prawa i układów zbiorowych zawartych między partnerami społecznymi. Ponadto powinien integrować kwestie społeczne, środowiskowe, etyczne, przestrzeganie praw człowieka, jak i problemy konsumenckie, ze swoją działalnością oraz strategią działania. Proces ten nie ma jednak być realizowany przez samą organizację, ale opierać się na ścisłej kooperacji z zainteresowanymi stronami.

Wspomniane zainteresowane strony to interesariusze czyli „grupy ludzi, które mają wpływ na realizującą cele organizację lub ulegają jej oddziaływaniu" [Freeman 1984, s. 91]. Przedsiębiorstwa starają się ograniczać negatywny wpływ na interesariuszy i maksymalizować pozytywne oddziaływanie. Wbrew potocznemu rozumieniu, nie chodzi tu o działalność charytatywną, która jest wyłącznie jednym z elementów

społecznej odpowiedzialności biznesu, ale o wypełnienie szeregu wymagań, przede wszystkim ekonomicznych, ale również społecznych, środowiskowych, a także związanych z ładem korporacyjnym [Bassen, Kovács 2008, ss. 184–190].

Koncepcja społecznej odpowiedzialności biznesu stawała się z biegiem lat coraz popularniejsza. Zaczęto także opracowywać różnego rodzaju rankingi najbardziej odpowiedzialnych podmiotów, które w ten sposób poprawiają swój wizerunek u konsumentów. Okazało się jednak, że z wieloma problemami społecznymi nie sposób walczyć w obrębie granic organizacyjnych. Działania pojedynczych podmiotów, prowadzone w sposób indywidualny, okazały się niewystarczające. Kwestie o charakterze regionalnym czy nawet globalnym wymagają współdziałania wielu podmiotów. Mowa tu chociażby o problemie zanieczyszczenia, złych warunków pracy czy łamania praw człowieka.

Według koncepcji CSR 2.0, przedsiębiorstwa, które kreują wartość ekonomiczną, są zarządzane w sposób etyczny i transparentny, powinny w dalszej kolejności promować odpowiedzialne praktyki wewnątrz łańcucha dostaw [Visser 2011, s. 33]. W ten sposób dąży się do stworzenia odpowiedzialnego łańcucha dostaw, czyli: „zespołu podmiotów gospodarczych wspólnie przyjmujących, wdrażających i koordynujących wartości, strategie i metody w celu integracji wszystkich wymiarów społecznej odpowiedzialności biznesu z procesami rynkowymi" [Vaaland 2012, s. 160]. Jest to konieczne do uzyskania pełnej integracji ze środowiskiem, w jakim dany podmiot funkcjonuje. W praktyce gospodarczej można jednak odnaleźć wiele odmiennych przykładów. Podmioty postrzegane za najbardziej odpowiedzialne na świecie często ignorują sytuację partnerów w łańcuchu dostaw albo, co gorsza, wywierając presję kosztową, przyczyniają się do obniżania standardów społecznych i środowiskowych w podmiotach zewnętrznych. Najbardziej znaną tego typu sprawą było wykorzystywanie pracy dzieci wśród dostawców firmy Nike [Locke 2002, s. 13]. Równie dużą skalę nadużyć stwierdzono choćby w przypadku Walmart, Coca Coli i Apple [Torres, Garcia-French, Hordijk i in. 2012, ss. 53–64].

Tego typu wydarzenia wznawiają dyskusje na temat zasadności podejmowania odpowiedzialności za podmioty zewnętrzne. Stawiane są pytania dotyczące niezależności partnerów w łańcuchu dostaw, prawa wywierania nacisku na innych i możliwości wyznaczenia dokładnego zakresu odpowiedzialności [Amaeshi, Osuji, Nnodimo 2008, ss. 225–227]. Są to istotne problemy o charakterze moralnym i organizacyjnym, które w dalszym ciągu pozostają nierozwiązane. Należy jednak zwrócić uwagę na pozytywne efekty społeczne odpowiedzialnych łańcuchów dostaw. Ponadto według M.A. Emmelhainza i R.J. Adamsa [1999, ss. 54–56], podążanie w kierunku globalnej konkurencji i sieci dostaw wiąże się z poszerzeniem zakresu odpowiedzialności.

Metodyka badań

Do niniejszej analizy wykorzystano zestaw wymogów Global Reporting Initiative (GRI). Jest to inicjatywa najczęściej wykorzystywana jako punkt odniesienia podczas opracowywania strategii społecznej odpowiedzialności. Ponadto jest to najbardziej szczegółowy zestaw wytycznych związanych z odpowiedzialnością łańcucha dostaw, zwłaszcza w obszarze ekologii [Kurowski, Śliwiński, Sokalska i in. 2018, ss. 113–114].

Wykorzystane w badaniach dane źródłowe pozyskano z raportów opublikowanych w GRI Sustainability Disclosure Database, która stanowi platformę komunikacji przedsiębiorstw z interesariuszami. 72% raportów opublikowanych w bazie zostało przygotowanych według standardów GRI, dzięki czemu uzyskano wysoki poziom porównywalności danych.

W dniu przeprowadzania badań w bazie GRI zarejestrowane były raporty 13 139 podmiotów z całego świata, w tym 112 z Polski. W celu zapewnienia aktualności rezultatów badań, do analizy włączono jedynie te organizacje, które zgłosiły raporty do bazy w 2017 lub 2018 roku oraz przygotowały je zgodnie z wytycznymi GRI G4 albo najnowszymi GRI Standards. Wymogi te zostały spełnione przez 32 podmioty zarejestrowane w Polsce, spośród których, na dalszym etapie selekcji, wyeliminowano 2 kolejne. Działalność jednego z nich została w tym roku zakończona, natomiast w drugim przypadku źródła dostępu do deklarowanych treści z zakresu społecznej odpowiedzialności biznesu były nieaktualne. Poszukiwania informacji w inny sposób nie przyniosły rezultatów. W związku z powyższym, analizie poddano grupę 30 podmiotów, na które składało się 6 międzynarodowych i 24 duże przedsiębiorstwa (tabela 1). 3 z nich opublikowały raporty według GRI Standards, pozostałe według GRI G4. Wynika to ze zróżnicowania terminów, w jakich publikowane były poszczególne raporty. W ten sposób uzyskano niereprezentatywną próbę badawczą.

Tabela 1. Klasyfikacja badanych podmiotów według wielkości i standardu raportowania

	GRI G4	GRI Standards	RAZEM
Duże przedsiębiorstwa	21	3	24
Międzynarodowe przedsiębiorstwa	6	0	6
RAZEM	27	3	30

Źródło: opracowanie własne na podstawie [GRI 2018b].

Działalność przedsiębiorstw analizowano pod kątem 19 wskaźników związanych z odpowiedzialnością łańcucha dostaw (tabela 2).

Tabela 2. Wskaźniki wykorzystane w badaniu

typ	Lp.	GRI G4	GRI Standards	Wskaźnik
profilowe	1.	G4-12	102-9	Opisać łańcuch dostaw organizacji
	2.	G4-13	102-10	Podać [...] zmiany w lokalizacji dostawców, strukturze łańcucha dostaw lub relacjach z dostawcami, w tym w zakresie doboru dostawców lub zakończenia współpracy
ekonomiczny	3.	G4-EC9	204-1	Odsetek wydatków na lokalnych dostawców w głównych lokalizacjach prowadzenia działalności

typ	Lp.	GRI G4	GRI Standards	Wskaźnik
środowiskowe	4.	G4-EN4	302-2	Zużycie energii na zewnątrz organizacji
	5.	G4-EN16	305-2	Pośrednie emisje gazów cieplarnianych (zakres 2)
	6.	G4-EN17	305-3	Pośrednie emisje gazów cieplarnianych (zakres 3)
	7.	G4-EN32	308-1	Procent nowych dostawców, którzy zostali dobrani pod kątem spełnienia kryteriów środowiskowych
	8.	G4-EN33	308-2	Znaczący rzeczywisty i potencjalnie negatywny wpływ na środowisko w łańcuchu dostaw oraz podjęte działania
społeczne	9.	G4-LA6 b, c	403-9 b, g	Rodzaj urazów oraz wskaźnik urazów, chorób zawodowych, dni straconych i nieobecności w pracy oraz wypadków śmiertelnych związanych z pracą, z podziałem na regiony i płeć – dane dotyczące niezależnych wykonawców
	10.	G4-LA14	414-1	Procent nowych dostawców, którzy zostali dobrani pod kątem spełnienia kryteriów praktyk zatrudniania
	11.	G4-LA15	414-2	Znaczący rzeczywisty i potencjalnie negatywny wpływ na praktyki zatrudniania w łańcuchu dostaw oraz podjęte działania
	12.	G4-HR4	407-1	Zidentyfikowane zakłady i dostawcy, w przypadku których może dochodzić do naruszenia lub może występować poważne ryzyko naruszenia wolności zrzeszania się i zawierania umów zbiorowych oraz działania podjęte, aby chronić te prawa
	13.	G4-HR5	408-1	Zakłady i dostawcy zidentyfikowani jako obarczeni znacznym ryzykiem wystąpienia przypadków pracy dzieci oraz działania podjęte w celu skutecznej eliminacji pracy dzieci
	14.	G4-HR6	409-1	Zakłady i dostawcy zidentyfikowani jako szczególnie narażeni na ryzyko wystąpienia przypadków pracy przymusowej lub obowiązkowej oraz działania podjęte w celu skutecznej eliminacji pracy przymusowej lub obowiązkowej
	15.	G4-HR10	414-1	Procent nowych dostawców, którzy zostali dobrani pod kątem spełnienia kryteriów w zakresie poszanowania praw człowieka
	16.	G4-HR11	414-2	Znaczący rzeczywisty i potencjalnie negatywny wpływ na poszanowanie praw człowieka w łańcuchu dostaw oraz podjęte działania
	17.	G4-SO5 c	205-3 c	Podać całkowitą liczbę potwierdzonych przypadków korupcji, gdzie w konsekwencji rozwiązano umowę z partnerem biznesowym lub nie odnowiono umowy ze względu na naruszenia związane z korupcją
	18.	G4-SO9	414-1	Procent nowych dostawców, którzy zostali dobrani pod kątem spełnienia kryteriów wpływu na społeczeństwo
	19.	G4-SO10	414-2	Znaczący rzeczywisty i potencjalnie negatywny wpływ na społeczeństwo w łańcuchu dostaw oraz podjęte działania

Źródło: opracowanie własne na podstawie [GRI 2016, ss. 9–92, 2018a].

Wyselekcjonowano wszystkie indykatory standardów GRI, bezpośrednio odnoszące się do partnerów w łańcuchu dostaw. W badaniach nie uwzględniono wskaźników dotyczących wszystkich grup interesariuszy, ze względu na zbyt ogólny charakter zawartych tam informacji. Nie uwzględniono również aspektów związanych z klientami. Są oni co prawda jednym z ogniw łańcucha dostaw, jednak relacje z odbiorcami mają zupełnie inny charakter niż współpraca z partnerami biznesowymi. Społeczna odpowiedzialność wobec klientów stanowi odrębny i równie obszerny temat.

W porównaniu z wytycznymi GRI 4, w najnowszym zestawie GRI Standards wprowadzono liczne zmiany. Z punktu widzenia niniejszej analizy, najistotniejsze jest zintegrowanie wskaźników doboru dostawców pod kątem spełnienia kryteriów praktyk zatrudnienia, poszanowania praw człowieka oraz wpływu na społeczeństwo w jednym indykatorze społecznej oceny dostawców. Analogiczne połączenie przeprowadzono w przypadku rzeczywistego i potencjalnego negatywnego wpływu na wymienione wyżej kryteria. Pozostałe ujęte w badaniach wymogi nie uległy zmianom lub zostały rozszerzone.

Sam fakt publikowania danych w obrębie danego indykatora nie oznacza zgodności ze standardem GRI, a także wypełnienia obowiązku informacyjnego wobec interesariuszy. W zależności od wskaźnika, wymagane jest bowiem przedstawienie informacji w odpowiedni sposób lub zawarcie zestawu konkretnych elementów. Szczegółowe wskazówki przedstawione i wyjaśnione są w publikacjach dotyczących standardów raportowania [GRI 2016, 2018a] oraz podręczniku implementacji [GRI 2015].

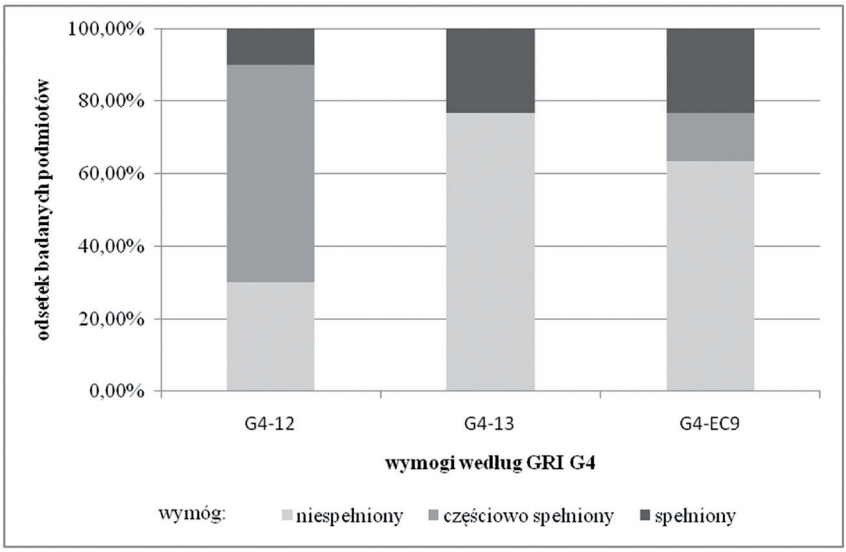
Badania podzielono na 3 części, w których przeanalizowano wskaźniki: profilowe i ekonomiczny, środowiskowe oraz społeczne. Przeprowadzona analiza miała charakter ilościowy i jakościowy. Rozpoznano działania 30 badanych przedsiębiorstw w 19 aspektach. Po pierwsze wyliczono statystyki dotyczące odsetka podmiotów niespełniających danego wymogu GRI, spełniających częściowo oraz całkowicie. W drugim kroku zwrócono uwagę na to, które elementy danego wskaźnika były przez przedsiębiorstwa najczęściej pomijane, a które spełniane.

Społeczna odpowiedzialność polskich przedsiębiorstw wobec partnerów w łańcuchu dostaw

W początkowym etapie badań przeanalizowano wskaźniki profilowe i ekonomiczny. Pierwsze z nich dotyczą ogólnych informacji na temat łańcucha dostaw – jego uczestników oraz istotnych zmian w nim zachodzących. Wskaźnik ekonomiczny weryfikuje wykorzystanie lokalnych źródeł dostaw.

Spośród wszystkich 19 analizowanych wymogów, największym odsetkiem badanych przedsiębiorstw, które spełniły wymagania przynajmniej częściowo, był G4-12 – opis łańcucha dostaw organizacji (rysunek 1). 30% podmiotów nie było w stanie zaprezentować swojego łańcucha dostaw lub opublikowane w raportach informacje nie reprezentowały żadnej wartości merytorycznej. 10% podmiotów przedstawiło wszelkie istotne dane, co świadczy o odpowiednim poziomie wiedzy na temat dostawców. Pozostałe 60% spółek było w stanie przedstawić jedynie część istotnych informacji. Przedsiębiorstwa potrafiły najczęściej wskazać ogólną charakterystykę łańcucha dostaw, typy dostawców, z jakimi współpracują, rzadziej liczbę dostawców, natomiast tylko pojedyncze dysponowały informacjami na temat lokalizacji dostawców i wielkości wymiany handlowej.

Rysunek 1. Spełnienie wymogów profilowych i ekonomicznego przez badane podmioty



Źródło: opracowanie własne.

Jak się okazało, posiadana wiedza na temat łańcucha dostaw najczęściej nie była na bieżąco aktualizowana lub też informacje na ten temat błędnie postrzegano jako nieistotne. 77% przedsiębiorstw opisujących zmiany, jakie zaszły w okresie raportowania, nie uwzględniło zmian w łańcuchu dostaw, mimo wyraźnych wskazówek w opisie wskaźnika G4-13 [GRI 2015, s. 29]. Należy jednak zauważyć, że przedsiębiorstwa, które spełniły niniejszy wymóg, stwierdzały najczęściej, że wewnątrz łańcucha dostaw nie nastąpiły żadne istotne zmiany.

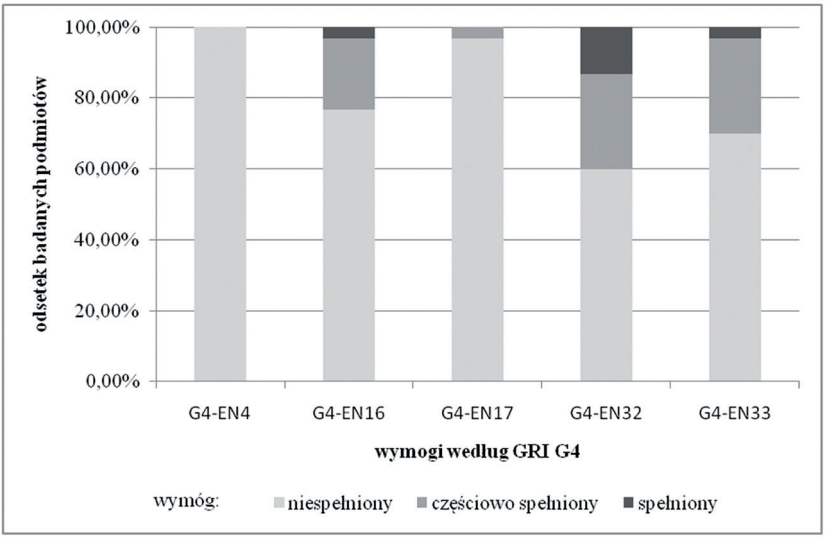
W obrębie jedynego wskaźnika ekonomicznego – G4-EC9, 63% badanych przedsiębiorstw w ogóle nie odniosło się do tematu lokalnych dostawców. 24% nie tylko przedstawiło, jaki odsetek zakupów jest realizowany u lokalnych dostawców, ale również sprecyzowało, co rozumieją poprzez termin „lokalny". Pozostali takowej definicji nie przedstawili albo bazowali na odsetku dostawców zamiast na wartości zakupów, która w tym przypadku lepiej oddaje siłę powiązań z lokalnymi źródłami dostaw.

Pierwszym wskaźnikiem środowiskowym, jaki zbadano, był G4-EN4, dotyczący mierzenia zużycia energii poza organizacją. Żadne ze znajdujących się w próbie badawczej przedsiębiorstw nie przedstawiło rzetelnych danych na ten temat (rysunek 2). Był to jedyny taki przypadek spośród 19 wskaźników.

Badane podmioty wykazały większe zainteresowanie pomiarem emisji gazów cieplarnianych wewnątrz łańcucha dostaw. W przypadku zasięgu pierwszego, który uwzględniono we wskaźniku G4-EN16, 20% przedsiębiorstw przedstawiło dane emisyjne, jednak nie przedstawiono wykorzystanych w pomiarach metod kalkulacji. Tylko jedna organizacja spełniła ten obowiązek.

Pomiar emisji gazów cieplarnianych w zasięgu 3 jest zadaniem problematycznym, co znalazło odzwierciedlenie w wynikach niniejszych badań. Wyłącznie jeden podmiot opublikował część wymaganych informacji, pozostałe nie odniosły się do wskaźnika G4-EN17 lub przedstawiły nieistotne treści.

Rysunek 2. Spełnienie wymogów środowiskowych przez badane podmioty



Źródło: opracowanie własne.

Największe zaangażowanie badanych podmiotów w obszarze ekologii zaobserwowano we wskaźniku G4-EN32, dotyczącym doboru dostawców pod kątem kryteriów środowiskowych. W 13% przypadków przedstawiono, jaki odsetek nowych dostawców został poddany takiej ocenie. Często prezentowano również sposób przeprowadzania i zakres ocen. Kolejne 27% przedsiębiorstw deklarowało wykonywanie ocen środowiskowych, jednak opublikowane dane nie dawały możliwości obliczenia, na jaką skalę są one przeprowadzane.

Ostatni wymóg środowiskowy G4-EN33 dotyczył rozpoznania potencjalnego i rzeczywistego negatywnego wpływu łańcucha dostaw na środowisko i ewentualnych działań zapobiegawczych. Spośród badanej próby jeden podmiot przedstawił wyczerpujące dane na ten temat, 27% natomiast odniosło się do zagadnienia w sposób pobieżny. Najczęściej zadeklarowano wyłącznie konieczność zerwania współpracy z organizacją wywierającą negatywny wpływ na środowisko albo poprzestano na zwięzłej informacji o niezidentyfikowaniu takowych zagrożeń. Brak informacji uzupełniających poddaje pod wątpliwość zasięg i szczegółowość kontroli.

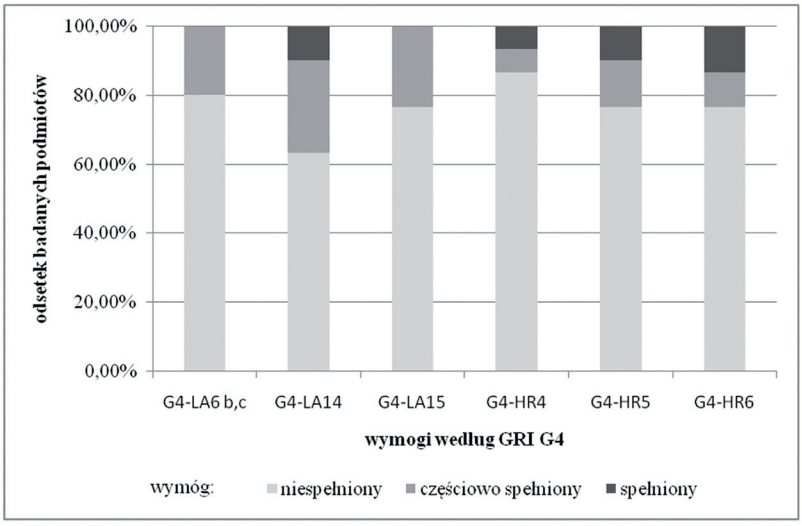
Trzecim etapem badań była weryfikacja wskaźników społecznych. Pierwszym z wymogów był G4-LA6, monitoring wypadków przy pracy w łańcuchu dostaw. Należy przy tym doprecyzować, że pod uwagę brane były wyłącznie wypadki pracowników podmiotów zewnętrznych realizujących czynności zawodowe na terenie obiektów

zarządzanych przez badane przedsiębiorstwo. Obowiązek prowadzenia statystyk nie dotyczył wypadków zachodzących w obiektach zarządzanych przez samych dostawców. 20% badanych podmiotów monitorowało wypadki wśród dostawców (rysunek 3), jednak w każdym przypadku były to dane ogólne ograniczone do pojedynczego wskaźnika, nieuwzględniające podziału według lokalizacji i płci.

Wymóg doboru dostawców pod kątem warunków pracy ujęty jest we wskaźniku G4-LA14. 63% badanych przedsiębiorstw nie włączało kryteriów dotyczących warunków pracy w procesie doboru dostawców. W 27% przypadków przedstawiono ogólne dane na ten temat, jak np. liczba dostawców poddanych ocenie. 10% podmiotów było w stanie podać odsetek dostawców poddanych ocenie dotyczącej warunków pracy.

W związku z tym, że wymogi dotyczące warunków pracy wśród dostawców są wdrażane przez mniej niż co trzecie badane przedsiębiorstwo, nie stanowi zaskoczenia, iż 77% z nich nie jest w stanie zaobserwować rzeczywistych i potencjalnych zagrożeń w tym zakresie. Pozostałe podmioty potrafiły wskazać we wskaźniku G4-LA15 wyłącznie ewentualne zagrożenia związane z warunkami pracy wśród dostawców lub działania mające na celu poprawę zaobserwowanej sytuacji.

Rysunek 3. Spełnienie wymogów społecznych przez badane podmioty cz. I



Źródło: opracowanie własne.

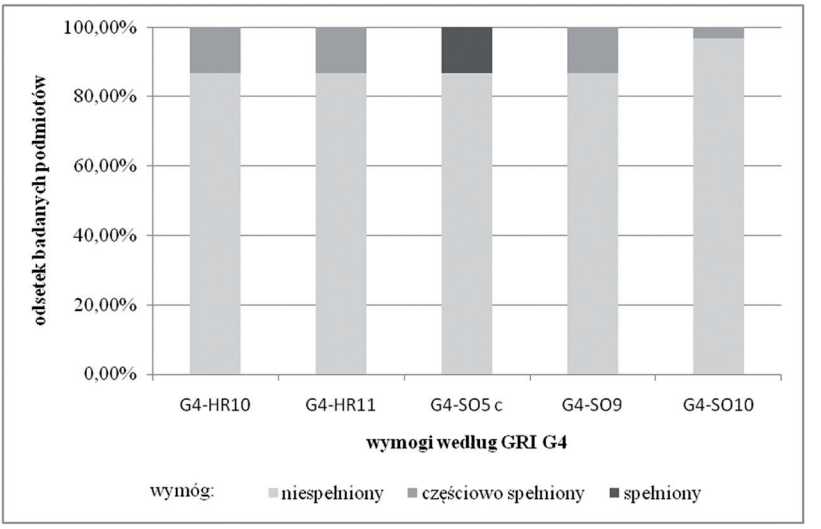
W indykatorze G4-HR4 zawarty jest wymóg identyfikacji, czy wśród dostawców są podmioty, gdzie naruszane jest prawo zrzeszania się. W tym przypadku oczekuje się od przedsiębiorstw wskazania podmiotu lub obszaru geograficznego, gdzie prawa te są zagrożone oraz narzędzi wykorzystanych do poprawy zaobserwowanej sytuacji. Z tego obowiązku wywiązało się 7% badanych podmiotów. Taki sam odsetek przekazał tylko jedną z wymaganych informacji.

Podobnie sformułowane są wymogi dotyczące wysokiego ryzyka związanego z pracą dzieci – G4-HR5 oraz z pracą przymusową – G4-HR6. W obu przypadkach 77% badanych podmiotów nie podjęło się identyfikacji ryzyka ani nie opracowało konkretnych metod zwalczania tych negatywnych zjawisk. Różny był jednak odsetek podmiotów, które nie tylko zidentyfikowały ryzyko nadużyć, ale przedstawiły też formy ich eliminowania. W pierwszym przypadku wyniósł on 10%, w drugim 13%.

W pozostałych indykatorach społecznych badane przedsiębiorstwa zaprezentowały się mniej korzystnie (rysunek 4). 13% przedsiębiorstw włączyło aspekty praw człowieka do oceny nowych dostawców – wskaźnik G4-HR10. W żadnym przypadku nie opublikowano jednak informacji, jaki odsetek przedsiębiorstw jest objęty tą oceną.

Również 13% analizowanych podmiotów przekazało do wiadomości interesariuszy jakiekolwiek dane dotyczące wskaźnika G4-HR11, czyli na temat faktycznego lub potencjalnego negatywnego wpływu łańcucha dostaw na przestrzeganie praw człowieka.

Rysunek 4. Spełnienie wymogów społecznych przez badane podmioty cz. II



Źródło: opracowanie własne.

Bardziej konkretne były działania związane z wykrywaniem incydentów korupcyjnych – wskaźnik G4-SO5, punkt c. 13% badanych przedsiębiorstw prowadziło kontrolę w tym obszarze, z której wynikało, że nie zaistniały żadne zjawiska korupcyjne w łańcuchu dostaw. W razie gdyby takie nadużycie zostało zidentyfikowane, groziłoby to zerwaniem współpracy. Pozostałe 77% przedsiębiorstw nie przekazało konkretnych informacji dotyczących tego wymogu.

Dwa ostatnie analizowane wskaźniki dotyczyły negatywnego wpływu łańcucha dostaw na społeczeństwo. W indykatorze G4-SO9 weryfikowano ocenę dostawców pod tym kątem, w G4-SO10 identyfikowano faktyczne i potencjalne źródła negatywnego

wpływu łańcucha dostaw na społeczeństwo. W żadnym z nich nie odnotowano podmiotu, który podjąłby wszelkie wymagane działania przez GRI. Odsetek tych, którzy zrealizowali je częściowo, wyniósł odpowiednio: 13% i 3%.

Biorąc pod uwagę fakt, iż raportowanie społeczne jest wyrazem dążenia do bycia odpowiedzialnym podmiotem gospodarczym, zastanawiająca jest bierność badanych przedsiębiorstw wobec wielu analizowanych indykatorów. Średni odsetek spółek niespełniających wymogów, obliczony dla wszystkich 19 wskaźników, wyniósł 78%, natomiast 13% podmiotów nie wypełniło żadnego wymogu dotyczącego łańcucha dostaw choćby częściowo. Przyczyną tego może być wciąż za małe zainteresowanie łańcuchem dostaw i procesami w nim zachodzącymi lub nieumiejętność przekazywania informacji kluczowych dla interesariuszy. Właśnie niedostateczna wiedza na temat raportowania potwierdzana jest również przez 6 przypadków, w których przedsiębiorstwa odnosiły informacje do niewłaściwego wskaźnika. Ponadto, publikowane informacje związane ze społeczną odpowiedzialnością biznesu miały w niektórych przypadkach bardziej charakter marketingowy niż informacyjny.

Jeśli chodzi o całkowite wypełnienie sformułowanych w GRI wymogów, jedno przedsiębiorstwo osiągnęło próg 26% wskaźników. 4 badane podmioty wypełniły więcej niż 50% analizowanych wymogów przynajmniej częściowo. Pozostałe nie wykazały jakichkolwiek działań w większości analizowanych indykatorów.

Z niniejszej analizy danych wynika także, że więcej analizowanych przedsiębiorstw spełniło wymogi związane ze wskaźnikami profilowymi i ekonomicznymi niż ze wskaźnikami środowiskowymi i społecznymi, między którymi różnice statystyczne były niewielkie, jednak z korzyścią dla ostatniej grupy. W przypadku pierwszych 3 badanych wskaźników konieczna była przede wszystkim ogólna wiedza na temat prowadzonej działalności i podstawowe dane dotyczące wymiany handlowej z partnerami biznesowymi. Informacje tego typu są gromadzone w przedsiębiorstwie niezależnie od realizowania koncepcji społecznej odpowiedzialności. W przypadku pozostałych wymogów, konieczne jest wykonanie dodatkowej pracy.

Zakończenie

Żadne z badanych przedsiębiorstw nie spełniło w sposób całkowity większości analizowanych wymogów. Hipoteza badawcza została więc potwierdzona. 13% podmiotów spełniło większość wymogów przynajmniej częściowo, natomiast również 13% nie wykazało żadnych konkretnych działań we wszystkich 19 wskaźnikach. Świadczy to o tym, iż badane organizacje cechują się niskim poziomem odpowiedzialności społecznej w relacjach z partnerami w łańcuchu dostaw.

Podstawą działania w obrębie społecznej odpowiedzialności łańcucha dostaw jest rozpoznanie jego elementów, specyfiki i zasad funkcjonowania. Bez wiedzy na ten temat niemożliwe jest opracowanie i wdrożenie skutecznych narzędzi pozytywnego oddziaływania na otoczenie. W ten właśnie sposób są skonstruowane wymogi GRI. Okazało się, że w obrębie tych ogólnych wskaźników przedsiębiorstwa potrafiły podać najwięcej istotnych informacji.

Najniższy stopień aktywności badanych przedsiębiorstw stwierdzono natomiast w obrębie wskaźników środowiskowych. Indykatory społeczne przyjmowały nieznacznie bardziej korzystne statystyki. W przypadku jednego wskaźnika, dotyczącego zużycia energii poza organizacją, żaden z analizowanych podmiotów nie opublikował przydatnych i rzetelnych informacji. Niewiele lepszą sytuację stwierdzono w przypadku pomiaru emisji gazów cieplarnianych zasięgu 3 oraz faktycznych i potencjalnych źródeł negatywnego wpływu łańcucha dostaw na społeczeństwo. W obu wskaźnikach jeden podmiot przedstawił dane częściowo spełniające wymogi zawarte w GRI. Elementy te wymagają poprawy w pierwszej kolejności.

Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, iż pewne wymogi dotyczące społecznej odpowiedzialności w łańcuchu dostaw są wzajemnie powiązane. Poprawnie sformułowany kodeks dostawców powinien pokrywać szereg elementów zawartych w niniejszej analizie. Selekcja dostawców również winna mieć charakter wielowymiarowy. Jeśli pomijano w niej pewne elementy lub nie przeprowadzano jej w ogóle, nie sposób odnieść się do wskaźników dotyczących faktycznego i potencjalnego negatywnego wpływu łańcucha dostaw na środowisko czy badane aspekty społeczne.

W analizie stwierdzono także błędy w procesie raportowania. Przede wszystkim, w wielu przypadkach, raporty społeczne miały charakter marketingowy. W związku z tym, publikowano tam wiele nieistotnych informacji utrudniających odnalezienie treści merytorycznych. Zdarzały się także nieprawidłowe adresowania do konkretnych wskaźników. Jeśli nie są to zabiegi celowe, wskazuje to na potrzebę szkoleń w zakresie raportowania społecznego.

Bibliografia

Amaeshi K., Osuji O., Nnodim P. (2008), *Corporate Social Responsibility in Supply Chains of Global Brands: A Boundaryless Responsibility? Clarifications, Exceptions and Implications*, „Journal of Business Ethics", z. 81, nr 1, ss. 223–234.

Bassen A., Kovács A. (2008), *Environmental, Social and Governance Key Performance Indicators from a Capital Market Perspective*, „Zeitschrift für Wirtschafts- und Unternehmensethik", z. 9, nr 2, ss. 182–192.

Emmelhainz M.A., Adams R.J. (1999), *The apparel industry response to – sweatshop concerns: a review and analysis of codes of conduct*, „Journal of Supply Chain Management", z. 35, nr 2, ss. 51–57.

Freeman R.E. (1984), *Stockholders and Stakeholders: A new perspective on Corporate Governance*, „California Management Review", z. 25, nr 3, ss. 88–106.

Kurowski M., Śliwiński Ł., Sokalska A. i in. (2018), *Środowiskowe aspekty działalności przedsiębiorstw funkcjonujących w sektorze logistycznym – wymogi i odpowiedzialne praktyki* [w:] K. Huk, A. Perzyńska, K. Witkowski (red.), *Współczesne trendy w logistyce. Systemy logistyczne*, Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra, ss. 107–118.

Locke R.M. (2002), *The Promise and Perils of Globalization: The Case of Nike*, „IPC Working Paper Series", nr 02–007, ss. 2–39.

GRI (2015), *GRI G4 Guidelines Implementation Manual*, Amsterdam.

GRI (2016), *GRI G4 Wytyczne dotyczące raportowania*, Amsterdam.

GRI (2018a), *GRI Standards* [online], https://www.globalreporting.org/standards/gri-standards-download-center/, dostęp: 01.12.2018.

GRI (2018b), *GRI Sustainability Disclosure Database* [online], http://database.globalreporting.org/, dostęp: 01.12.2018.

Komisja Europejska (2011), *Odnowiona strategia UE na lata 2011–2014 dotycząca społecznej odpowiedzialności przedsiębiorstw* [online], https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0681:FIN:PL:PDF, dostęp: 30.11.2018.

Torres C.A., Garcia-French M., Hordijk R. i in. (2012), *Four Case Studies on Corporate Social Responsibility: Do Conflicts Affect a Company's Corporate Social Responsibility Policy?*, „Utrecht Law Review", z. 8, nr 3, ss. 51–73.

Vaaland T.I. (2012), *What is a responsible supply chain?*, „International Journal of Business and Management", z. 7, nr 4, ss. 154–171.

Visser W. (2011), *CSR 2.0:Transforming The Role Of Business In Society*, „Social Space", nr 1, ss. 26–35.

Anna Ludwiczak
Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Ekonomii i Zarządzania
a.ludwiczak@wez.uz.zgora.pl

Przepływy materiałów i informacji w usługach publicznych w kontekście zarządzania logistycznego

Flows of Materials and Information in Public Services in the Context of Logistics Management

Abstract: Ensuring the effectiveness and efficiency of administrative services requires local government units to constantly search for new, better solutions in the area of organization and management. The aim of the chapter is to identify the possibilities of analysis and improvement of the processes of administrative services in the context of logistics management. In the first part of the study, administrative services in the context of logistic management were characterized. Then, identification and analysis of a selected administrative process at the marshal's office was carried out and actions to improve the flow of materials and information were proposed. The study used the Value Stream Mapping tool, documentation analysis and direct interviews with employees.
Key words: Logistics management, public services, process management, value stream mapping, lean government, continuous improvement

Wprowadzenie

Urzędy administracji samorządowej, aby sprostać wciąż rosnącym wymaganiom klientów oraz szybciej reagować na zmiany zachodzące w otoczeniu, muszą w sposób ciągły poszukiwać nowych, lepszych rozwiązań w odniesieniu do realizowanych przez siebie usług. Dlatego w polskiej administracji samorządowej można zauważyć trend ukierunkowany na poszukiwanie narzędzi usprawniających jej funkcjonowanie. W literaturze wyróżnia się dwa nowe, podstawowe kierunki zarządzania w administracji publicznej: New Public Management oraz public governance [Izdebski 2010]. Ponadto wiele jednostek samorządu terytorialnego (JST) implementuje systemy zarządzania jakością zgodnie z wymaganiami normy ISO 9001. Najważniejsze

w kontekście wdrażanych rozwiązań systemowych jest przede wszystkim to, że w normie tej „zachęca się do przyjęcia podejścia procesowego podczas opracowywania, wdrażania i doskonalenia skuteczności systemu zarządzania jakością", ponieważ „zrozumienie i zarządzanie powiązanymi ze sobą procesami jako systemem przyczynia się do skuteczności i efektywności organizacji w osiąganiu zamierzonych wyników" [PN-EN ISO 9001:2015, s. 6]. Norma jednoznacznie wskazuje, że orientacja na procesy może przynieść organizacji wymierne korzyści w postaci poprawy skuteczności oraz efektywności jej funkcjonowania.

Jednak polskie urzędy w wielu przypadkach [Bugdol 2015; Chomiak-Orsa, Flieger 2012; Flieger 2013; Ludwiczak 2018a, 2018b] nie osiągają zadowalających wyników we wdrażaniu podejścia procesowego, przez co niejako „zatrzymują się" na początkowych etapach dojrzałości procesowej organizacji. Zauważa się między innymi brak usystematyzowanego podejścia do identyfikacji i analizy procesów realizacji usług administracyjnych, co z kolei wpływa na niską skuteczność podejmowanych działań doskonalących. Kolejnym problemem jest to, że pomimo rozwijanej w polskiej administracji publicznej koncepcji e-urzędu, wciąż istnieje wiele barier ograniczających możliwość realizacji usług administracyjnych z pominięciem fizycznego przepływu przez proces dokumentów, które klient zobowiązany jest dostarczyć do urzędu [Wolniak, Skotnicka-Zasadzień 2012; Śledziewska, Zięba 2016]. Do takich usług zalicza się między innymi wydanie pozwoleń na budowę czy też udzielenie dofinansowania ze środków unijnych. W związku z tym celowe wydaje się poszukiwanie alternatywnych sposobów doskonalenia tego rodzaju usług z uwzględnieniem przepływów materiałowych i informacyjnych. Zatem biorąc pod uwagę koncepcję tworzenia wartości w procesie świadczenia usług administracyjnych nasuwa się pytanie, czy zarządzanie logistyczne może przyczynić się do poprawy ich skuteczności i efektywności. Celem rozdziału jest identyfikacja możliwości analizy i usprawniania procesów realizacji usług administracyjnych w kontekście zarządzania logistycznego. Aby zrealizować cel badań przeanalizowano wybraną usługę administracyjną z wykorzystaniem narzędzia mapowania strumienia wartości (VSM). Następnie dokonano analizy procesu w kontekście logistyki.

Usługi administracyjne z punktu widzenia logistyki w świetle badań literaturowych

Głównym zadaniem usług publicznych jest zaspokajanie zbiorowych i indywidualnych potrzeb ludności zamieszkującej na określonym obszarze terytorialnym w drodze ogólnodostępnych świadczeń. Usługi publiczne obejmują dobra publiczne, w odniesieniu do których niemożliwe jest wykluczenie kogokolwiek. Są to dobra, w przypadku których oczekuje się określonej jakości, niezależnie od liczby osób korzystających, tj. każdy nowy konsument nie narusza uprawnień pozostałych [Zawicki, Mazur, Bober 2004]. Ponadto mają one charakter niematerialny, są także nieadresowane, nierozdzielne, nietrwałe i różnorodne oraz kierowane do ogółu społeczeństwa lub też dużych zbiorowości ludzkich [Janoś-Kresło 2002]. W Programie Rozwoju Instytucjonalnego usługi publiczne podzielono na administracyjne,

społeczne i techniczne [Kijowski, Misiąg, Prutis i in. 2004, s. 46]. Do pierwszej grupy zaliczamy wszelkie usługi związane z wydawaniem przez organ decyzji administracyjnych, dokumentów, zezwoleń dotyczących prowadzenia rejestrów, itp. Są one skierowane najczęściej do konkretnych jednostek (klientów). Z kolei cechą charakterystyczną usług społecznych oraz technicznych jest kierowanie ich do ogółu społeczeństwa. Pierwsze z nich dotyczą takich zagadnień jak np.: ochrona zdrowia, oświata i wychowanie oraz edukacja, kultura, pomoc i opieka społeczna, bezpieczeństwo publiczne, a drugie między innymi do gospodarki wodno-kanalizacyjnej oraz rynku odpadów. Warto w tym miejscu podkreślić, że duże zróżnicowanie realizowanych przez urzędy usług istotnie wpływa na kształt całej organizacji, a przede wszystkim na stopień rozbudowania struktury organizacyjnej. W przypadku części procesów przekłada się to na ich złożoność, a tym samym czas i długość przepływu wartości. W rozdziale dokonano ograniczenia analizowanego obszaru do usług administracyjnych świadczonych przez urzędy administracji samorządowej.

Procesy logistyczne są jedną z kluczowych kategorii logistyki. Składają się na nie fizyczne przemieszczenia materiałów i produktów oraz związany z nim przepływ informacji przez kolejne fazy działalności gospodarczej czy też publicznej. Do klasycznych przykładów typowych procesów logistycznych w ramach przepływów materiałowych zalicza się procesy: transportu, magazynowania, zaopatrzenia, przeładunku czy też pakowania. Z kolei w odniesieniu do przepływów informacyjnych mamy do czynienia między innymi z opracowywaniem i przekazywaniem zamówień. Procesy logistyczne ukierunkowane są przede wszystkim na zwiększenie wartości wymiennej i użytkowej produktów o walory: przestrzenny i czasowy. Pierwszy z nich oznacza sprawne doprowadzenie produktu do miejsca jego przeznaczenia, a czasowy odnosi się do terminu jego dostarczenia [Kisperska-Moroń, Płaczek i in. s. 19]. W odniesieniu do procesów realizacji usług administracyjnych oznacza to, że przy poszukiwaniu możliwości ich usprawnienia, z punktu widzenia logistyki, analizie powinno poddawać się przede wszystkim czas realizacji oraz fizyczną drogę przejścia dokumentacji przez wszystkie, często w praktyce rozproszone terytorialnie, komórki organizacyjne. Zdaniem D. Kisperskiej-Moroń, E. Płaczek i R. Pinieckiego [2003, s. 22] szczególną rolę w zarządzaniu procesami logistycznymi w sferze usług odgrywają czynności koordynacyjne, gdyż to one najczęściej generują nadmierny czas oczekiwania i przestoje w ich realizacji. Do czynności tych zaliczają: minimalizację czasu realizacji procesu (eliminowanie oczekiwania na przetwarzanie), aktywne zarządzanie dostępnymi zasobami (właściwa alokacja zasobów) oraz wybór optymalnych kanałów dostarczenia usługi.

Tematykę możliwości wykorzystania logistyki w polskiej administracji publicznej można odnaleźć w literaturze przedmiotu. S. Kauf [2015, ss. 56–67] opisuje przepływy w publicznym łańcuchu dostaw traktowanym jako wielopoziomowa sieć powiązanych ze sobą instytucji publicznych i prywatnych w kontekście orientacji na klienta. Z kolei B. Detyna i S. Twaróg [2013, ss. 32–49] analizują miejsce logistyki w realizacji zadań publicznych w kontekście usług społecznych. Autorzy podkreślają, że kluczowym wyznacznikiem orientacji na klienta jest obsługa logistyczna. Ponadto wcześniej opisane elementy zarządzania logistycznego wykorzystuje się w kontekście omawiania implementacji w organizacjach podejścia procesowego, o czym

nadmieniono w części wstępnej niniejszego opracowania. Dodatkowo analizie usług administracyjnych z perspektywy zarządzania logistycznego sprzyja koncepcja lean management, w której dużo miejsca poświęca się eliminowaniu z procesów czynności nietworzących wartości dla finalnego odbiorcy danego mechanizmu. Warto zwrócić szczególną uwagę na możliwości wykorzystania do usprawniania procesów logistycznych jednego z podstawowych narzędzi lean management – mapowania strumienia wartości (ang. *Value Stream Mapping* – VSM).

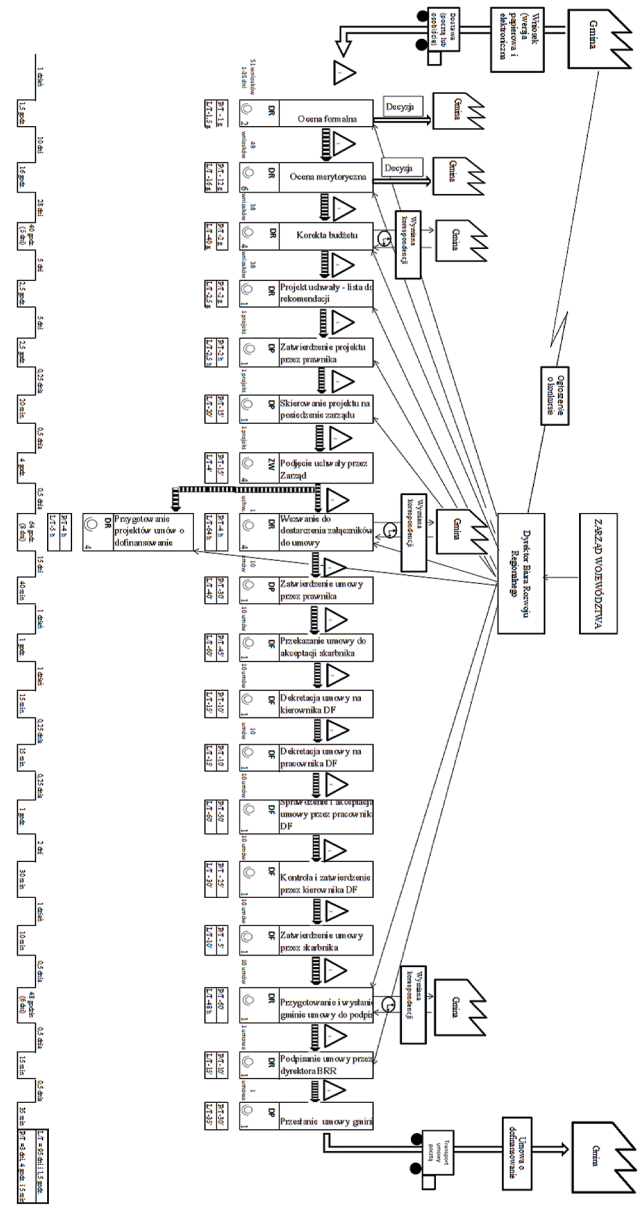
Metodyka badań własnych

Do zrealizowania celu przedstawionego we wstępnej części rozdziału wykorzystano informacje z badania pt. „Usprawnianie procesów w administracji publicznej z wykorzystaniem zasad szczupłego zarządzania" [Ludwiczak 2018a]. Dla potrzeb badawczych przeprowadzono w wybranym urzędzie marszałkowskim studium przypadku. Wykorzystano wywiady z pracownikami zaangażowanymi w realizację procesu, badania dokumentacyjne oraz narzędzie Value Stream Mapping. Przed rozpoczęciem analizy przedstawiono pracownikom jej cel, wyjaśniono czym jest koncepcja lean government oraz do czego służy narzędzie mapowania. Na potrzeby badania zastosowano standardowe symbole graficzne, dostosowując niektóre z nich do specyfiki procesów administracyjnych. Przyjęte oznaczenia danych w procesie:

- P/T (*Process Time*) – czas faktycznego wykonywania danej czynności, czyli np. faktycznego sprawdzania złożonego wniosku przez pracownika;
- L/T (*Lead Time*) – czas potrzebny na przejście jednego wniosku przez proces od początku do końca (czynności + przerwy, zakłócenia, oczekiwanie).

Analizie poddano wybraną usługę administracyjną – proces dotyczący przeprowadzenia konkursu dotacji dla gmin na opracowanie lub aktualizację programów rewitalizacji. Zadanie to charakteryzuje się dużym stopniem złożoności, zaangażowaniem więcej niż jednej komórki organizacyjnej, a jej klientem jest Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, z którym badany samorząd województwa zawarł umowę oraz samorządy gmin starające się o uzyskanie dofinansowania. Z uwagi na duży stopień złożoności procesu i czas jego realizacji, który w umowie przewidziano na ponad 23 miesiące, do analizy wybrano w ramach całego strumienia wartości dwa z procesów: nabór i ocenę wniosków oraz przygotowanie umów, które uznano za kluczowe z punktu widzenia omawianego zagadnienia. Wyniki przeprowadzonego mapowania przedstawiono na rysunku 1.

Rysunek 1. Mapa strumienia wartości dla usługi przeprowadzenia konkursu dotacji dla gmin na opracowanie lub aktualizację programów rewitalizacji



P/T – czas faktycznego wykonania czynności,
L/T – czas wykonania czynności + zakłócenia, przestoje, oczekiwanie,
DR, DP, DF – skrócone nazwy komórek organizacyjnych.
Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Ludwiczak 2018b, ss. 130–131].

Wyniki analizy procesu w kontekście zarządzania logistycznego

Analiza procesu przeprowadzenia konkursu dotacji dla gmin na opracowanie lub aktualizację programów rewitalizacji z uwzględnieniem waloru czasowego i przestrzennego pozwoliła na wykazanie szeregu obszarów wymagających wprowadzenia działań usprawniających. Jak można zauważyć na rysunku 1, całkowity czas przejścia pojedynczego wniosku przez proces od momentu jego złożenia przez gminę do odesłania jej umowy o dofinansowanie, wyniósł ponad 95 dni. Czas faktycznego wykonywania czynności w procesie, tj. tworzenia wartości wyniósł nieco ponad 28 godzin (tj. 3 dni, 4 godz. i 5 min.). Oznacza to, że ponad 96% okresu realizacji powyższego procesu to faza, w której nie tworzy się wartości dla klienta, a składa się na niego głównie oczekiwanie i transport.

W ramach prowadzonej analizy zidentyfikowano szereg problemów [Ludwiczak, 2018a]. Wśród nich, z punktu widzenia logistyki, do najistotniejszych zaliczono:

- Przetwarzanie partiami generujące czas oczekiwania pomiędzy poszczególnymi etapami realizacji usługi – w początkowej fazie realizacji procesu, dopiero po sprawdzeniu wszystkich wniosków pod względem formalnym, przekazano je do oceny merytorycznej;
- Wąskie gardła pomiędzy komórkami organizacyjnymi – cechą charakterystyczną, zwłaszcza dużych jednostek administracji samorządowej jest znaczna liczba i zróżnicowanie realizowanych procesów. Pracownicy funkcjonują w środowisku pracy wielozadaniowej, realizując równolegle wiele zróżnicowanych czynności, co powoduje tworzenie się kolejek (np. Departament Finansów – DF);
- Fizyczny transport dokumentów w procesie realizowany jest w ramach jednego budynku, przy czym poszczególne komórki organizacyjne rozmieszczone są w różnych jego częściach i piętrach. W omawianym przypadku nie stanowi to większego problemu, jednak należy zaznaczyć, że podobne procesy w badanym urzędzie realizowane są w ramach kilku budynków rozmieszczonych w różnych częściach miasta;
- Realizację procesu spowalnia skomplikowany przepływ informacji pomiędzy pracownikami a kadrą zarządzającą. Często rozpoczęcie realizacji kolejnego etapu uwarunkowane jest uzyskaniem decyzji przełożonego;
- Nadmierny czas oczekiwania generują wykorzystywane kanały komunikacji z klientem – wymiana korespondencji z gminami w analizowanym procesie realizowana jest w przeważającej części za pośrednictwem poczty tradycyjnej.

Przeprowadzona analiza procesu uwidoczniła potrzebę usprawnienia czynności koordynacyjnych w ramach prowadzonych działań. Jednym z rozwiązań mogących skrócić czas obsługi wniosków jest połączenie oceny formalnej i merytorycznej w jeden obszar przepływu ciągłego. W tym celu konieczna jest odpowiednia realokacja zasobów ludzkich umożliwiająca zrównoważanie czasu przetwarzania pomiędzy poszczególnymi ocenami. Kolejnym rozwiązaniem, mogącym usprawnić przepływ dokumentów w ramach strumienia wartości, jest wyeliminowanie oczekiwania na przetwarzanie, którego przyczyną jest tworzenie się kolejek pomiędzy poszczególnymi komórkami organizacyjnymi (departamentami i wydziałami urzędu). Rozwiązaniem problemu może w omawianym przypadku być: ograniczenie liczby pracowników

i/lub komórek organizacyjnych zaangażowanych w realizację procesu. Przykładem mogłoby być zwiększenie kompetencji pracowników i nadanie im nowych uprawnień, które pozwolą na przejęcie części zadań, wcześniej zarezerwowanych dla wyspecjalizowanych komórek funkcjonalnych. Przestoje dokumentów pojawiają się również w sekretariatach departamentów, gdzie oczekują na zadekretowanie przez zwierzchnika. Rozwiązaniem wspierającym w takim przypadku może być upełnomocnianie pracowników lub też wprowadzenie zasad decyzyjnych, zgodnie z którymi, w przypadku realizacji typowych czynności w ramach procesów, pracownicy mogliby przekazywać sobie dokumenty z pominięciem kadry zarządzającej wyższego i średniego szczebla. Niezbędne jest również tam, gdzie nie występują w tym zakresie bariery prawne i organizacyjne, zmiana obiegu dokumentów z tradycyjnego na elektroniczny – zwłaszcza w obszarze świadczenia usług dla klientów zewnętrznych. Analiza wskazuje ponadto na potrzebę aktywnego zarządzania dostępnymi zasobami (tj. np. obliczanie czasu trwania i momentu wykonania procesu i zaplanowania dla niego zasobów posiadających właściwe kompetencje). Chodzi tu o działania usprawniające planowanie zasobów do realizacji procesów w sytuacji, gdzie dana komórka organizacyjna (np. departament, wydział) realizuje równolegle wiele zadań o różnym stopniu złożoności.

Wnioski

Umiejętność elastycznego dostosowywania się do potrzeb i oczekiwań klientów oraz wciąż zmieniającego się otoczenia wpływa na sprawność realizacji zadań publicznych, a także pozycję konkurencyjną samorządów terytorialnych. Na poziom satysfakcji klientów (mieszkańców danego obszaru terytorialnego) w szczególny sposób oddziałują usługi administracyjne, których odbiorcami są indywidualne jednostki (mieszkańcy, przedsiębiorstwa, itp.), a nie grupy społeczne, jak to ma miejsce w przypadku usług technicznych czy społecznych. Jakość tych usług, która w znacznym zakresie wynika ze skuteczności i efektywności realizowanych procesów, wywiera znaczący wpływ na to, jak dany urząd jest postrzegany. Zasadne jest zatem poszukiwanie rozwiązań usprawniających w tym obszarze.

Możliwość wykorzystania logistyki w kontekście usług administracyjnych wydaje się zagadnieniem stosunkowo mało docenianym. Wyniki przeprowadzonej analizy wskazują na to, że usprawnianie procesów administracyjnych w ujęciu logistycznym może przyczynić się do poprawy ich skuteczności i efektywności. Opracowane w tym kontekście kierunki zmian doskonalących odnoszą się głównie do skrócenia czasu realizacji usługi i fizycznego obiegu dokumentów. Ponadto podejście logistyczne przyczynia się do lepszego planowania i alokacji zasobów w ramach realizowanych procesów, dzięki czemu urzędy są w stanie lepiej kontrolować przepływ usług do klienta zgodnie z zasadą *just in time*.

Bibliografia

Bugdol M. (2015), *Diagnoza efektywności usług administracyjnych świadczonych przez lubuskie samorządy gminne*, Urząd Marszałkowski Województwa Lubuskiego, Zielona Góra.

Chomiak-Orsa I., Flieger M. (2012), *Koncepcja oceny stopnia informatyzacji w osiąganiu dojrzałości procesowej gminy*, „Zarządzanie Publiczne", nr 1(17), ss. 75–86.

Detyna B., Twaróg S. (2013), *Logistyka w obszarze usług publicznych w świetle współczesnych uwarunkowań*, „Demograficzne uwarunkowania logistyki społecznej. Studia Ekonomiczne", nr 175, Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach, Katowice, ss. 32–49.

Flieger M. (2013), *Dojrzałość procesowa gmin w świetle współczesnych paradygmatów zarządzania publicznego. Zastosowanie zarządzania procesowego w urzędach gmin – wyniki badań*, „Przedsiębiorczość i Zarządzanie", Wydawnictwo SAN, Łódź, t. 14, z. 13, cz., ss. 67–78.

Izdebski H. (2010), *Nowe kierunki zarządzania publicznego a współczesne kierunki myśli polityczno-prawnej* [w:] A. Bosiacki, H. Izdebski, A. Nelicki i in. (red.), *Nowe zarządzanie publiczne i public governance w Polsce i w Europie*, Liber, Warszawa.

Janoś-Kresło M. (2002), *Usługi społeczne w procesie przemian systemowych w Polsce*, Wydawnictwo SGH, Warszawa.

Kauf S. (2015), *Wybrane atrybuty zarządzania publicznym łańcuchem dostaw – orientacja na klienta i przepływy*, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach", nr 217, Katowice, ss. 56–67.

Kijowski D., Misiąg W., Prutis S. i in. (2004), *Wprowadzenie do programu rozwoju instytucjonalnego*, MSWiA, Warszawa.

Kisperska-Moroń D., Płaczek E., Piniecki R. (2003), *Zarządzanie logistyczne w firmach usługowych*, Wydawnictwo AE w Katowicach, Katowice.

Ludwiczak A. (2018a), *Using lean government in improvement of the services in public administration on the example of Marshal Office in Lubuskie voivodeship*, „European Journal of Service Management", vol. 26, iss. 2.

Ludwiczak A. (2018b), *Zarządzanie procesami w administracji samorządowej. Doskonalenie z wykorzystaniem lean government*, Difin, Warszawa.

Norma PN-EN ISO 9001:2015, Systemy zarządzania jakością. Wymagania, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.

Śledziewska K., Zięba D. (2016), *E-administracja w Polsce na tle Unii Europejskiej*, Digital Economy Lab UW, Warszawa.

Wolniak R., Skotnicka-Zasadzień B. (2012), *E-administracja – czynniki funkcjonowania dobrego e-urzędu*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej", z. 63.

Zawicki M., Mazur S., Bober J. (red.) (2004), *Zarządzanie w samorządzie terytorialnym. Najlepsze praktyki*, Małopolska Szkoła Administracji Publicznej Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Kraków.

Józef Matuszek
Akademia Techniczno-Humanistyczna, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki,
Katedra Inżynierii Produkcji
jmatuszek@ath.bielsko.pl

Sławomir Kukla
Akademia Techniczno-Humanistyczna, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki,
Katedra Inżynierii Produkcji
skukla@ath.bielsko.pl

Kształtowanie przepływów materiałowych w przedsiębiorstwie z wykorzystaniem wirtualizacji produkcji

Organization of Material Flow Using Production Virtualization Example in an Enterprise

Abstract: The course of the production design process using the virtualization of the activities carried out has been presented in the study. In the development of the production system model the course of proceedings has been given. The product design process has been defined as an integrated system taking into account the construction parameters, production and organization of material flow. It presents modern methods of logistic processes modelling and simulation. The examples of production activities design were shown towards the production processes runs visualization. Finally, the thesis determines the possibilities of given course of proceedings in the production practice application.
Key words: processes of production design, modelling and simulation of manufacturing processes

Wstęp

Konkurencja na rynku, wynikająca z ograniczonych możliwości zbytu produktów, spowodowała aktywizację działalności innowacyjnej przedsiębiorstw. Następują rozwijanie i kształtowanie, reorganizacja i restrukturyzacja procesów wytwórczych.

Zastosowanie znajdują nowe metody i techniki projektowania i zarządzania w procesach przygotowania produkcji. Czynnikiem łączącym badania i rozwój z procesami pozyskiwania klientów, wytwarzania i dystrybucji w nowych warunkach *high technology* staje się logistyka przemysłowa i równocześnie z nią egzystująca logistyka biznesu.

Rozwój systemów informatycznych pogłębił poziom integracji, pojawiły się nowe metody wspomagające procesy zarządzania, jak systemy ekspertowe, oprogramowanie do modelowania i wirtualizacji oraz animacji przebiegów produkcji, sztuczna inteligencja, Internet rzeczy, itd. Następuje przenikanie się świata realnego z wirtualnym. W odpowiedzi na tendencje łączenia świata wirtualnego z realnym, w praktyce produkcyjnej powstała idea digitalnej fabryki, której celem jest integracja systemów informatycznych przedsiębiorstwa z technologią wirtualizacji produkcji, z wykorzystaniem technik symulacyjnych oraz wirtualnej rzeczywistości [Matuszek, Kurczyk 2013].

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie możliwości oraz korzyści wynikających z zastosowania wirtualizacji produkcji w kształtowaniu przepływów materiałowych w przedsiębiorstwach produkcyjnych na etapie projektowania oraz doskonalenia systemów wytwarzania.

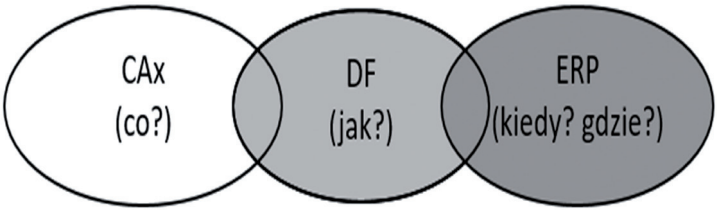
Systemy informatyczne przedsiębiorstwa

W przedsiębiorstwach mają zastosowanie różnorodne systemy informatyczne związane z obliczeniami inżynierskimi CAx (np. CAD, CAM, CAE), procesami zarządzania produkcją i przedsiębiorstwem (np. ERP, PLM, CRM), umożliwiające zarządzanie zasobami przedsiębiorstwa, takimi jak aktywa trwałe, środki finansowe, zasoby ludzkie oraz zarządzanie czasem pracy. Wprowadzane są nowej klasy oprogramowania, określane nazwą digitalna fabryka (DF), które stanowią brakujący pomost pomiędzy stosowanymi w przedsiębiorstwie systemami informatycznymi, co zobrazowano na rys. 1 [Matuszek, Kurczyk 2013].

W czasach skróconego cyklu życia produktu i czasu dostawy, a także zwiększonego zróżnicowania asortymentu, przedsiębiorstwo musi odznaczać się niezwykłą elastycznością i zdolnością szybkiej adaptacji do dynamicznie zmieniających się potrzeb rynku. Jednym ze sposobów na sprostanie tym wymaganiom jest skrócenie czasu planowania i osiągnięcie elastyczności w projektowaniu procesów produkcyjnych [Zülch i in. 2005]. Współczesny rynek nie zadawala się już zróżnicowanym asortymentem, wymaga on dodatkowo od przedsiębierstw dostarczania wysoce zindywidualizowanych produktów [Caggiano i in. 2015].

Taki stan rzeczy wymusza projektowanie procesu produkcyjnego, uwzględniające uwarunkowania konstrukcyjne, wytwarzania oraz organizacji związane głównie z logistyką przepływów materiałowych.

Rysunek 1. Obszary zastosowania digitalnej fabryki



Źródło: [Matuszek, Kurczyk 2013].

Wykorzystanie digitalnej fabryki w przedsiębiorstwie pozwala na analizowanie złożonych systemów produkcyjnych i wsparcie podejmowania decyzji przy znaczącej redukcji czasu i kosztów przedsięwzięcia bez konieczności fizycznej ingerencji w system produkcji [Caggiano i in. 2015].

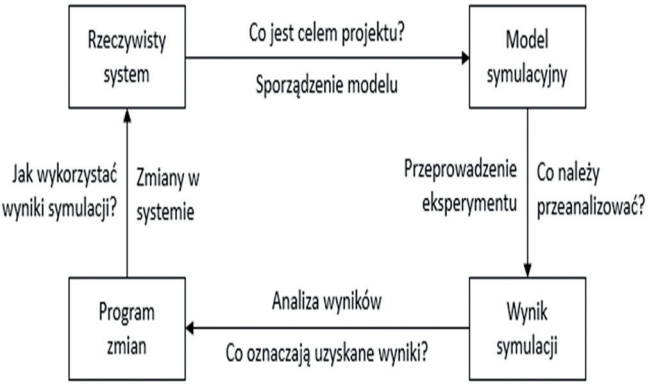
Analiza ta może być wykonana na podstawie danych przesyłanych w czasie rzeczywistym oraz dla przyszłych przewidywanych zdarzeń.

Modelowanie i symulacja systemów produkcyjnych

Racjonalizacja i optymalizacja systemów produkcyjnych to działania, które powinny być indywidualnie rozpatrywane ze względu na charakter przedsiębiorstwa, produkowane wyroby, środki produkcji itd.

Modelowanie i symulacja systemu produkcyjnego polegają na odwzorowaniu rzeczywistego systemu w postaci komputerowego modelu po to, by dało się przeprowadzać na nim doświadczenia symulacyjne. Budowanie modelu jest procesem czasochłonnym i wymaga dobrej znajomości rzeczywistego systemu wytwarzania oraz narzędzi komputerowych, z użyciem których realizuje się eksperymenty symulacyjne [Zeigler 1984].

Rysunek 2. Modelowanie i symulacje systemów produkcyjnych



Źródło: [Gregor i in. 1998].

Dzięki zastosowaniu komputerowego modelowania i symulacji otrzymuje się możliwość szybkiego przeanalizowania różnych wariantów produkcyjnych. Wyniki przeprowadzonych symulacji przedstawiają np. stopień wykorzystania materiałów, obciążenie stanowisk i pracowników, wielkości zapasów w toku produkcji oraz czas, jaki spędzają komponenty na poszczególnych etapach produkcji. Wnioski wyciągnięte na podstawie eksperymentu symulacyjnego wdraża się do rzeczywistego systemu w celu polepszenia jego funkcjonalności. [Kelton i in. 1998; Durlik 2000; Maciąg i in. 2013]. Modelowanie i symulację wykorzystuje się też przy projektowaniu nowych systemów produkcyjnych. Technika symulacji komputerowej sprawdza się w sytuacji, kiedy dokonanie optymalnego wyboru jest bardzo trudne ze względu na złożoność problemu, liczbę danych wejściowych, liczbę przyjętych kryteriów oraz liczbę dopuszczalnych rozwiązań [Kośturiak i in. 1996; Zdanowicz 2007].

Kształtowanie procesów produkcyjnych z wykorzystaniem wirtualizacji

Kształtowanie procesów produkcyjnych z wykorzystaniem techniki wirtualizacji jest możliwe po przygotowaniu przestrzennego modelu symulacyjnego. Przedsięwzięcie to wiąże się z realizacją następujących etapów:

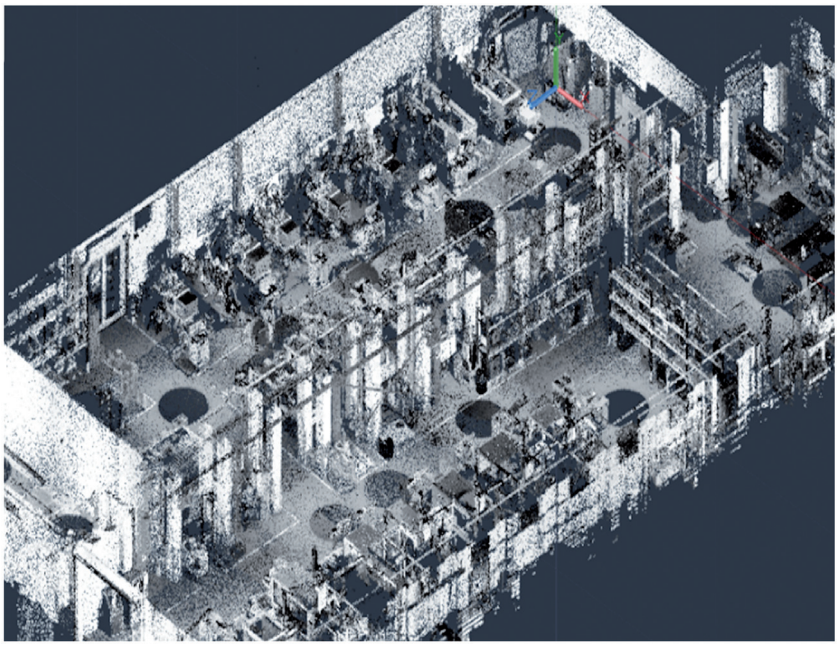
Etap I – laserowe skanowanie 3D. W praktyce produkcyjnej najczęściej stosowane są skanery fazowe.

Etap II – opracowanie danych pochodzących z procesu skanowania. Forma wyników pomiarów dokonywanych przy pomocy skanera 3D jest różna i zależy od typu zastosowanego urządzenia np. skanery laserowe najczęściej wyświetlają rezultaty skanowania w postaci chmury punktów (rys. 3). Chmura punktów jest zbiorem wokseli – czyli punktów pokolorowanych i rozmieszczonych w przestrzeni trójwymiarowej.

Etap III – tworzenie modeli 3D.

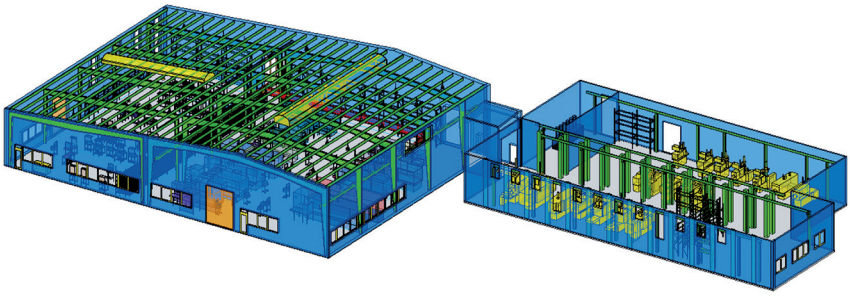
Etap IV – wirtualizacja i animacja procesów produkcyjnych. Wirtualizacja procesu produkcyjnego rozpoczyna się od przygotowania modelu 3D hali produkcyjnej wraz z elementami jej wyposażenia (rys. 4).

Rysunek 3. Przykład chmury punktów przedstawiającej halę przemysłową



Źródło: [Kurczyk 2018].

Rysunek 4. Model hali produkcyjnej wykonany na podstawie skanu 3D



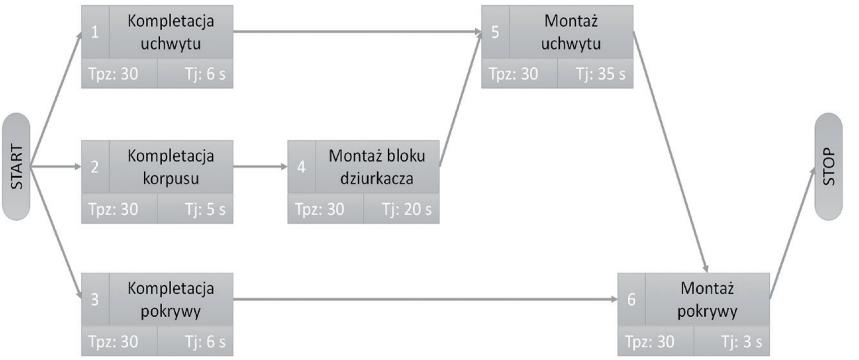
Źródło: [Kurczyk 2018].

Etap V – Kształtowanie procesów produkcyjnych. Etap jest związany z opracowaniem różnych wariantów przebiegu procesu i poddaniem go szeregu analiz w celu wskazania najlepszego wariantu z punktu widzenia przyjętych kryteriów.

Przykład wykorzystania wizualizacji w kształtowaniu przepływów materiałowych

Obiektem badań w ramach prezentowanego przykładu jest gniazdo montażu dziurkacza Przyjęto, że realizacja procesu będzie wymagać sześciu stanowisk, na których będą wykonywane operacje w kolejności przedstawionej na rysunku 5.

Rysunek 5. Kolejność realizacji operacji na stanowiskach roboczych



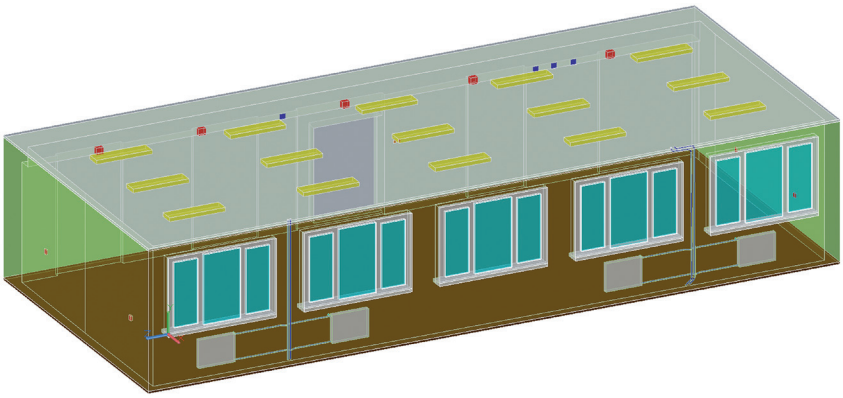
Źródło: [Kurczyk 2018].

Skanowanie pomieszczenia zostało wykonane z 4 różnych pozycji za pomocą fazowego skanera FARO LS 880. Stworzenie modelu 3D pomieszczenia roboczego nastąpiło po konwersji zaimportowanej chmury punktów do przestrzeni roboczej programu AutoCad. Pomieszczenie pokazano na rysunku 6.

Każdy z elementów został osadzony w osobnej warstwie rysunkowej, aby zapewnić możliwość ukrycia tych elementów, które w danej chwili nie są potrzebne.

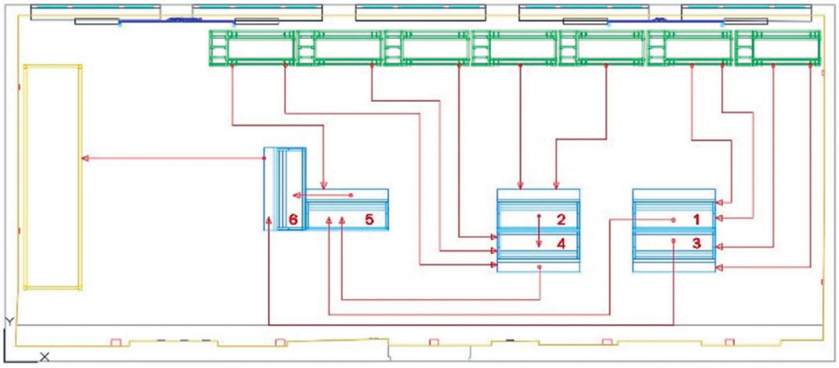
Kształtowanie przebiegu procesu przeprowadzono dla 6 różnych wariantów organizacji miejsca pracy, wizualizując je najpierw jako dwuwymiarowy plan rozmieszczenia stanowisk w programie AutoCad, a następnie jako przestrzenną wizualizację w programie NavisWorks Manage (rysunki 7, 8).

Rysunek 6. Model pomieszczenia wykonany na podstawie chmury punktów



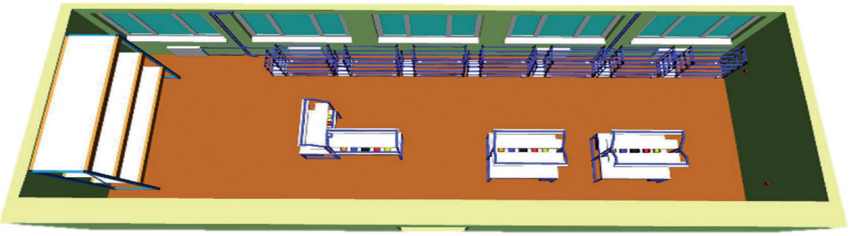
Źródło: [Kurczyk 2018].

Rysunek 7. Wariant 1: rozmieszczenie stanowisk (1, 2, 3, 4, 5 oraz 6) w pomieszczeniu roboczym



Źródło: [Kurczyk 2018].

Rysunek 8. Wizualizacja wariantu 1 rozmieszczenia stanowisk roboczych



Źródło: [Kurczyk 2018].

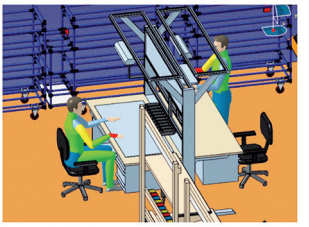
Kształtowanie przebiegu procesu zrealizowano na podstawie trzech kryteriów: warunków ergonomicznych pracy, wydajności oraz kosztów wyposażenia.

Analizę ergonomii pracy zrealizowano trzema metodami – metodą RULA, punktową, analizą NIOSH.

Metodę RULA przeprowadzono za pomocą modułu do analiz ergonomicznych oprogramowania Delmia. Ocenie poddano cztery najczęściej występujące czynności podczas trwania zmiany roboczej, związane z montażem i przepływem materiałowym (rys. 9):

- praca na stanowisku roboczym,
- pobieranie komponentów potrzebnych do wykonania operacji na stanowisku,
- odkładanie przyniesionego komponentu na stanowisko robocze,
- odkładanie i przemieszczanie kompletnego produktu na regale.

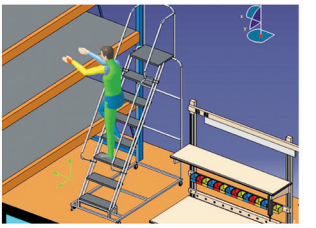
Rysunek 9. Czynności poddane analizie ergonomicznej



Praca na stanowisku

Pobieranie komponentu

Odkładanie komponentu



Odkładanie produktu

Źródło: [Kurczyk 2018].

Analizy przeprowadzono zarówno dla prawej, jak i lewej strony ciała. Podczas przeprowadzania analiz założono, że praca wykonywana na stanowisku roboczym będzie powtarzalna z częstością większą niż 4 razy na minutę, pobieranie i odkładanie komponentów oraz odkładanie gotowego produktu będzie występować rzadziej niż 4 razy w ciągu minuty, praca wykonywana na stanowisku będzie wymagać przenoszenia przedmiotów o masie 0,15 kg, pobieranie i odkładanie komponentów będzie wiązać się z przenoszeniem kilku elementów o masie 1,5 kg, odkładanie gotowego produktu będzie wymagać przeniesienia kilku wyrobów o masie 3,6 kg. W celu dokonania oceny komfortu pracy w zamodelowanych warunkach przeprowadzono 48 analiz RULA, wykorzystując program Delmia. Na każdy wariant organizacyjny przestrzeni roboczej przypadało 8 analiz (ocena 2 stron ciała dla każdej z czterech sytuacji). Przykładowe wyniki przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wyniki analizy RULA, gdzie lewa, prawa – lewa lub prawa strona ciała, W – warianty przebiegu procesu

		W1	W2	W3	W4	W5	W6
Praca na stanowisku	Lewa	4	3	4	3	4	4
	Prawa	3	3	3	3	3	4
Pobieranie komponentu	Lewa	3	2	3	3	3	3
	Prawa	3	2	3	3	3	3
Odkładanie komponentu	Lewa	3	3	3	3	3	3
	Prawa	3	3	3	3	3	3
Odkładanie i przemieszczanie produktu	Lewa	5	4	5	4	5	4
	Prawa	5	5	5	4	5	4
	Razem	**29**	**25**	**29**	**26**	**29**	**28**

Źródło: [Kurczyk 2018].

W wyniku przeprowadzonych analiz najkorzystniejszym z punktu widzenia komfortu pracy okazał się wariant oznaczony numerem 2.

Metoda RULA bierze pod uwagę tylko niektóre aspekty wpływające na komfort pracy. Analizę ergonomiczną rozbudowano o **ocenę punktową**, która uwzględniała dystans przemierzany przez pracownika oraz to, czy zasoby wymagane do wykonania zadania znajdują się w jego zasięgu. Ocenę punktową ergonomii pracy na stanowiskach przeprowadzono w skali od 1 do 3 dla każdego z wyszczególnionych czynników i czynności. Podczas analizy brano pod uwagę 9 czynników: kąt zgięcia pracownika w pasie, kąt obrotu pracownika w pasie, wysokość ramienia roboczego, kąt zgięcia kolan, kąt obrotu nadgarstka, podnoszenie części i materiałów, zakres roboczy, przemierzany dystans, przenoszony ciężar. Badanemu czynnikowi przypisywano odpowiednią liczbę punktów w zależności od tego, do jakiego zakresu została zakwalifikowana czynność. Na końcu zsumowano punkty zdobyte przez poszczególne czynności i w ten sposób otrzymano ocenę punktową stanowiska.

Dodatkowo przeprowadzono **analizę NIOSH**, która pozwoliła odpowiedzieć na pytanie: jaki jest dopuszczalny maksymalny ciężar przenoszony przez pracownika w czasie wykonywanej pracy. Analizę przeprowadzono, wykorzystując moduł do analiz ergonomicznych oprogramowania Delmia, przyjmując następujące założenia: podnoszenie odbywało się co 1800 sekund, praca jest wykonywana w przedziale czasowym 8 godzin, komfort trzymania przenoszonych komponentów jest dobry, masa przenoszonych komponentów to 3,5 kg.

Pozostałe dane wymagane do przeprowadzenia analizy, takie jak np. odległości zostały automatycznie zmierzone przez oprogramowanie na przestrzennym modelu stanowiska pracy.

Ocena wariantów metodą NIOSH została przeprowadzona na podstawie czynności pobierania przez pracownika potrzebnych do montażu komponentów i odkładania ich na stanowisko. W tabeli 2 zestawiono wyniki analiz NIOSH dla wszystkich 6 wariantów organizacyjnych.

Tabela 2. Wyniki analizy NIOSH, gdzie: LI – wskaźnik uciążliwości wykonywanej pracy, RWL – wskaźnik maksymalnego dopuszczalnego ciężaru, W – wariant organizacyjny

	W1	W2	W3	W4	W5	W6
LI	0,40	0,21	0,23	0,16	0,26	0,16
RWL [kg]	8,751	16,447	15,039	22,160	13,457	21,760

Źródło: [Kurczyk 2018].

Wskaźnik LI odzwierciedla uciążliwość wykonywanej pracy ze względu na przenoszony ciężar. Im wyższa wartość tego wskaźnika, tym bardziej uciążliwa praca. Jeżeli wskaźnik ten przekroczy wartość 1, to praca jest uznawana za szkodliwą i warunki jej wykonywania powinny zostać natychmiast poprawione. Wskaźnik RWL określa maksymalny dopuszczalny ciężar, jaki można przenosić w analizowanych warunkach. Za najlepszy wariant organizacyjny wybrano wariant szósty, ponieważ odznaczał się najwyższą wartością wskaźnika RWL i najniższą wartością LI.

Analiza kosztowa wariantów rozwiązań została przeprowadzona na podstawie wyceny środków produkcji potrzebnych do zbudowania zaproponowanych wariantów organizacyjnych linii montażowej. Wycenę opracowano na podstawie ofert handlowych. Sporządzono trzy odmienne wyceny w oparciu o różne źródła informacji cenowych. Podczas wyboru najlepszego wariantu brano pod uwagę całkowity koszt wszystkich elementów wyposażenia, jakie należy zakupić.

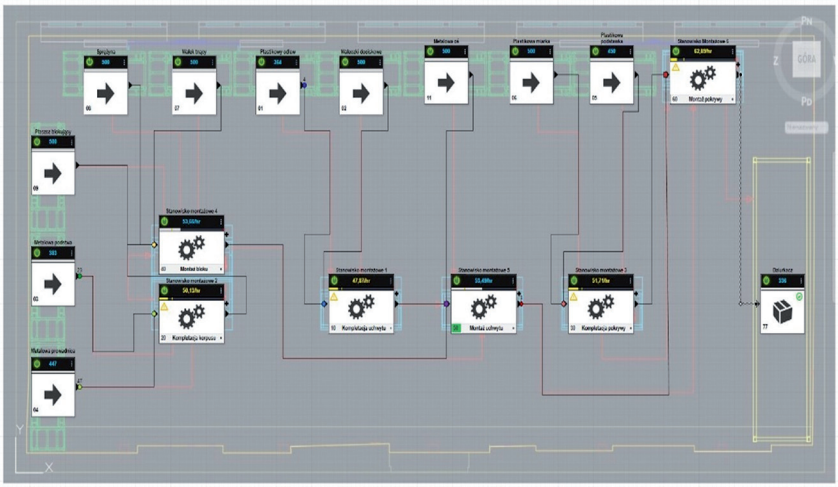
Badania symulacyjne

W celu zbadania procesu kształtowania pracy w gnieździe przeprowadzono na zbudowanym modelu analizę symulacyjną.

W pierwszej kolejności zasymulowano realizację procesu montażu dla każdego z sześciu wariantów organizacyjnych, używając programu Autodesk Process Analysis 360 (rys. 10).

W dalszej kolejności zbudowano model symulacyjny w oprogramowaniu Arena (rys. 11). Przyjęto, że symulowany czas trwania procesu montażu będzie obejmował 5 dni roboczych po 7,5 godziny, a liczba pracowników jest równa liczbie stanowisk. Każdy pracownik jest obecny przy stanowisku przez cały czas trwania operacji montażu.

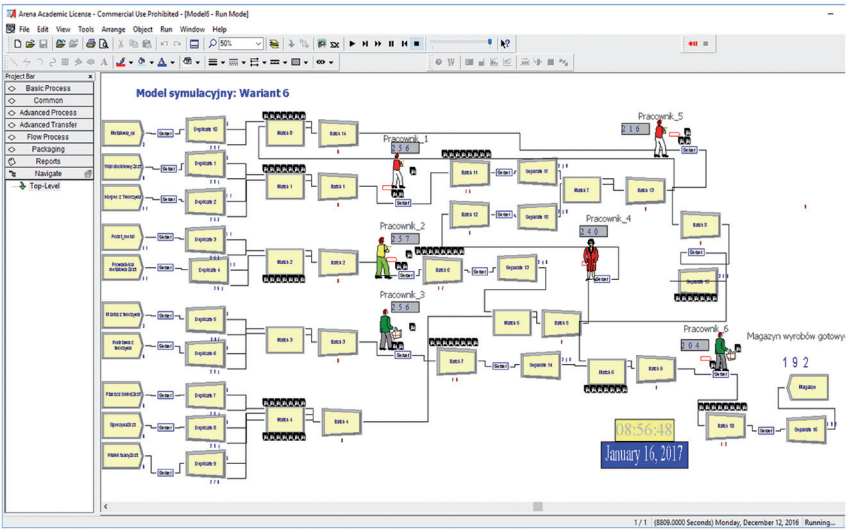
Rysunek 10. Autodesk Process Analysis 360 w trakcie symulacji wariantu 6



Źródło: [Kurczyk 2018].

Wydajność gniazda oceniono na podstawie wskaźnika procentowego obciążenia pracowników obsługujących linię montażową. Wskaźnik ten pokazuje udział procentowy czasu poświęconego na wykonywanie czynności roboczych w dostępnym funduszu czasu pracy pracownika. Założono, że każde stanowisko będzie obsadzone przez jednego pracownika, do którego obowiązków będzie należeć nie tylko wykonywanie operacji na stanowisku, ale także dostarczenie sobie wszystkich komponentów potrzebnych do wykonywania pracy.

Rysunek 11. Model symulacyjny wariantu 6 w programie Arena



Źródło: opracowanie własne.

Po przeprowadzaniu symulacji wszystkich wariantów organizacyjnych otrzymano między innymi informacje na temat liczby produktów zmontowanych w czasie 5 dni roboczych po 7,5 godzin każdy (tabela 3) oraz obciążenia poszczególnych pracowników (tabela 4).

Tabela 3. Liczba wyprodukowanych sztu

	Liczba sztuk					
	Wariant 1	Wariant 2	Wariant 3	Wariant 4	Wariant 5	Wariant 6
Wyprodukowano	3624	3624	3648	3648	3648	3576

Źródło: [Kurczyk 2018].

Tabela 4. Obciążenie pracowników w poszczególnych wariantach

	Zajętość pracownika					
	Wariant 1	Wariant 2	Wariant 3	Wariant 4	Wariant 5	Wariant 6
Pracownik 1	20,36%	19,83%	20,24%	20,06%	20,36%	20,71%
Pracownik 2	18,52%	17,82%	18,41%	18,18%	18,52%	19,46%
Pracownik 3	18,93%	18,67%	18,81%	18,73%	18,84%	19,01%
Pracownik 4	62,32%	62,04%	62,03%	62,09%	62,09%	63,38%
Pracownik 5	99,55%	99,55%	99,54%	99,54%	99,54%	99,54%

	Zajętość pracownika					
	Wariant 1	Wariant 2	Wariant 3	Wariant 4	Wariant 5	Wariant 6
Pracownik 6	14,38%	15,18%	13,74%	14,99%	14,43%	16,34%
Średnia	**39,01%**	**38,85%**	**38,80%**	**38,93%**	**38,96%**	**39,74%**

Źródło: opracowanie własne na podstawie Kurczyk [2018].

Na podstawie raportów z symulacji poszczególnym wariantom montażu przypisano oceny punktowe. Za najlepszy wariant uznano wariant 3 ponieważ wartość sumy punktów zdobytych przez wszystkich pracowników w tym wariancie była najwyższa.

Wybór najlepszego rozwiązania metodą Yagera

Wybór racjonalnego rozwiązania przeprowadzono według punktowej metody Yagera, przyjmując siedmiostopniową skalę ocen. Metoda Yagera zakłada, że każdy wariant oceniany jest przez ekspertów względem poszczególnych kryteriów, a ważność kryteriów ustalana jest na podstawie macierzy Saaty'ego [Matuszek, Kukla 2009]. Przyjęto, że warianty będą oceniane względem 3 kryteriów: ergonomia pracy, koszt wyposażenia i wydajność gniazda. Ergonomia pracy została oceniona przy pomocy 3 analiz (RULA, ocena punktowa, NIOSH). Podobnie postąpiono w przypadku kryterium kosztów wyposażenia. Założono, że każdy z 3 ekspertów dokona wyceny wyposażenia w oparciu o różne cenniki. Wydajności gniazda obróbkowego zostało oceniona na podstawie eksperymentów symulacyjnych. Jeden z ekspertów dokonywał oceny wydajności w oparciu o symulację w programie Analysis 360, a drugi na bazie raportów z programu Arena. Oceny punktowe wariantów w skali od 1 do 6 zestawiono w tabelach zamieszczonych na rysunku 12.

Rysunek 12. Zestawienie ocen punktowych w metodzie Yagera

Kryterium: Ergonomia

Skala 1–7	W1	W2	W3	W4	W5	W6
Ekspert 1 (RULA)	4	7	4	6	4	5
Ekspert 2 (ocena punktowa)	3	5	4	6	5	7
Ekspert 3 (NIOSH)	1	5	4	7	3	7

Kryterium: Koszt

Skala 1–7	W1	W2	W3	W4	W5	W6
Ekspert 1 (wycena 1)	7	1	5	5	5	2
Ekspert 2 (wycena 2)	7	1	6	5	6	2
Ekspert 3 (wycena 3)	7	1	5	6	5	3

Kryterium: Wydajność						
Skala 1–7	W1	W2	W3	W4	W5	W6
Ekspert 1 (Analysis 360)	6	6	5	4	7	3
Ekspert 2 (Arena)	3	6	7	5	5	1

Źródło: [Kurczyk 2018].

Zgodnie z założeniami metody Yagera, po przeprowadzonej ocenie wariantów oraz ważności poszczególnych kryteriów, przystąpiono do agregacji ocen wariantów poprzez podniesienie składników kolejnych ocen unormowanych do potęgi równej odpowiedniej wadze. Wyniki zestawiono w tabeli 5.

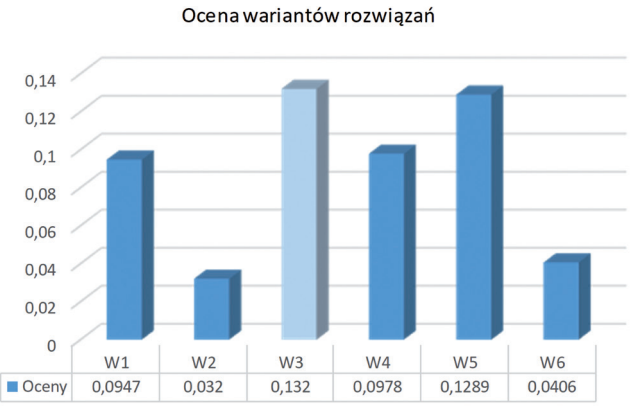
W rezultacie przeprowadzenia oceny wielokryterialnej, najlepszym rozwiązaniem okazał się wariant 3 z najwyższą wartością oceny ważonej (rys. 13).

Tabela 5. Wartości decyzji unormowanych

Kryteria	Warianty przebiegu procesu					
	W1	W2	W3	W4	W5	W6
k1	0,110	0,223	0,163	0,249	0,162	0,249
k2	0,248	**0,032**	0,186	0,186	0,186	0,078
k3	**0,095**	0,130	**0,132**	**0,098**	**0,129**	**0,041**

Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 13. Wyniki oceny wielokryterialnej wariantów metodą Yagera



Źródło: opracowanie własne.

Podsumowanie wnioski i uwagi

Analizy ergonomiczne, takie jak analiza RULA i NIOSH, przeprowadzane przy pomocy oprogramowania Delmia, charakteryzują się powtarzalnością, dokładnością i krótkim czasem realizacji. Powtarzalność polega na tym, że raz zaaranżowana postawa pracownika, która podlega analizie, będzie zawsze tak samo oceniana przez oprogramowanie niezależnie od doświadczenia i woli obserwatora, który będzie ją przeprowadzał. Ponadto analizy ergonomiczne, przy pomocy oprogramowania Delmia, można przeprowadzać nie tylko dla istniejących stanowisk, ale także dla nowych, które znajdują się dopiero w fazie projektowania.

Wybrane elementy digitalnej fabryki pozwalają na opracowanie racjonalnego przebiegu procesu wytwarzania z punktu widzenia przyjętych kryteriów. Proces przygotowania wirtualnego modelu na potrzeby digitalnej fabryki jest przedsięwzięciem czasochłonnym i kosztownym, ale pozwala osiągnąć duże oszczędności jeszcze na etapie projektowania systemu wytwórczego. Podczas tworzenia modelu przestrzennego na potrzeby oceny wariantu przebiegu procesu produkcyjnego można zastosować dwa podejścia. Pierwsze polega na zbudowaniu modelu linii produkcyjnej i zasymulowaniu czynności roboczych pracownika, a dopiero po tym wykonaniu szeregu analiz. Drugie podejście zakłada, by analizy ergonomiczne przeprowadzać już na etapie wirtualnego odwzorowywania ruchów pracownika. Zaleca się stosowanie drugiego podejścia, ponieważ dzięki niemu już na etapie tworzenia animacji można stwierdzić, że stanowisko nie nadaje się do pracy z punktu widzenia ergonomii i należy je zmodyfikować.

Wirtualny model pracy w gnieździe może zostać wykorzystany również w celu optymalizacji logistyki przepływów materiałowych. Prowadzone eksperymenty symulacyjne oraz animacje pozwalają zidentyfikować wąskie gardła w systemie, oszacować kolejki tworzące się przed stanowiskami oraz zarządzać obciążeniami zasobów produkcyjnych.

Dzięki zastosowaniu metod oceny wielokryterialnej do analizy proponowanych rozwiązań, można poszukiwać kompromisów, biorąc pod uwagę więcej niż jedno kryterium oceny. Takie podejście pozwala bardziej kompleksowo spojrzeć na problemy występujące w przedsiębiorstwach przy projektowaniu oraz racjonalizacji systemów produkcyjnych.

Wykorzystanie wirtualnej rzeczywistości w projektowaniu i doskonaleniu przepływów materiałowych staje się skutecznym narzędziem optymalizacji systemów produkcyjnych już na etapie ich projektowania. Dzięki eksperymentom symulacyjnym możliwe jest określanie wydajności systemów wytwórczych, eliminowanie czynności bez wartości dodanej, szacowanie obciążeń zasobów produkcyjnych. Wykorzystanie wirtualizacji oraz badań symulacyjnych eliminuje konieczność eksperymentowania na systemie rzeczywistym, umożliwiając identyfikację zakłóceń, które mogłyby wystąpić przy realizacji zleceń produkcyjnych w praktyce produkcyjnej.

Bibliografia

Caggiano A., Caiazzo F., Teti R. (2015), *Digital Factory approach for flexibility and efficient manufacturing systems in the areospace industry*, „Procedia CIRP", 37.

Durlik I. (1996), *Inżynieria zarządzania. Część II*, Agencja Wydawnicza Placet, Warszawa.

Gregor M., Haluškova M., Hromada J., Košturiak J., Matuszek J. (1998), *Simulation of Manufacturing System*, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej – Filia w Bielsku-Białej, Bielsko-Biała.

Kelton W., Sadowski R., Sadowski D. (1998), *Simulation with Arena*, WCB/McGraw-Hill. Sewickley.

Košturiak J., Gregor M., Slamková E., Chromjaková F., Matuszek J. (1996), *Method and Tools of Enterprise Logistics*, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej – Filia w Bielsku-Białej, Bielsko-Biała.

Kurczyk D. (2018), *Racjonalizacja produkcji w systemach produkcyjnych z zastosowaniem komputerowej wirtualizacji procesów*, Praca doktorska, Wydział Budowy Maszyn i Informatyki, Bielsko-Biała.

Maciąg A., Pietroń R., Kukla S. (2013), *Prognozowanie i symulacja w przedsiębiorstwie*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.

Matuszek J., Kukla S. (2009), *Analysis of foundry production systems on the basis of modelling and simulation*, „Acta Mechanica Slovacia", vol. 13, no. 2, ss. 106–111.

Matuszek J., Kurczyk D. (2013), *Tendencje rozwoju w projektowaniu i zarządzaniu procesami produkcyjnymi* [w:] *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole.

Zdanowicz R. (2007), *Modelowanie i symulacja procesów wytwarzania*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.

Zeigler B.P. (1984), *Teoria modelowania i symulacji*, PWN, Warszawa.

Zülch G., Stowasser S. (2005), *The Digital Factory: An instrument of the present and the future*, „Computers in Industry", 56, ss. 323–324.

Krzysztof Nowacki
Politechnika Śląska w Katowicach, Wydział Inżynierii Materiałowej,
Katedra Inżynierii Produkcji
krzysztof.nowacki@polsl.pl

Szymon Pawlak
Politechnika Śląska w Katowicach, Wydział Inżynierii Materiałowej,
Katedra Inżynierii Produkcji
szymon.pawlak@polsl.pl

Weryfikacja numeryczna organizacji procesu produkcyjnego

Numerical Verification of the Organization of a Production Process

Abstract: The chapter describes how to perform the numerical analysis of the production process of the axisymmetric part, taking into account the variable production volume. The computer simulation was carried out to verify the company's production capacity in the event of a sharp increase in demand for the manufactured product. As part of the analyzes performed, the level of production task performance by the selected unit in the current state and after increasing the selected groups of production resources was determined. To perform the numerical analysis, FlexSim simulation software was used.
Key words: computer simulation, production proces

Wstęp

Wzrost zapotrzebowania, wymogi konsumentów oraz rosnąca konkurencja to podstawowe czynniki determinujące konieczność ciągłego doskonalenia systemów zarządzania wykorzystywanych przez producentów oraz usługodawców chcących utrzymać swoją pozycję na współczesnym, dynamicznie rozwijającym się rynku. Konieczność nieprzerwanego rozwijania swoich możliwości związanych z produkcją wybranych elementów przy zachowaniu odpowiedniego poziomu norm jakościowych, zmusza przedsiębiorców do szukania nowych rozwiązań pozwalających na minimalizację

kosztów przy jednoczesnym skróceniu czasu trwania całego procesu [Sobaszek, Gola, Świć 2017; Stadnicka, Zielecki, Sęp 2017].

W niniejszym rozdziale opisany został wpływ zmiany wielkości zapotrzebowania na zdolności produkcyjne przedsiębiorstwa, a do wykonania analizy zastosowano narzędzie symulacji komputerowej pozwalające na ciągłą kontrolę procesu wytwarzania. Celem rozdziału jest analiza i weryfikacja możliwości programów symulacyjnych wykorzystywanych do planowania procesu produkcyjnego oraz prostego sposobu ich wdrożenia do wykonania podstawowych analiz, upraszczających proces planowania i kontrolę procesu produkcyjnego.

Symulacja komputerowa procesów produkcyjnych

Symulacja komputerowa według literatury określana jest jako numeryczny zapis matematyczny, opierający się na numerycznych modelach symulacyjnych, mających za zadanie odwzorowanie rzeczywistej postaci i funkcji pełnionych przez obiekt modelowany. Model matematyczny definiujący postać symulacji obejmuje szereg zależności, których zadaniem jest dokładne scharakteryzowanie przedmiotu symulacji, czyli obiektu rzeczywistego wraz z jego otoczeniem. Wykonywany opis zależności winien być zrealizowany w sposób umożliwiający jego badanie poprzez zmianę lub modyfikację sygnałów wejściowych oraz podstawowych parametrów modelu. Złożoność parametrów obiektu rzeczywistego i pełnionych przez niego funkcji powoduje znaczne trudności w poprawnym sterowaniu analizowanym procesem oraz przewidywaniu możliwości, jakie mogą wystąpić w przypadku wprowadzenia ewentualnych zmian parametrów wejściowych oraz tych ulegających zmianie już w trakcie trwania produkcji [Zdanowicz, Świder 2005].

Narzędzia symulacji komputerowej, wykorzystywane do kontroli, planowania, a także oceny procesów produkcyjnych, znajdują swoje zastosowanie, gdy praca analizowanego układu obarczona jest wysokim ryzykiem występowania błędu lub też niepewności, a ryzyko popełnienia błędu przy zastosowaniu tradycyjnych – analitycznych metod matematycznych jest zbyt wysokie [Zdanowicz 2007]. W wielu branżach czas przeznaczony na analizę i podjęcie decyzji dotyczącej dalszego planowania jest czynnikiem kluczowym, decydującym o konkurencyjności przedsiębiorstwa i możliwości prowadzenia produkcji w sposób ciągły. Dlatego też przedsiębiorstwa produkcyjne coraz częściej wykorzystują narzędzia wirtualnej symulacji do podstawowego planowania nowych systemów produkcyjnych oraz weryfikacji już istniejących. W wielu przypadkach tworzone są zintegrowane systemy determinujące sposób produkcji poprzez ciągłą numeryczną weryfikację realizowanych procesów [Zdanowicz, Świder 2005].

Należy jednak zaznaczyć, że prawidłowe zaplanowanie oraz zamodelowanie odpowiednio działającego procesu produkcyjnego jest czynnością bardzo skomplikowaną, wymagającą dużej znajomości zasad jego działania. Znaczna liczba czynników oraz zależność występująca w procesie produkcyjnym sprawia, że proces ten jest jednym z najbardziej złożonych i trudnych do prawidłowego zoptymalizowania. Należy zaznaczyć, iż rozbudowa systemów komputerowych, a także w wielu przypadkach integracja

programów komputerowych z wewnętrznymi systemami planowania poszczególnych przedsiębiorstw powoduje, że zastosowanie symulacji staje się coraz bardziej skutecznym narzędziem, umożliwiającym uporządkowanie skomplikowanych i złożonych zagadnień związanych z podejmowanymi decyzjami produkcyjnymi. Podstawowym aspektem decydującym o zastosowaniu symulacji numerycznej w zakładach poprodukcyjnych jest ogromna liczba czynników zależnych od siebie, tworzących łańcuch powiązań, których logiczne skojarzenie metodami analitycznymi byłoby trudne lub też niemożliwe. Prawidłowe wykonanie łańcucha powiązań decyduje o efektywności, skuteczności produkcji oraz płynności jej przebiegu. Symulacja stosowana w przemyśle produkcyjnym dotyczy wszystkich jednostek wchodzących w skład jej struktury, obejmuje ona zarówno procesy odbywające się w czasie rzeczywistym, ale także te perspektywiczne, których plany sięgają daleko w przyszłość.

W przypadku symulacji krótkoterminowych jej model powinien charakteryzować się bardzo dużym stopniem dokładności oraz podobieństwa. Uzyskanie go możliwe jest dzięki danym pochodzącym z nieustannie przeprowadzanych kontroli. Podczas gdy symulacja dotyczy aspektów związanych z długoterminowym podejmowaniem decyzji, tworzone modele mogą charakteryzować się mniejszym stopniem podobieństwa w stosunku do rzeczywistych systemów produkcyjnych. Wyniki oraz rozwiązania uzyskane na skutek przeprowadzenia tego rodzaju symulacji są mniej dokładne, spowodowane jest to dużą niepewnością zmiennych wpływających w sposób bezpośredni lub pośredni na rozpatrywany proces produkcyjny.

Proces modelowania prawidłowo działających struktur powinien uwzględniać w swojej budowie wszystkie czynniki oraz procesy, które bezpośrednio wpływają na stan produkcji. Zaliczyć do nich możemy między innymi:

- Rodzaj przepływu produkcji – determinuje sposób przepływu półfabrykatów na każdym etapie procesu produkcyjnego, mając jednoczesny wpływ na poziom występujących opóźnień spowodowanych dużymi kolejkami w buforach międzyoperacyjnych (wystąpienie wąskiego gardła w procesie produkcyjnym);
- Plan rozmieszczenia stanowisk produkcyjnych – określa odległości pomiędzy poszczególnymi stanowiskami roboczymi oraz globalny kształt linii produkcyjnej. Prawidłowe wykonanie planu rozmieszczeń stanowisk produkcyjnych pozwala na ograniczenie odległości pomiędzy poszczególnymi komórkami oraz ułatwia sposób transportu międzyoperacyjnego;
- Zarządzanie zasobami – dobór maszyn i urządzeń oraz personelu produkcyjnego pozwalający na realizację zadań produkcyjnych w jak najkrótszym czasie przy jednoczesnym zachowaniu wysokiego poziomu jakości produkowanych elementów;
- Ocena ilości materiałów wejściowych – stworzenie zasad zwalniania materiałów wejściowych oraz pomocniczych, niezbędnych do wykonania produkowanego wyrobu, pozwala na ograniczenie kosztów związanych z magazynowaniem;
- Plan produkcji – tworzenie harmonogramów prac produkcyjnych z uwzględnieniem marszruty procesowej oraz występujących priorytetów umożliwiających wykonywanie poszczególnych zadań produkcyjnych w ściśle określonym czasie.

Określenie możliwości produkcyjnych przedsiębiorstwa z wykorzystaniem weryfikacji numerycznej

Proces produkcyjny traktowany jest jako uporządkowany ciąg czynności dokładnie zaplanowanych oraz zorganizowanych, celem realizacji określonego wyrobu lub też grupy tych samych wyrobów przy założeniu możliwości ich ciągłej zmiany. Jest on tworzony według zdefiniowanych, wcześniej ustalonych reguł, których realizacja odbywa się w ściśle określonych przedziałach czasu. Charakteryzuje się dużą dynamiką zmian ilościowych, jakościowych, zasileń materiałowych, informacyjnych oraz energetycznych. Powinien być realizowany przy maksymalizacji efektywności produkcyjnej, pozwalającej na wykonanie jak największej liczby elementów przy jednoczesnej minimalizacji kosztów i czasu jego realizacji [Gawlik, Plichta, Świć 2013].

Duża konkurencja oraz coraz wyższe wymagania rynku zawężają margines potencjalnego zysku generowanego przez przedsiębiorstwo. Istotnym czynnikiem w skutecznym planowaniu procesu produkcyjnego jest prawidłowe oszacowanie zdolności produkcyjnych analizowanej linii i umiejętność reakcji na elastyczność zmian wielkości zamówienia przy ograniczonym terminie ich realizacji. Wielkość zdolności produkcyjnej uzależniona jest między innymi od efektywności produkcyjnej poszczególnych urządzeń, dostępności wymaganego wyposażenia niezbędnego do realizacji produkcji, posiadanych środków finansowych, siły roboczej, a także odpowiedniej ilości zapasów. Dokładne zdefiniowanie poziomu generowanej zdolności produkcyjnej w zakładzie i teoretycznie stałych warunkach produkcji jest czynnością prostą, lecz bardzo rzadko spotykaną. Duża liczba nieprzewidzianych zdarzeń losowych determinujących liczne zmiany w planowanych założeniach procesowych, już w trakcie trwania procesu produkcyjnego znacznie utrudnia dokładne określenia rzeczywistej zdolności produkcyjnej całego analizowanego systemu produkcyjnego. Istnieje duża liczba zakłóceń, których niespotykane wystąpienie uniemożliwia realizację teoretycznie zakładanej wielkości produkcji. Do podstawowych zakłóceń destabilizujących proces zaliczyć można przede wszystkim: awarie urządzeń produkcyjnych i związane z tym naprawy, absencje pracowników produkcyjnych wywołane zwolnieniami lekarskimi, wydłużenie czasu trwania poszczególnych operacji wchodzących w skład procesu produkcyjnego poprzez brak utrzymania rygoru czasowego podczas realizacji operacji kluczowych, opóźnienia w dostawie surowców.

Problemy związane z występowaniem zaburzeń rytmu produkcyjnego oraz teoretycznych możliwości ich nawarstwiania generują niedoszacowanie zdolności produkcyjnych. W przypadku wystąpienia problemów, szybka reakcja na podjęcie decyzji o ewentualnych zmianach uniemożliwia oszacowanie skorygowanego czasu trwania procesu produkcyjnego, będącego fundamentem decydującym o możliwości przyjęcia zamówienia opiewającego na konkretną liczbę sztuk, mieszczącą lub niemieszczącą się w określonych ramach zdolności produkcyjnych producenta.

Jednym z podstawowych narzędzi pozwalających na dokonanie analizy zdolności produkcyjnej zakładu oraz dokładne zobrazowanie wszystkich parametrów dotyczących procesu produkcyjnego w warunkach dynamicznej zmiany czynników procesowych (danych wejściowych oraz możliwości produkcyjnych) jest symulacja numeryczna.

Problem badawczy i metodyka postępowania

W niniejszej pracy analizie poddany został jeden z procesów produkcyjnych elementu obrotowego, produkowanego w zakładzie posiadającym rozbudowany park maszynowy, składający się z szeregu obrabiarek konwencjonalnych oraz narzędzi pozwalających na realizację skomplikowanych części metalowych. Proces produkcyjny elementu opisany został szczegółowo w dokumentacji technologicznej, w której znajdowały się informacje między innymi o czasie realizacji poszczególnych operacji technologicznych, materiale, z jakiego dany element musi być wykonany oraz proponowanych stanowiskach produkcyjnych i przyrządach pomocniczych, jakie wykorzystane powinny być do jego produkcji. Analizowany proces produkcyjny składa się z sześciu operacji, do których zaliczono odpowiednio: cięcie materiału, toczenie zgrubne, toczenie kształtujące, frezowanie rowka wpustowego, szlifowanie oraz kontrolę jakości. Wielkość zamówienia elementu wynosiła początkowo 1550 sztuk na miesiąc. Podczas przeprowadzania symulacji komputerowej, analizie nie poddany został wpływ transportu międzyoperacyjnego na poziom uzyskanych wyników. Dane wejściowe obejmowały informacje o liczbie stanowisk realizujących proces produkcyjny oraz długości czasu trwania poszczególnych operacji technologicznych.

W tabeli 1 przedstawione zostały czasy jednostkowe (t_j) i przygotowawczo-zakończeniowe (t_{pz}) znajdujące się w dokumentacji technologicznej, określone przez technologa metodami analityczno-obliczeniowymi.

Tabela 1. Czasy realizacji operacji produkowanej części

Numer operacji	Nazwa operacji	tpz [h]	tj [h]	Nazwa stanowiska
10	Cięcie materiału	0,35	0,03	Piła
20	Toczenie zgrubne	0,80	0,04	Tokarka
30	Toczenie kształtujące	0,40	0,06	Tokarka
40	Frezowanie rowka wpustowego	0,28	0,03	Frezarka
50	Szlifowanie	0,43	0,06	Szlifierka do wałków
60	Kontrola jakości	0,1	0,01	Stanowisko KT

Źródło: opracowanie własne.

Liczba stanowisk niezbędna do wykonania zakładanego planu produkcyjnego, jakim było wyprodukowanie 1550 sztuk wyrobu gotowego, wymagało zaangażowania 19 stanowisk produkcyjnych oraz 20 pracowników.

W wyniku wystąpienia nagłego wzrostu zapotrzebowania i zwiększenia ilości zamówienia na produkowany element, podjęto decyzję o podniesieniu poziomu produkcji do poziomu 2200 sztuk miesięcznie, tabela 2.

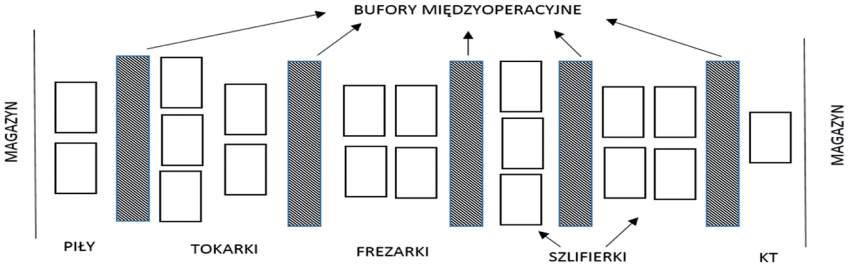
Tabela 2. Dane i założenia dotyczące realizowanego planu produkcji

Miesięczny plan produkcji (30 dni)	2200 sztuk
Procentowy udział braków produkcyjnych	1%
Liczba zmian pracy	Jedna zmiana

Źródło: opracowanie własne.

W celu określenia zdolności produkcyjnych analizowanej linii, przeprowadzona została symulacja komputerowa procesu produkcyjnego. W pierwszej kolejności zbudowany został model połączeń pomiędzy poszczególnymi obiektami wchodzącymi w skład procesu produkcyjnego. Na całokształt składały się: stanowiska produkcyjne, bufory bezpieczeństwa, magazyn wejściowy oraz wyjściowy, a także inne obiekty biorące czynny i bierny udział w procesie produkcji, rysunek 1.

Rysunek 1. Schemat rozkładu stanowisk produkcyjnych

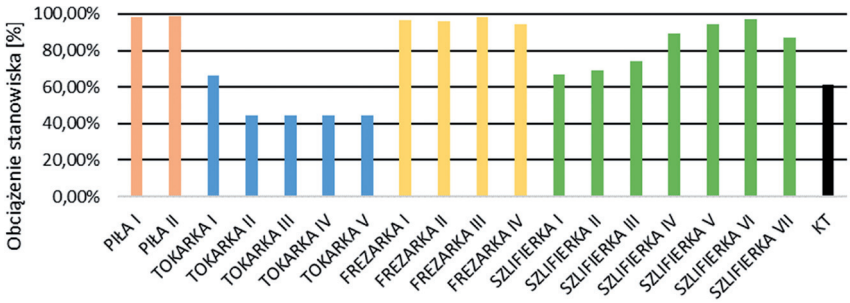


Źródło: opracowanie własne.

Po ustawieniu wszystkich elementów na planszy roboczej programu symulacyjnego, zdefiniowane zostały połączenia pomiędzy obiektami, charakteryzujące kierunek realizowanego przepływu półfabrykatów oraz marszrutę prowadzonych prac produkcyjnych. Do każdego stanowiska przypisany został czas trwania operacji produkcyjnej, zgodnie z danymi zawartymi w tabeli 1.

W celu określenia procentowego udziału czasu pracy wybranych stanowisk produkcyjnych, wygenerowany został wykres słupkowy pozwalający na ocenę stopnia wykorzystania stanowisk i możliwość realizacji zakładanej wielkości partii. W rezultacie przeprowadzonej symulacji otrzymane zostały wyniki wskazujące na brak możliwości wykonania 2200 sztuk elementów w zakładanym czasie przy posiadanych zasobach materialnych oraz ludzkich (rysunek 2).

Rysunek 2. Obciążenie stanowisk produkcyjnych przy realizacji 2200 sztuk elementów



Źródło: opracowanie własne.

W celu dokładnego oszacowania niezbędnej ilości stanowisk produkcyjnych oraz liczby operatorów, umożliwiających realizację zakładanego (zwiększonego) planu produkcji, dokonano następujących obliczeń: stanowisko-chłonności dla n-detali (S_n), stanowisko-chłonności jednostkowej (S_j), oraz stanowisko-chłonności operacyjnej (S_o) dla poszczególnych stanowisk.

Założenia

Skorygowany plan produkcji o zakładany poziom braków = 2222 sztuk;
t_{pz} = czas przygotowawczo-zakończeniowy (tab. 2);
t_j = czas jednostkowy (tab. 2);
n = 4 (wielkość partii produkcyjnej);
F_n = 176 [maszynogodzin] (dysponowany fundusz pracy stanowiska).

$$F_n = (K - N - S - Sw) * 8 * z \quad (1)$$

Gdzie: K – liczba dni, N – liczba niedziel, S – liczba wolnych sobót, Sw – liczba dni świątecznych, z – liczba zmian

F_p = 160 [roboczogodzin] (dysponowany fundusz pracy pracownika)

$$F_p - K - N - S - Sw - U - Ch \quad (2)$$

Gdzie: K – liczba dni, N – liczba niedziel, S – liczba wolnych sobót, Sw – liczba dni świątecznych, U – liczba dni urlopu pracownika (założenie 8h), Ch – liczba dni chorobowych (założenie 8h)

- Stanowisko-chłonność dla n-detali

$$S_n - t_{pz} + n * t_j \quad (3)$$

- Stanowisko-chłonność jednostkowa

$$S_j - \frac{l_{pz}}{n} + l_j \quad (4)$$

- Stanowisko-chłonność wyrobu

$$S_p = (t_{pz} + t_j * n) \quad (5)$$

- Stanowisko-chłonność operacyjna

$$S_o - S_p * A \quad (6)$$

- Liczba stanowisk

$$L_s - \frac{S_o}{F_s} \quad (7)$$

- Wymagana liczba pracowników

$$L_p - \frac{S_o}{F_n} \quad (8)$$

Wyniki

W rezultacie przeprowadzonych obliczeń dotyczących niezbędnej liczby stanowisk produkcyjnych oraz pracowników umożliwiających realizację nowego planu produkcyjnego, otrzymane zostały wyniki determinujące konieczność zwiększenia posiadanych zasobów, łącznie o 2 stanowiska produkcyjne i 2 pracowników, tabela 3.

Tabela 3. Wyniki określające liczbę stanowisk oraz pracowników

Numer operacji	S_n	S_j	S_p	S_o	L_s	Liczba stanowisk	L_p	Liczba pracowników
10	0,41	0,01	3,48	348	2,0	2	2,2	3
20	0,74	0,25	8,88	888	5,0	5	5,6	6
30	0,58	0,20	6,96	696	4,0	4	4,4	5
40	0,37	0,12	4,44	444	2,5	3	2,8	3
50	0,60	0,20	7,20	720	4,1	5	4.5	5
60	0,13	0,04	1,56	156	0,9	1	0,9	1
SUMA:						**21**		**23**

Źródło: opracowanie własne.

Zastosowanie zmian obliczonych metodami analitycznymi, pozwoli na realizację nowego, zakładanego planu produkcji i skuteczne odciążenie stanowisk produkcyjnych. Obniżenie procentowego udziału obciążenia poszczególnych stanowisk umożliwi lepsze doszacowanie czasu realizacji poszczególnych operacji produkcyjnych, a w przypadku wystąpienia niewielkich zakłóceń wywołanych wystąpieniem czynników losowych stworzy bufor czasowy na ich usunięcie.

Podsumowanie

Duża liczba dynamicznych zmian w procesie produkcyjnym skutecznie utrudnia planowanie zdolności produkcyjnych tego procesu. Jednym z podstawowych narzędzi umożliwiających ich ciągłe śledzenie na poszczególnych etapach procesu wytwarzania

w funkcji czasu jest symulacja komputerowa. Pozwala ona na planowanie procesu produkcyjnego poprzez wprowadzenie hipotetycznych danych i uzyskanie potencjalnego wyniku zakładanego. W rozdziale, dzięki zastosowaniu obliczeń analitycznych oraz weryfikacji systemu produkcyjnego za pomocą analizy numerycznej, otrzymane zostały wyniki pozwalające na identyfikację obszarów, w których występuje konieczność zwiększenia odpowiednich zasobów maszynowych oraz ludzkich. Połączenie metod analitycznych oraz numerycznej weryfikacji procesu umożliwia poszerzenie bazy danych oraz parametrów dotyczących analizowanego procesu produkcyjnego.

Bibliografia

Gawlik J., Plichta J., Świć S. (2013), *Procesy produkcyjne*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.

Sobaszek Ł., Gola A., Świć S. (2017), *Kierunki rozwoju robotyki w aspekcie projektowania współczesnych systemów produkcyjnych*, Monografia, Innowacje w Przedsiębiorstwie, R. Knosala (red.), Opole, ss. 192–202.

Stadnicka D., Zielecki W., Sęp J. (2017), *Koncepcja przemysł 4.0 – ocena możliwości wdrożenia na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa*, Monografia, Innowacje w Przedsiębiorstwie, R. Knosala (red.), Opole, ss. 142–152.

Zdanowicz R. (2007), *Modelowanie i symulacja procesów wytwarzania*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.

Zdanowicz R., Świder J. (2005), *Modelowanie i symulacja systemów produkcyjnych w programie Enterprise Dynamic*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.

Monika Odlanicka-Poczobutt
Politechnika Śląska, Wydział Organizacji i Zarządzania, Instytut Zarządzania, Administracji i Logistyki
modlanicka@polsl.pl

Organizacja sieci dostaw umundurowania w wojskowej jednostce specjalnej

Organization of a Supply Network of Uniforms in a Military Special Force

Abstract: The purpose of the chapter was to analyze the management of the supply network of uniforms in the Special Forces of the Polish Army during peace and war. The analysis of the operation of the supply network in time of peace was narrowed down to one of the types of materials supplied, namely uniforms and equipping of soldiers. The area of interest also included the indication of differences in the organization of the network between different types of units and the identification of the causes of the occurrence of disturbances.
Key words: supply network, special forces, uniforms and equipping of soldiers, efficiency and effectiveness

Wprowadzenie

Logistyka jako dziedzina naukowa rozwinęła się na bazie doświadczeń wojska, gdzie stanowiła działania w zakresie zaopatrzenia żołnierzy, dowozu środków bojowych, żywnościowych itp., komunikacji, administracji, konserwacji, remontów, ewakuacji rannych i chorych, wykorzystania zasobów miejscowych, realizacji przedsięwzięć budowlanych oraz inwestycji wojskowych [Encyklopedia powszechna 1974, s. 748].

Podstawą sprawnego funkcjonowania organizacji są dobrze zorganizowane sieci dostaw, które powstały w wyniku intensywnego rozwoju łańcuchów dostaw. Jednak tylko efektywnie i skutecznie działający łańcuch dostaw może być fundamentem, a zarazem pierwszym etapem stworzenia sieci [Sroka 2015, s. 45]. Sieć dostaw (ang. *supply network*) to połączone łańcuchy dostaw, w których dokonywana jest kompleksowa optymalizacja

przepływu materiałowego [http://www.logistykawpolsce.pl 2017]. Sieci stanowią fizyczne połączenie łańcuchów, ale także relacji, zależności zachodzących pomiędzy nimi [Witkowski 2003, s. 19]. Wzajemnie współzależne ogniwa łańcuchów dostaw współdzielą informację i podejmują wspólne decyzje w celu lepszej koordynacji i synchronizacji przepływu materiałowego [Świerczek 2007, s. 76]. W wyniku rozwoju gospodarki i logistyki, postępu technicznego, a także skuteczniejszych metod zarządzania w organizacjach, łańcuchy dostaw przekształcają się w sieci dostaw. Nazwa sieć dostaw często jest zamiennie używana z określeniem zintegrowany łańcuch dostaw [Odlanicka-Poczobutt, Szmal 2008, s. 171]. Sieć dostaw jest strukturą rozwijającą się i odpowiadającą zaspokojeniu potrzeb i wymagań stawianych przez coraz bardziej wymagających odbiorców przy wzrastającej konkurencyjności usług [Kramarz 2015, s. 83]. Ze względu na dynamiczny charakter oraz specyfikę funkcjonowania w odniesieniu do rodzaju organizacji – sieci dostaw są wciąż interesującym obiektem badań.

Efektywne zarządzanie siecią dostaw powinno opierać się na określonych zasadach funkcjonowania, umożliwiających dokonywanie usprawnień, z których skorzysta cała sieć [Odlanicka- Poczobutt, Knop 2016, s. 369]. Istotne znaczenie ma rozgraniczenie, czy działania powinny być efektywne, czy sprawne. Według P. Druckera [1995, s. 115] różnicę między sprawnością a efektywnością można wskazać przez proste stwierdzenie: efektywność to „robienie właściwych rzeczy", a sprawność to „robienie rzeczy właściwie"[1], chociaż w ogólnym założeniu organizacja powinna być zarówno efektywna i sprawna [Heikkila 2002, ss. 747–767]. W świetle badań literaturowych można zauważyć, że sprawność jest związana ze zdolnością do projektowania unikalnego modelu realizacji procesów. Stanowisko to jest zbieżne z podejściem prakseologicznym [Kotarbiński 2003, ss. 83–85] i istotą podejścia procesowego w logistyce [m.in. Christopher 1998; Blaik 1996; Skowronek, Sarjusz-Wolski 2003].

Celem rozdziału jest analiza zarządzania siecią dostaw umundurowania w Jednostce Specjalnej Wojska Polskiego w czasie pokoju. Analizę funkcjonowania sieci dostaw w czasie pokoju zawężono do jednego z rodzajów dostarczanych materiałów, jakim jest umundurowanie i wyekwipowanie żołnierzy. W obszarze zainteresowania znalazło się również wskazanie różnic w organizacji sieci pomiędzy jednostkami różnego rodzaju oraz identyfikacja przyczyn występowania zakłóceń.

Organizacja sieci dostaw dla wojskowej jednostki specjalnej – podstawy prawne

Sprawna i dobrze zaplanowana sieć dostaw w jednostkach wojskowych jest elementem gwarantującym właściwe zabezpieczenie materiałowe żołnierzy, umożliwiające działania zarówno podczas pokoju, jak i wojny. Właściwa organizacja sieci dostaw, czyli dostarczanie materiałów w odpowiedniej ilości i czasie [m.in. Krawczyk 2001] ma istotny wpływ na jakość działań wojskowych. Wszelkie uchybienia i opóźnienia uniemożliwiają

[1] *Simply stated, effectiveness is „doing the right things" and efficiency is „doing things right".*

wykonywanie działań wojskowych mających na celu doskonalenie umiejętności żołnierzy (podczas pokoju) oraz negatywnie wpływają na działania operacyjne podczas wojny, powodując zagrożenie bezpieczeństwa żołnierzy i ludności cywilnej.

Podstawowymi dokumentami, regulującymi zarządzanie siecią dostaw w jednostkach wojskowych w Polsce, są: *Doktryna logistyczna Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej DD/4* [2004, s. 4] oraz dokument doktrynalny *Zabezpieczenie materiałowe Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej. Zasady funkcjonowania DD/ /4.21.* [2012, s. 6]. Pierwszy dokument stanowi podstawę planowania, organizowania i realizowania zabezpieczenia logistycznego wojsk w układzie narodowym, a także wsparcia logistycznego poza granicami kraju. Drugi dokument reguluje zasady organizacji zabezpieczenia materiałowego Sił Zbrojnych RP w czasie pokoju, kryzysu oraz wojny. Dokumentami wspomagającymi zarządzanie siecią dostaw w zakresie szczegółowych zasad dotyczących gospodarki materiałowej w Wojsku Polskim są również: *Przepisy o działalności służby żywnościowej DD/4.21.1*, *Instrukcja o gospodarce mundurowej wojska DD/ 4.21.2*, *Instrukcja o gospodarce materiałowej służby Materiałów Pędnych i Smarów DD/4.21.3* oraz *Instrukcja o gospodarce środkami bojowymi w Siłach Zbrojnych RP DD/4.21.4*. [2012, s. 6]. Zabezpieczenie realizowane jest w oparciu o integralne siły i środki zabezpieczenia logistycznego Rodzajów Sił Zbrojnych (równorzędnych), przy wsparciu potencjału Inspektoratu Wsparcia Sił Zbrojnych (IWsp SZ), Inspektoratu Uzbrojenia (IU), Inspektoratu Wojskowej Służby Zdrowia (IWSZ) oraz Gospodarki Narodowej (GN). Zabezpieczenie materiałowe wojsk lądowych, wojsk specjalnych, sił powietrznych oraz marynarki wojennej (inne komponenty) powinno gwarantować wymaganą samowystarczalność [2012, s. 13].

Organizacja sieci dostaw umundurowania i wyekwipowania żołnierzy

W siłach zbrojnych logistyka definiowana jest jako jednolity proces, w skład którego wchodzą:

- przedmiot zaopatrywania – urządzenia, sprzęt, materiały,
- czynności – określenie zapotrzebowania, dostawa, podział,
- funkcje – planowanie, organizowanie, wykonawstwo, kontrola [Leksykon wiedzy wojskowej 1979, s. 187].

Podstawowym zadaniem systemu logistycznego jest zabezpieczenie potrzeb Sił Zbrojnych RP w zakresie materiałowym, technicznym, transportu i ruchu wojsk, infrastruktury wojskowej oraz medycznym w czasie pokoju, kryzysu i wojny.

Organizację sieci dostaw umundurowania i wyekwipowania żołnierzy w czasie pokoju, podczas misji poza granicami państwa oraz w czasie wojny reguluje „Instrukcja o gospodarce mundurowej wojska" DD/4.21.2.

Organami służby mundurowej odpowiedzialnymi za organizację sieci dostaw umundurowania i wyekwipowania żołnierzy są:

• centralny – ***Inspektorat Wsparcia Sił Zbrojnych (IWsp)*** – odpowiada za realizację zadań gestora i Centralnego Organu Logistycznego (COL), organizację oraz określanie kierunków rozwoju służby mundurowej, ustalanie systemu zaopatrywania i usług, opracowywanie aktów prawnych normujących funkcjonowanie służby mundurowej oraz normy należności umundurowania i wyekwipowania, ustalanie potrzeb rzeczowych i finansowych;
• regionalny – ***Regionalne Bazy logistyczne (RBLog)*** – odpowiadają za kierowanie służbą mundurową w podległych składach i wojskowych oddziałach gospodarczych (WOG), prowadzenie ewidencji i sprawozdawczości, ustalanie potrzeb przedmiotów umundurowania, wyekwipowania i sprzętu służby mundurowej oraz zaopatrywanie WOG w rejonie odpowiedzialności, ilościowo-jakościowy odbiór przedmiotów w ramach realizowanych zakupów i ich przechowywanie w składach RBLog, przechowywania i odświeżania zapasów, a także organizację i doskonalenie bazy usługowej służby mundurowej;
• ***wojskowy oddział gospodarczy (WOG)*** – odpowiada za zarządzanie i racjonalne gospodarowanie przydzielonymi środkami materiałowymi i finansowymi, pełne i terminowe zaopatrywanie użytkowników w przedmioty umundurowania i wyekwipowania, przechowywanie i odświeżanie zapasów, sprawne funkcjonowanie bazy usługowej służby oraz prowadzenie ewidencji materiałowej i sprawozdawczości [*Instrukcja o gospodarce...* 2012, s. 8].

Organem, który w czasie pokoju zaopatrywany jest w przedmioty umundurowania i wyekwipowania dla żołnierzy, a także zajmuje się wyposażeniem żołnierzy skierowanych do służby w składzie Polskich Kontyngentów Wojskowych, jest Wojskowy Oddział Gospodarczy (WOG). WOG otrzymuje przedmioty umundurowania i wyekwipowania na podstawie zestawienia, analizy potrzeb rzeczowych, które opracowuje oraz planów zaopatrywania WOG, opracowanych przez RBLog i zatwierdzonych przez nadrzędne organa zaopatrujące. Zasady opracowania zestawień potrzeb rzeczowych oraz planów zaopatrywania określone są w odrębnych przepisach. Przedmioty umundurowania są przydzielane dla WOG przez nadrzędny organ zaopatrzenia dwa razy w roku:
• przedmioty użytkowane w okresie letnim – do 30 kwietnia,
• przedmioty użytkowane w okresie zimowym – do 30 września [*Instrukcja o gospodarce...* 2012, s. 13].

Poza wyżej określonymi terminami, jednostki wojskowe na bieżąco są zaopatrywane w przedmioty umundurowania i wyekwipowania żołnierzy oraz pracowników wojska, stosownie do realizacji przedsięwzięć i zadań, np.: powołanie żołnierzy do zawodowej służby wojskowej lub zatrudnienie nowych pracowników wojska. Do prowadzenia ewidencji przedmiotów umundurowania oraz wyekwipowania wykorzystywane są systemy informatyczne obowiązujące na każdym szczeblu organizacyjnym służby mundurowej.

W przypadku zniszczenia, zgubienia lub stwierdzenia niedoboru przedmiotów umundurowania i wyekwipowania, na podstawie meldunku osoby, która stwierdza ten fakt, przeprowadzane jest postępowanie zgodnie z zasadami określonymi w odrębnych przepisach o odpowiedzialności majątkowej żołnierzy oraz pracowników wojska. Powoływana jest specjalna komisja mająca na celu ustalić przyczyny

zaistniałej sytuacji. W czasie pokoju, w celu zabezpieczenia potrzeb mobilizacyjnych oraz wojennych, utrzymywane są zapasy wojenne umundurowania i wyekwipowania [*Instrukcja o gospodarce...* 2012, ss. 13–22].

Żołnierze kierowani do realizacji zadań poza granicami państwa, oprócz posiadanego umundurowania i wyekwipowania, otrzymują dodatkowe przedmioty, zgodnie z normami określonymi w przepisach w sprawie umundurowania oraz wyekwipowania żołnierzy zawodowych, kandydatów na żołnierzy zawodowych i żołnierzy czynnej służby wojskowej. Doposażanie tych żołnierzy w przedmioty przysługujące w rejonie misji realizuje się w kraju przez wyznaczone Wojskowe Oddziały Gospodarcze i w rejonie Polskich Kontyngentów Wojskowych (PKW). Szczegółowy wykaz przedmiotów mundurowych wydawanych żołnierzom w kraju i w PKW oraz wysokość zapasów i normatywów umundurowania i wyekwipowania dla PKW ustala Centralny Organ Logistyczny (COL). COL ustala również zasady, zgodnie z którymi żołnierz rozlicza się z otrzymanego umundurowania i wyekwipowania po zakończeniu misji.

Jednostka, w której żołnierz jest zaopatrywany w mundur, kierująca go do służby poza granicami państwa, wystawia przekaz mundurowy o stanie indywidualnego wyposażenia i przekazuje do WOG realizującego wyposażenie żołnierzy skierowanych do pełnienia służby w składzie PKW.

W czasie wojny służba mundurowa organizuje zaopatrzenie w umundurowanie i wyekwipowanie oraz obsługę całości sił zbrojnych. Główne zadania służby mundurowej podczas wojny to:

- ustalanie potrzeb wojska w zakresie umundurowania i wyekwipowania oraz obsługi obejmujące pranie i czyszczenie przedmiotów, kąpiel żołnierzy oraz usługi fryzjerskie;
- planowanie potrzeb i środków finansowych na ich pokrycie;
- uzyskiwanie z gospodarki narodowej środków materiałowych na pokrycie potrzeb w zakresie zaopatrywania mundurowego i obsługi oraz ich odbiór;
- gromadzenie, przechowywanie, konserwacja i rozdział przedmiotów umundurowania i wyekwipowania;
- okresowe zaopatrywanie wojsk w umundurowanie i wyekwipowanie oraz doraźne uzupełnianie braków w zaopatrzeniu;
- organizowanie obsługi wojsk własnych i sojuszniczych w ramach HNS;
- rozwijanie polowych jednostek usługowych (łaźnie i pralnie);
- prowadzenie ewidencji i sprawozdawczości [*Instrukcja o gospodarce...* 2012, s. 38].

Podstawę określenia należności umundurowania i wyekwipowania stanowią zestawy należności zawierające szczegółowe warunki i normy umundurowania i wyekwipowania oraz etaty, tabele należności do etatów, rozkazy, zarządzenia i decyzje, a także wytyczne specjalistyczne. Na wydawane żołnierzom podczas wojny przedmioty umundurowania i wyekwipowania nie ustala się okresów używalności, a nowe przedmioty przydzielane są w miarę zużycia czy też zniszczenia przedmiotów użytkowanych.

Metody badawcze wykorzystane w pracy

W celu przedstawienia specyfiki zarządzania siecią dostaw w jednostce specjalnej wykorzystano metodę monograficzną, metodę badania dokumentów, metodę obserwacji uczestniczącej oraz diagram Ishikawy.

Metoda monograficzna polegała na szczegółowym badaniu indywidualnego przypadku jednostki specjalnej zlokalizowanej na Śląsku, gdzie uwzględniono głównie informacje w formie jakościowo-opisowej. Metoda została wykorzystywana do gruntownego rozpoznania struktur badanej organizacji, określenia zasad oraz sprawności działań w tych strukturach oraz opracowania koncepcji ulepszeń i prognoz rozwojowych. Zastosowanie różnych technik umożliwiło sprawdzenie oraz uzupełnienie zdobytej wiedzy poprzez analizę dokumentów organizacji, obserwację uczestniczącą oraz wywiad niestandaryzowany.

Metoda badania dokumentów polegała na gromadzeniu, selekcji, opisie oraz naukowej interpretacji faktów zawartych w dokumentach, które dotyczyły zakresu zadań, organizacji, struktury i pozwalały stworzyć rzeczywisty obraz konkretnych faktów i dokonań organizacji. Uzupełniono ją metodą obserwacyjną, polegającą na świadomym, planowym i celowym przeprowadzeniu spostrzegania, podczas którego obserwowane informacje były gromadzone i interpretowane jako fakty, zdarzenia czy zjawiska oddziałujące na elementy danego systemu lub struktury organizacyjne. Obserwacja została starannie przygotowana i przeprowadzona.

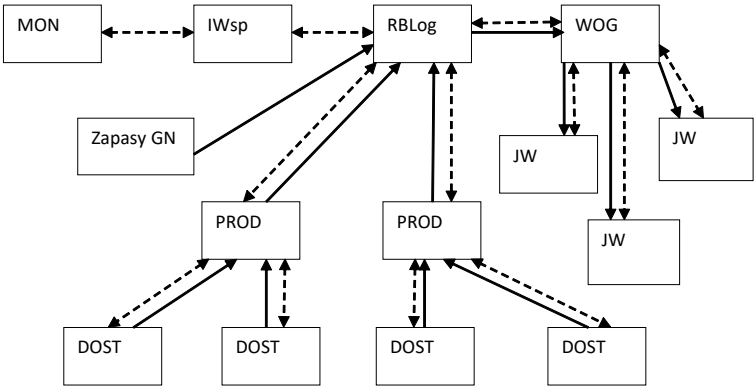
W celu znalezienia przyczyn oraz rozwiązań zidentyfikowanego problemu skorzystano z metody Diagramu Ishikawy, który służy do wyodrębnienia możliwych przyczyn danego problemu oraz wyodrębnienia najważniejszych obszarów, które należy udoskonalić [Wolniak, Skotnicka 2007; Mazur, Gołaś 2010, s. 93]. W diagramie umieszczono kategorie przyczyn: człowiek (*man*), maszyna (*machine*), materiał (*material*), metoda (*metod*), kierownictwo (*management*), otoczenie (*environment*) [https://www.jakosc.biz/diagram-ishikawy/, 10.2017].

Różnice w zarządzaniu siecią dostaw na podstawie umundurowania żołnierzy

Dostarczanie środków zaopatrzenia realizowane jest poprzez dowóz środków zaopatrzenia transportem szczebla nadrzędnego lub ich odbiór przez użytkownika ze wskazanych źródeł. W czasie pokoju i kryzysu dostarczanie środków zaopatrzenia realizowane jest w łańcuchu dostaw podsystemu materiałowego. Dostarczanie środków zaopatrzenia realizuje się zgodnie z planem zaopatrywania albo doraźnie, w zależności od zgłaszanych potrzeb. Natomiast w czasie wojny dostarczanie środków zaopatrzenia realizowane jest z zapasów zgromadzonych na szczeblu taktycznym, następnie ze stacjonarnych składów Regionalnych Baz Logistycznych (zapasy operacyjne i zapasy strategiczne), a także z Gospodarki Narodowej (PMG i RS) [*Instrukcja o gospodarce...* 2012, s. 37].

Wojska Lądowe zaopatrywane są przez Wojskowy Oddział Gospodarczy (WOG) na podstawie wykonanych analiz potrzeb przez WOG oraz Regionalne Brygady Logistyczne (RBLog). Inspektorat Wsparcia Sił Zbrojnych (IWsp) ustala normy potrzeb materiałowych oraz finansowych. Umundurowanie w Jednostkach Wojsk Lądowych jest określone w Rozporządzeniu Ministra Obrony Narodowej, zatem żołnierze nie mają możliwości wyboru indywidualnego rodzaju umundurowania oraz wyekwipowania. Sieć dostaw obejmuje wykonywanie decyzji i rozporządzeń Ministra przez poszczególne, podległe organy decyzyjne (rys. 1).

Rysunek 1. Sieć dostaw w Wojskach Lądowych dla umundurowania żołnierzy w czasie pokoju

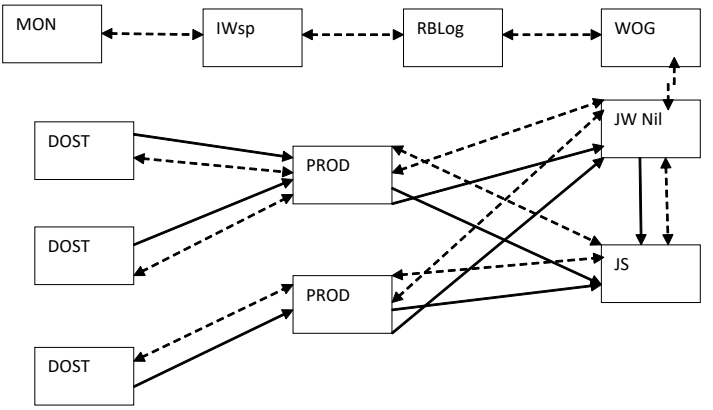


Legenda:
MON – Ministerstwo Obrony Narodowej, IWsp – Inspektorat Wsparcia Sił Zbrojnych, WOG – Wojskowy Oddział Gospodarczy, JW – Jednostka Wojskowa, PROD – Producenci, DOST – dostawcy, GN – zapasy Gospodarki Narodowej, strzałka ciągła – przepływ towarów, strzałka przerywana – przepływ informacji.
Źródło: [Włostowski 2017].

W Jednostce Specjalnej, każdego roku (kiedy kończy się jedna partia umundurowania) odbywa się przetarg, podczas którego wybierane jest umundurowanie i wyekwipowanie żołnierzy (wzory mundurów, rodzaje odzieży, obuwia, sprzętu). Dowódca Jednostki Specjalnej może dokonać zakupu dodatkowego wyekwipowania lub umundurowania niezbędnego żołnierzom, na podstawie indywidualnych zamówień, jeżeli uzna że jest potrzebne na zajmowanym stanowisku i przyczyni się do poprawy warunków pracy. Ponadto żołnierze Jednostki Specjalnej mają prawo wyboru umundurowania oraz wyekwipowania cenionych światowych firm, których elementy umundurowania cechują się lepszymi właściwościami i większą trwałością. W Jednostkach Specjalnych nie ma obowiązku posiadania jednakowego umundurowania oraz wyekwipowania, dlatego żołnierze mogą wybrać produkty innej firmy niż żołnierze z Jednostki Specjalnej Grom czy Formoza. Jednostka Specjalna otrzymuje większe środki finansowe na zakup umundurowania oraz wyekwipowania żołnierzy niż Jednostki Wojsk Lądowych. Specjalna jednostka wojskowa otrzymuje zamówienie i żołnierze pobierają

sorty mundurowe. Sieć dostaw w badanej Jednostce Specjalnej dla umundurowania żołnierzy w czasie pokoju obrazuje rysunek 2.

Rysunek 2. Sieć dostaw w jednostce specjalnej dla umundurowania żołnierzy w czasie pokoju



Legenda:
JS – Jednostka Specjalna, JW Nil – Jednostka Wojskowa Nil, WOG – Wojskowy Oddział Gospodarczy, IWsp – Inspektorat Wsparcia Sił Zbrojnych, RBlog – Regionalna Baza logistyczna, PROD – producenci mundurów, obuwia, bielizny, odzieży ochronnej itd., DOST – dostawcy.------- - przepływ informacji ————- przepływ materiału
Źródło: [Włostowski 2017].

Żołnierz w Jednostce Specjalnej może złożyć osobiście pisemne zapotrzebowanie na konkretny rodzaj umundurowania lub wyposażenia niezbędnego do służby na stanowisku. Jeśli zapotrzebowanie jest zatwierdzone przez dowódcę jednostki, wówczas odbywa się zakup (bezpośrednio od producenta ze środków jednostki). Na przykład snajper ma prawo wybrać sobie konkretne *ghillie suit* (ubiór maskujący przeznaczony dla snajperów) lub samodzielnie uszyć taki ubiór, który odpowiada jego wymaganiom, a jednostka wojskowa zwraca mu koszty. Ponadto w Jednostce Specjalnej występuje większa częstotliwość zużycia umundurowania, związana ze specyfiką wykonywanych działań przez żołnierzy: co roku żołnierze otrzymują obuwie oraz po dwa mundury letnie i zimowe. W Wojskach Lądowych RP żołnierz otrzymuje jeden mundur letni i jeden zimowy na rok, a obuwie raz na dwa lata. Tabela 1. przedstawia różnice w gospodarce mundurowej żołnierzy w Wojskach Lądowych oraz w Jednostce Specjalnej.

Tabela 1. Różnice w gospodarce mundurowej

	Wojska Lądowe	Jednostka Specjalna
rodzaj umundurowania	z góry zatwierdzony, jednakowy dla każdego żołnierza w każdej Jednostce Wojsk Lądowych	możliwość wyboru umundurowania cenionych firm (każdego roku można wybrać inną firmę); umundurowanie może być różne w różnych jednostkach specjalnych
jakość umundurowania	przeciętna	lepsza jakość i właściwości umundurowania
indywidualne zamówienia na potrzebny rodzaj umundurowania	brak możliwości, wszyscy żołnierze wyglądają „tak samo"	możliwość wyboru konkretnego rodzaju umundurowania odpowiadającego potrzebom zajmowanego stanowiska
środki finansowe	mniejsze	większe
częstotliwość wydawania sortów mundurowych	mniejsza, np.: raz do roku, po jednym mundurze letnim i zimowym; obuwie raz na 2 lata	większa, np.: raz do roku, po dwa mundury letnie i dwa zimowe; obuwie co rok

Źródło: [Włostowski 2017].

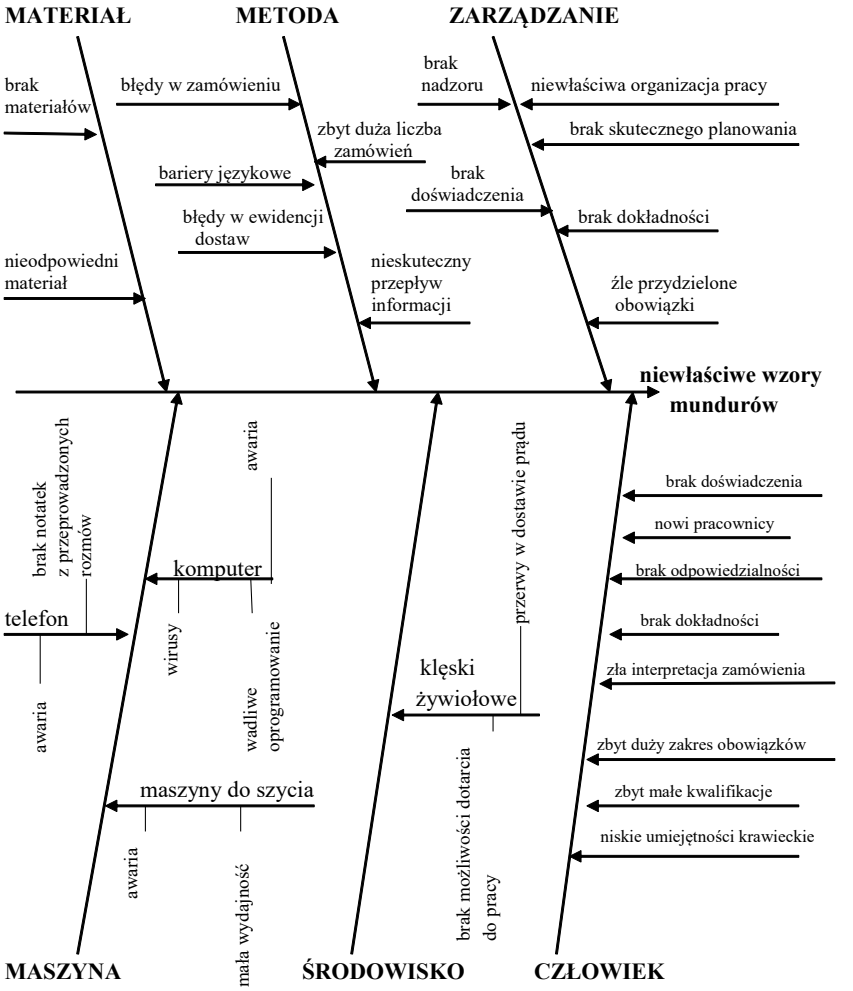
Analiza zakłóceń z zastosowaniem diagramu Ishikawy

W badanym przypadku analizowano zamówienie mundurów polowych od dostawcy szyjącego odzież w Chinach. Koszty zamówienia były dużo niższe niż u producentów, z którymi współpracowano dotychczas. Po otrzymaniu zamówienia okazało się, że mundury są niezgodne z zamówieniem – mają nieodpowiedni wzór i kolorystykę i nie mogą być wykorzystywane przez żołnierzy do ćwiczeń w terenie. Rysunek 3. przedstawia diagram Ishikawy, opracowany dla niewłaściwego zamówienia mundurów, które otrzymała Jednostka Wojskowa od nowego dostawcy.

Analizując diagram, można stwierdzić, że największy wpływ na końcowy skutek można zauważyć w grupie CZŁOWIEK (zarówno wśród pracowników Jednostki Wojskowej, jak i osób realizujących zamówienie) oraz w grupie ZARZĄDZANIE i METODA.

Prawdopodobną przyczyną jest pośpiech, brak dokładności, niedopatrzenie lub przeoczenie podczas wyboru i zamawiania wzorów mundurów online. Błędy w zamówieniu mogą być także przyczyną wadliwego oprogramowania, awarii lub zawirusowania komputera.

Rysunek 3. Diagram Ishikawy



Źródło: [Gołaś, Mazur 2010].

Istotną przyczyną może być także brak nadzoru czy niewłaściwa kontrola ze strony przełożonych lub organów nadrzędnych, które powinny na wcześniejszym etapie wyeliminować błędy i wprowadzić ewentualne poprawki, niezbędne do wykonania zamówienia. Przyczynami zaistniałego problemu są zatem nieodpowiednie metody zarządzania, niewłaściwa organizacja pracy lub źle przydzielone obowiązki (pracownik ma zbyt dużo obowiązków, żeby wszystkie wykonać, spieszy się, jest mało dokładny, jego praca jest mało efektywna). Błędy w zamówieniu mogą pojawić się wówczas, gdy pracownik nie posiada doświadczenia w zamawianiu mundurów, szczególnie w przypadku gdy jest nowym pracownikiem.

Przyczyny mające wpływ na zaistniały problem mogą leżeć także po stronie osób realizujących zamówienie – w Chinach. Bariery językowe oraz kulturowe utrudniają prawidłowy przepływ informacji, co może skutkować niezrozumieniem, złą interpretacją zamówienia, szczególnie jeżeli do wzorów są wprowadzane poprawki w zakresie kolorystyki przy różnych standardach krajowych. Osoby szyjące mundury mogą mieć zbyt małe doświadczenie i umiejętności lub zbyt dużą liczbę zamówień. Przyczynę stanowić może także nieodpowiedni materiał lub brak materiałów, z których powinny powstać mundury, i zastąpienie go innym rodzajem lub kolorem, bez porozumienia z zamawiającym.

Inną przyczyną mogą być przerwy w dostawach energii elektrycznej, mogące wywołać awarie maszyn lub też uniemożliwić pracownikom dotarcie do miejsca pracy. Zamówienia się kumulują, powstaje przestój w pracy, co skutkuje pospiechem i niedokładnością pracy, by nadrobić czas stracony na naprawę maszyn lub oczekiwanie na pracowników.

Otrzymanie przez jednostkę wojskową niewłaściwego umundurowania wydłuża czas oczekiwania żołnierzy na pobranie przysługującego umundurowania. Wiąże się także z dodatkową pracą z powodu reklamacji, tworzenia protokołów niezgodności, odesłania wadliwego towaru.

Ważny jest skuteczny nadzór nad zamówieniem ze strony właściwych organów, zarówno po stronie osób zamawiających, jak i realizujących; wówczas wysoce prawdopodobne jest, że na wczesnym etapie zostaną znalezione pomyłki, które będzie można zniwelować przed złożeniem zamówienia lub dostarczeniem gotowego umundurowania. Warto ponownie rozważyć współpracę ze sprawdzonymi firmami polskimi, przynajmniej europejskimi, pomimo wyższych kosztów, ze względu na brak barier kulturowych i prawnych oraz lepszą możliwość nadzoru.

Podsumowanie

W podsystemie materiałowym systemu logistycznego wojska funkcjonuje układ logistyki stacjonarnej oparty na Rejonowych Bazach Materiałowych, które w czasie pokoju realizują zadania zaopatrywania i świadczenia usług logistycznych wojskom oraz układ logistyki mobilnej, złożony z logistycznych jednostek zaopatrzeniowo- transportowych, który jest kluczowym elementem systemu zaopatrywania logistycznego wojsk w czasie kryzysu i wojny. Celem rozdziału była analiza zarządzania siecią dostaw umundurowania w Jednostce Specjalnej Wojska Polskiego w czasie pokoju. Analizę funkcjonowania sieci dostaw w czasie pokoju zawężono do jednego z rodzajów dostarczanych materiałów, jakim jest umundurowanie i wyekwipowanie żołnierzy; wskazano również różnice w organizacji sieci pomiędzy jednostkami różnego rodzaju oraz zidentyfikowano przyczyny występowania zakłóceń w tym obszarze z wykorzystaniem diagramu Ishikawy

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że sieć dostaw w Jednostce Specjalnej różni się od sieci dostaw w Jednostkach Lądowych Wojska Polskiego. W Wojskach Lądowych organem decydującym jest Wojskowy Oddział Gospodarczy (WOG)

oraz Regionalna Baza Logistyczna (RBLog), natomiast w Jednostce Specjalnej sama jednostka ma uprawnienia decyzyjne. Grafy przedstawiające sieci dostaw w Jednostce Specjalnej oraz w Jednostkach Wojsk Lądowych zobrazowały różnice w sieci dostaw umundurowania i wyekwipowania żołnierzy w czasie pokoju. Jednostka Specjalna może sama decydować o rodzaju umundurowania oraz dokonywać zakupu niezbędnego umundurowania lub wyposażenia żołnierzy, natomiast w Jednostkach Wojsk Lądowych rodzaj umundurowania i wyekwipowania jest jednakowy, z góry określony przez Ministra Obrony Narodowej. Jednostka Specjalna otrzymuje większe środki finansowe na zakup umundurowania oraz wyekwipowania żołnierzy niż Jednostki Wojsk Lądowych, ponadto żołnierze Jednostki Specjalnej otrzymują elementy umundurowania częściej i w większej liczbie.

Analiza diagramu Ishikawy wskazała, że główne przyczyny problemów w zakresie dostaw umundurowania leżą w grupie CZŁOWIEK (zarówno wśród pracowników Jednostki Wojskowej, jak i osób szyjących mundury) oraz w grupie ZARZĄDZANIE, a co się z tym łączy, także w grupie METODA.

Identyfikacja zakłóceń powodujących błędy w zamówieniu z wykorzystaniem diagramu Ishikawy wskazała, że skuteczna kontrola nad zamówieniem ze strony właściwych organów, zarówno po stronie osób zamawiających, jak i szyjących, umożliwiłaby na wczesnym etapie znalezienie niedopatrzeń, pomyłek, które będzie można zniwelować przed złożeniem zamówienia lub dostarczeniem uszytego umundurowania.

Bibliografia

Blaik P. (1996), *Logistyka. Koncepcja zintegrowanego zarządzania przedsiębiorstwem*, PWN, Warszawa.

Christopher M. (1998), *Logistyka i zarządzanie łańcuchem podaży*, Wydawnictwo Profesjonalnej Szkoły Biznesu, Kraków.

Doktryna logistyczna Sił Zbrojnych RP DD/4 (2004), MON, Warszawa, s. 4.

Drucker P.F. (1955), *Management science' and the manager*, „Management Science", vol. 1, no. 2, ss. 115–126.

Encyklopedia powszechna (1974), PWN, t. 2, Warszawa, s. 748.

Heikkila J. (2002), *From supply to demand chain management: efficiency and customer satisfaction*, „Journal of Operations Management", vol. 20, no. 6, ss. 747–767.

http://www.logistykawpolsce.pl/slownik/siec_dostaw,47.html#, dostęp: 06.2017.

Instrukcja o gospodarce mundurowej wojska DD/4.21.2 (2012), MON Bydgoszcz, s. 8.

Kotarbiński T. (2003), *Dzieła wszystkie. Prakseologia 2*, Wyd. Ossolineum, Warszawa, ss. 83–85.

Kramarz M. (2015), *Sieci logistyczne w naukach o zarządzaniu*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach", nr 251, s. 83.

Krawczyk S. (2001), *Zarządzanie procesami logistycznymi*, PWE, Warszawa.

Leksykon wiedzy wojskowej (1979), Warszawa: MON, s. 187.

Mazur A., Gołaś H. (2010), *Zasady, metody i techniki wykorzystywane w zarządzaniu jakością*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, s. 93.

Odlanicka-Poczobutt M, Knop L. (2016), *Rozwój i organizacja sieci w kontekście podejścia endogenicznego*, „Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej", z. 89, s. 369.

Odlanicka-Poczobutt M., Szmal A. (2008), *Zarządzanie sieciami dostaw jako zachowanie przedsiębiorcze*, Przedsiębiorczość Innowacyjność Foresight. Rzeszów, *Aspekty ekonomiczne, społeczne i ekologiczne*, t. I, (red.) L. Woźniak, s. 171.

Skowronek Cz., Sarjusz-Wolski Z. (2003), *Logistyka w przedsiębiorstwie*, PWE. Warszawa.

Sroka W. (2015), *Sieci logistyczne: wybrane aspekty tworzenia i funkcjonowania*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach", nr 217, s. 45.

Świerczek A. (2007), *Od łańcuchów dostaw do sieci dostaw*, „Logistyka", nr 1, s. 76.

Witkowski J. (2003), *Zarządzanie łańcuchem dostaw*, PWN, Warszawa.

Włostowski M. (2017), *Specyfika zarządzania siecią dostaw w Jednostce Specjalnej Wojska Polskiego*, Politechnika Śląska, praca magisterska, Zabrze.

Zabezpieczenie materiałowe Sił Zbrojnych RP. Zasady funkcjonowania. DD/4.21 (2012), Bydgoszcz, s. 6.

Wolniak R., Skotnicka B. (2007), *Metody i narzędzia zarządzania jakością*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.

https://www.jakosc.biz/diagram-ishikawy/, dostęp: 10.2017.

Małgorzata Olender
Politechnika Śląska
malgorzata.olender@polsl.pl

Damian Krenczyk
Politechnika Śląska
damian.krenczyk@polsl.pl

Dynamiczne sieci wytwórcze wsparciem koncepcji Przemysłu 4.0 – nowe wyzwania fabryki przyszłości

Dynamic Manufacturing Nets Support for Industry 4.0 Concept – New Challenges for Factories of the Future

Abstract: Producers constantly are looking for solutions that would support dynamically changing production. These solutions go beyond the traditional methods of business management or production planning. Currently, elements related to the Industry 4.0 concept are becoming more and more popular, namely: big data, cloud computing, simulations, autonomous robots, software integration, cyber security, Internet of Things, 3D printing or virtual reality. These solutions create the so-called a factory of the future, which helps pass the producers to a higher level of production but at the same time bringing the challenges and uncertainty of implementing new solutions. Solutions, which exist with the concept of a dynamic generation network and other new solutions.
Key words: dynamic manufacturing network, Industry 4.0, factories of the future, production management

Wprowadzenie

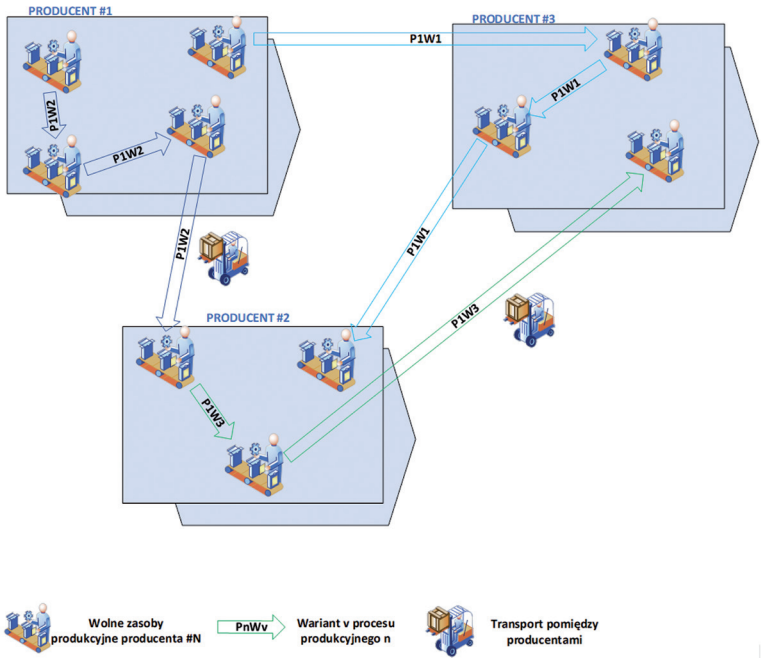
Rynek, który w obecnych czasach stawia przed producentami coraz większe wyzwania, wymusza konieczność ciągłego dopasowywania się do nowych wymagań, co szczególnie odczuwalne staje się w grupie przedsiębiorstw z sektora MŚP (małych i średnich przedsiębiorstw). Zmiany te są odczuwalne w działalności całych

przedsiębiorstw, ponieważ dotyczą one zmienności – począwszy od zamówień płynących od klientów, poprzez całą dokumentację produktu, wytworzenie, aż po dostarczenie produktu do klienta. Zmiany te zapoczątkowały poszukiwanie bardziej wydajnych form współpracy i nowego podejścia w koncepcjach funkcjonowania przedsiębiorstw na rynku. Nowe warunki, w których przyszło się mierzyć producentom, naznaczone są także nowymi technologiami. Technologiami, które mają wspomóc między innymi spersonalizowaną produkcję. Produkcja tego typu staje się możliwa w dużym zakresie dzięki wykorzystaniu koncepcji Przemysłu 4.0. W dobie przemian z tym związanych koniecznym wydaje się postawienie pytania, czy producenci są gotowi na idące zmiany w sposobie funkcjonowania, także w obszarze kooperacji (koncepcja dynamicznych sieci wytwórczych) i wdrażania nowych technologii składających się na koncepcje fabryki przyszłości. Celem rozdziału jest przybliżenie tematyki związanej z możliwościami wykorzystania koncepcji dynamicznej sieci wytwórczej jako jednego z rozwiązań, które można zastosować przy wspomaganiu wdrażania zmian wynikających z wymogów koncepcji Przemysłu 4.0. W tym celu, obok najważniejszych cech charakteryzujących dynamiczną sieć wytwórczą, wskazano również obszary, w których można wdrożyć rozwiązania Przemysłu 4.0. Pokazano podobieństwa do sieci przedsiębiorstw, by ukazać również najważniejsze elementy koncepcji P4.0, a także wymagane transformacje, które wpływają na funkcjonowanie standardowo zarządzanych i realizujących zlecenia produkcyjne przedsiębiorstw, aby w przyszłości mogły nadal się rozwijać.

Dynamiczne sieci wytwórcze

Dynamiczne sieci wytwórcze są tymczasowym, specyficznym połączeniem kilku pojedynczych przedsiębiorstw na czas realizacji zlecenia produkcyjnego. Oznacza to, że każde przedsiębiorstwo wnosi „coś swojego" do sieci. Ze względu na to, że są to sieci wytwórcze, każde z nich dzieli się swoimi wolnymi mocami produkcyjnymi, a co za tym idzie, również umiejętnościami, wiedzą i czasem, wymaganymi w trakcie wykonywania zlecenia. Elementem charakterystycznym takiej współpracy jest to, że przedsiębiorstwa są rozproszone geograficznie i tylko na potrzeby wykonania zlecenia tworzą połączoną grupę, współpracującą z innymi producentami [Olender, Krenczyk 2016, ss. 644–656; Kudelska 2013, ss. 21–32; Shi, Fleet, Gregory 2005, ss. 197–205; Warner, Witzel 2005; Krenczyk, Skołud, Olender 2018, ss. 1–8]. Przykładowy model sieci wytwórczej pokazano na rys. 1.

Rysunek 1. Przykładowy model sieci wytwórczej



Źródło: opracowanie własne.

Dynamika sieci charakteryzuje się tym, że w zależności od zaawansowania zlecenia, wolnych mocy produkcyjnych oraz możliwego czasu przeznaczonego na wykonanie zadań przez każdego producenta, kształtowana jest liczba producentów w sieci. Każda zmiana, dotycząca np. zwiększenia wykorzystania mocy produkcyjnych przez kolejnych uczestników sieci, wpływa na funkcjonowanie tworzonej sieci [Olender, Krenczyk 2016, ss. 644–656; Olender, Krenczyk 2015, ss. 47–56].

Problemem pojawiającym się w tego rodzaju współpracy jest konieczność rozpatrzenia wielu aspektów związanych z planowaniem produkcji i doborem odpowiednich zasobów w większym obszarze niż jedno przedsiębiorstwo produkcyjne. Sprawę komplikuje dodatkowo wykorzystanie zasobów w odpowiednim czasie, aby produkcja przebiegała w miarę płynnie, ale przede wszystkim należy uwzględnić sposób i czas potrzebny na transport podzespołów/elementów między uczestnikami sieci. Z jednej strony klient oczekuje produktu finalnego w najkrótszym czasie, z drugiej zaś strony producenci potrzebują czasu na wykonanie produktu, tym bardziej że wytwarzany jest w konfiguracji dynamicznej sieci wytwórczej. Wykorzystywany sposób wytwarzania ma na celu między innymi umożliwienie przedsiębiorcom wykorzystania wolnych mocy produkcyjnych. Pojawiające się nowe możliwości współpracy w sieci są podobne do rozwiązań dedykowanych w tzw. klastrach. W literaturze istnieje wiele definicji [Ławecki 2013, ss. 157–166; Kaźmierski, Kaźmierska 2015, ss. 2144–2151], jednak nie są one jednoznacznie sprecyzowane. Pod kątem współpracy kilku przedsiębiorstw,

rozwiązania te mają kilka pozytywnych stron, a mianowicie [Ławecki 2012, ss. 31–42; Kaźmierski, Kaźmierska 2015, ss. 2144–2151]:

- **a)** przyspieszają rozwój infrastruktury technicznej, społecznej oraz otoczenia biznesu,
- **b)** wspierają rozwój sieci pomiędzy firmami,
- **c)** zwiększają zaufanie pomiędzy firmami,
- **d)** sprzyjają tworzeniu nowych, małych i średnich przedsiębiorstw,
- **e)** umożliwiają realizację dużych przedsięwzięć,
- **f)** ułatwiają dostęp do zewnętrznych źródeł finansowania,
- **g)** redukują koszty działalności,
- **h)** usprawniają procesy produkcyjne,
- **i)** zwiększają innowacyjny potencjał.

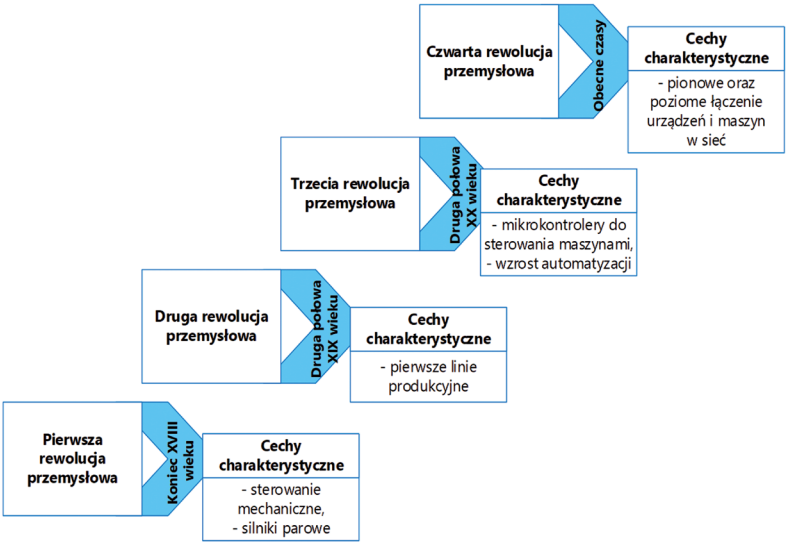
Przykłady klastrów związanych zarówno z rejonem międzynarodowym, jak i lokalnym można znaleźć np. w [Hajduk 2015, ss. 1479–1486; Rosińska-Bukowska 2012, ss. 55–80; Kuczewska 2014, ss. 227–244]. Bez względu na stosowany typ współpracy, czy to dynamiczne sieci wytwórcze, czy też klastry, rozwój tych typów form współpracy, ze względu na występujący efekt synergii, potencjał i podział kosztów, może stanowić czynnik ułatwiający spełnienie wymagań i osiągnięcie rozwiązań koncepcji fabryki przyszłości oraz Przemysłu 4.0. W kolejnych podrozdziałach zostaną omówione cechy definiujące oraz wspomagające rozwój koncepcji fabryki przyszłości oraz Przemysłu 4.0.

Przemysł 4.0

Nowe możliwości, związane z technologią i wytwarzaniem, wpływają na sposób funkcjonowania przedsiębiorstw w różnych gałęziach przemysłu. Niezależnie od tego, co jest przedmiotem ich działalności, wszystkim przyświeca kilka celów głównych, wiążących się z wysoką efektywnością wytwarzania, odpowiednią jakością wykonywanych produktów, przy jednocześnie niskich kosztach wytwarzania czy też różnorodnością asortymentu, tak często dzisiaj wymaganą. Nieustające zmiany wymuszają na przedsiębiorcach reagowanie i poszukiwanie nowych rozwiązań. Zmiany, które są obecnie obserwowane, stanowią kontynuacją przemian zapoczątkowanych jeszcze pod koniec XVIII wieku i trwających do drugiej połowy XIX wieku, tzw. pierwszej rewolucji przemysłowej. Wtedy to między innymi zbudowano silnik parowy, który zapoczątkował erę mechanizacji w przedsiębiorstwach. Następnym krokiem w rozwoju nowych możliwości była tzw. druga rewolucja przemysłowa. Rozpoczęła się w drugiej połowie XIX wieku i na początku XX wieku i to właśnie w tym czasie uruchomiono w fabryce Forda pierwszą na świecie linię montażową. Osiągnięty sukces nie zatrzymał dalszego rozwoju przemysłu. W kolejnych latach (druga połowa XX wieku) zaczęto korzystać z komputerów oraz zbudowano pierwszy sterownik programowalny. Tak znaczące zmiany przyniosły wiele korzyści. Wraz z automatyzacją produkcji, zwiększono wydajność produkcji, pracownicy zostali odciążeni w wymagających i ciężkich zadaniach, a także obniżono koszty wytwarzania (tzw. trzecia rewolucja przemysłowa). Jednak nadal poszukiwano czegoś

więcej. Poszukiwano rozwiązań i ulepszeń, które jeszcze bardziej odciążyłyby pracowników, ale i jednocześnie wspierały wprowadzenie większej różnorodności asortymentu u producentów. Obecnie producenci starają się osiągnąć spersonalizowaną produkcję, charakteryzującą się krótkimi seriami i produkcję pod indywidualnego klienta, przy jednoczesnych kosztach wytwarzania, które mają być zbliżone do produkcji masowej. Wszystko to ma zostać osiągnięte dzięki wdrażaniu koncepcji obecnej rewolucji, która integruje ludzi oraz sterowane cyfrowe maszyny z Internetem i technologiami informacyjnymi. Są to wyznaczniki tak zwanej czwartej rewolucji przemysłowej. Etapy wspomnianych rewolucji przemysłowych pokazano na rys. 2 [Piątek 2017; Astor 2016; Stock, Seliger 2016, ss. 536–541; Brettel, Friederichsen, Keller, Rosenberg 2014, ss. 37–44; Wang, Wan, Li, Zhang 2016, ss. 1–10].

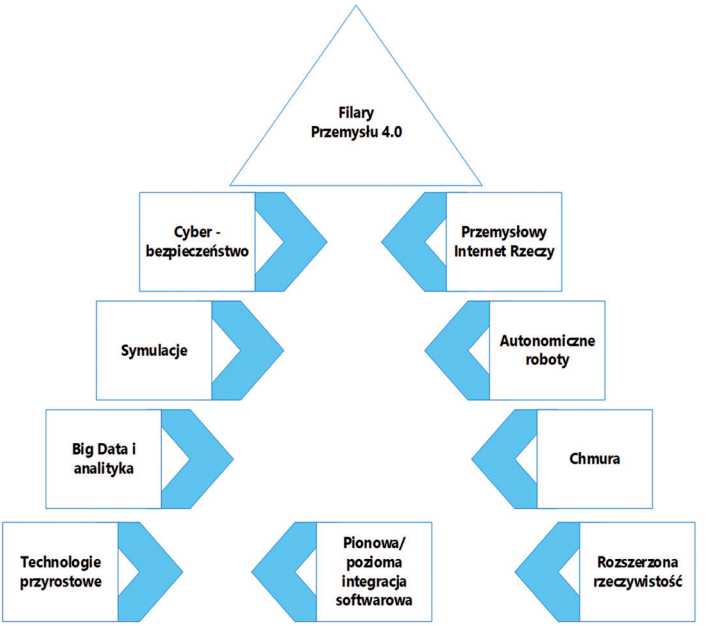
Rysunek 2. Etapy rewolucji przemysłowej



Źródło: opracowanie własne.

Koncepcja Przemysłu 4.0 niesie za sobą wiele zmian na różnych płaszczyznach. Można ją traktować jako zbiór technologii zapewniający korzyści dla przedsiębiorstw. Pod zwrotem „zbiór technologii" kryje się kilka elementów, pokazanych na rysunku 3 [Piątek 2017; Stock, Seliger 2016, ss. 536–541; Brettel, Friederichsen, Keller, Rosenberg 2014, ss. 37–44].

Rysunek 3. Filary Przemysłu 4.0



Źródło: opracowanie własne.

Każdy z tych filarów jest wykorzystywany w większym bądź mniejszym stopniu przez przedsiębiorców. Jednak coraz częściej przedsiębiorcy starają się wykorzystywać rozwój nowych technologii, aby stać się bardziej konkurencyjnymi na rynku.

Przedsiębiorcy starają się wdrożyć odpowiednie działania, związane z wprowadzeniem koncepcji Przemysłu 4.0, na kilka sposobów. Po pierwsze poprzez odpowiedni sprzęt, dedykowany koncepcji 4.0, tworzący środowisko cyberfizyczne, poprzez łączenie sterowników, kontrolerów, czujników, itp., które zbierają między innymi dane dotyczące wytwarzania, a także systemy programowe, które odpowiadają za przesyłanie danych, przetwarzanie, a także archiwizowanie. Bez tej integracji nie można mówić o idei Przemysłu 4.0. Przy czym ta koncepcja jest nadal rozwijana, a wraz z nią coraz częściej pojawia się koncepcja „fabryki przyszłości".

Fabryka przyszłości

Fabryka przyszłości jest nowym podejściem do procesów produkcyjnych oraz zarządzania zakładami produkcyjnymi. Według jednej z definicji [Iwański 2017, ss. 22–23] fabryka przyszłości to hybryda zakładu produkcyjnego, oparta na systemach cyberfizycznych, w której występuje integracja zaawansowanych technologii produkcyjnych, wspieranych jednocześnie nowatorskimi metodami zarządzania oraz odpowiednią organizacją produkcji. Charakteryzują się one większą efektywnością w zarządzaniu

produkcją dzięki wykorzystaniu inteligentnych urządzeń i technologii, elastycznemu reagowaniu na zapotrzebowanie rynku czy możliwość optymalizacji kosztów produkcji. Dodatkowo optymalizacja produkcji przebiega zgodnie z oczekiwaniami klienta, a wspierana jest komunikacją na odpowiednim poziomie zaawansowania, nie tylko pomiędzy poszczególnymi działami w przedsiębiorstwie, ale i bezpośrednio z odbiorcami finalnych produktów. Technologie, które miałyby wspierać takie organizacje w przyszłości, to między innymi: Big Data, przemysłowy Internet Rzeczy, zaawansowana robotyka i automatyzacja produkcji czy też symulacje. Kolejną cechą charakterystyczną takiej fabryki jest elastyczne podejście do procesów produkcyjnych, związanych z dużą dynamiką zamówień klientów, ponieważ zamówienia są spersonalizowane. Właśnie ta dynamika oraz elastyczność stanowią trzon opracowywania harmonogramów oraz planowania całej produkcji wraz z jej procesami pomocniczymi. Przy czym jednocześnie bardzo istotne jest optymalne wykorzystanie dostępnych zasobów produkcyjnych oraz półproduktów. Możliwe jest to między innymi dzięki wykorzystaniu informacji w chmurze. Dysponent, mając dostęp do danych oraz informacji, może odpowiednio dobrać zasoby produkcyjne. Wymienione powyżej cechy, dotyczące fabryki przyszłości, są również cechami charakterystycznymi funkcjonowania wirtualnych organizacji. Każdy z zakładów to nadal pojedyncze przedsiębiorstwo, które w mniejszym lub większym stopniu jest zautomatyzowane. Stara się jak najlepiej wykorzystywać zasoby produkcyjne, lecz nie powinno się zapominać, że przepływ informacji oraz dostęp do informacji, jako krytyczne czynniki gwarantujące sprawne i skuteczne funkcjonowanie sieci przedsiębiorstw, powinny być na jak najwyższym poziomie i zapewniać jej aktualność [Ivanov, Dolgui, Sokolov, Werner, Ivanova 2015, ss. 386–402; Goryachev, Kozhevnikov, Kolbova, Kuznetsov, Simonova, Skobelev, Tsarev, Shepilov 2012, ss. 508–513; Lee 2015, ss. 230–231; Traczyk 2018].

Formułując pojęcie „fabryki przyszłości", niektórzy idą krok dalej; patrząc z perspektywy wolumenu produkcji, a także kosztów wytwarzania, wyróżniają trzy typy takich fabryk [Kowalkowska, Poreda 2018]:

a) inteligentna zautomatyzowana fabryka – dla producentów o wysokim wolumenie, konkurujących kosztami,

b) fabryka „klientocentryczna" – dla producentów, którzy łączą wysoki wolumen produkcji z wysokim stopniem indywidualizacji,

c) e-fabryka z pudełka – dla producentów specjalizowanych podzespołów i produktów nisko wolumenowych, gdzie specyfika rynku wymaga mobilności.

Przy czym niezależnie od typu przedsiębiorstwa, najważniejsze jest, aby przekształcając je, zgodnie z wymaganiami tej koncepcji, robić to stopniowo i tak, aby działalność była długofalowa z dalszą możliwością rozwoju. Ograniczanie się tylko do nowoczesnych rozwiązań związanych z automatyzacją jest często niewystarczające na tym poziomie konkurencji. Stąd tak ważne jest planowanie i integrowanie działań oraz korzystanie z rozwiązań dostępnych na rynku. Transformacja przedsiębiorstw w fabryki przyszłości może przebiegać na wielu płaszczyznach, w zależności od specyfikacji przedsiębiorstwa.

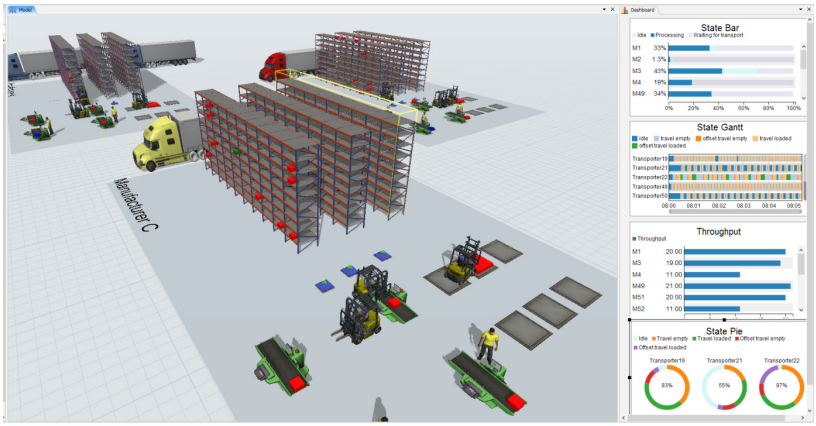
Rozwój przedsiębiorstw w kontekście fabryki przyszłości

Koncepcja fabryki przyszłości przeważnie kojarzona jest z nowoczesnym wytwarzaniem, większą współpracą człowieka z robotem czy też gromadzeniem danych w chmurze. Obok wymienionych elementów, fabryka składa się z kilku głównych płaszczyzn, które, odpowiednio zintegrowane i zarządzane, mogą dostarczać produkty „szyte na miarę". Stworzenie odpowiednich warunków, które są podstawą do wdrażania nowych rozwiązań, opiera się na rozwoju kluczowych technologii. Dążąc do koncepcji fabryki przyszłości, fabryka daje możliwości rozwoju kilku elementów, a mianowicie:

1. integracji procesów, maszyn, urządzeń,
2. optymalizacji procesów produkcyjnych,
3. akwizycji danych w czasie rzeczywistym,
4. elastyczności produkcji.

W kontekście fabryki przyszłości przedsiębiorstwa poszukują rozwiązań, które pozwoliłyby wykorzystać nowe technologie, aby wytwarzać produkty zgodnie z zamówieniem klienta, w jak najkrótszym czasie. Biorąc pod uwagę potrzeby fabryk przyszłości, omówiono kilka płaszczyzn, które stały się kluczowe przy transformacji cyfrowej. Pokazano także podobieństwo koncepcji określających dynamiczne sieci wytwarzania z cechami fabryki przyszłości. Łączące się w sieci przedsiębiorstwa mogą dużo łatwiej adaptować się do panujących warunków na rynku, a w przyszłości stać się fabrykami lub częściami fabryk przyszłości. Pierwszym wspólnym problemem jest obecnie podejmowanie decyzji w sposób scentralizowany. Zarówno w dynamicznych sieciach, jak i w fabrykach przyszłości, decyzje powinny być podejmowane w sposób zdecentralizowany. Ułatwia to zarządzanie wszystkimi procesami decyzyjnymi zachodzącymi w przedsiębiorstwie. Drugi problem związany jest z integracją zarówno procesów, jak i maszyn i urządzeń. W tym obszarze trudność związana jest z tym, że na halach produkcyjnych wykorzystywane są różne ich typy. Dodatkowo są one sterowane z zastosowaniem różnych typów sterowników PLC. Dzięki sterownikom zbiera się dane związane z funkcjonowaniem maszyn, które są następnie analizowane. Obecnie takie dane zbierane są grupowo, poprzez połączenie maszyn w jeden większy system. Dysponując takimi danymi, bezpośrednio z maszyn, tworząc swoisty obraz cyfrowy fabryki, można analizować i optymalizować całe procesy produkcyjne. Dodając do tego jeszcze możliwości, które dają dzisiejsze komputerowe systemy symulacyjne, przedsiębiorstwa mogłyby optymalizować produkcję niemal w czasie rzeczywistym, przeanalizować poplanowane procesy i dobierać odpowiednie harmonogramy produkcji.

Rysunek 4. Widok procesu produkcyjnego w programie symulacyjnym



Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie wyników symulacji i analiz przedsiębiorstwa wspomagane mogą być również decyzje o rozdzieleniu produkcji w wirtualnej sieci, aby zrównoważyć obciążenie stanowisk produkcyjnych lub zastąpić ich braki u pewnych członków z wirtualnej sieci [Szulewski 2017, ss. 494–500; Burke, Mussomeli, Laaper, Hartigan, Sniderman 2017, ss. 1–24]. Na rys. 4 pokazano przykładowy model wytwarzania w sieci produkcyjnej, wykonany w programie symulacyjnym FlexSim.

Kolejny problem, związany z wdrażaniem koncepcji fabryki przyszłości, dotyczy akwizycji danych z maszyn i urządzeń w czasie rzeczywistym. Poprzez tego rodzaju rozwiązania osoby np. z utrzymania ruchu w przedsiębiorstwie mogą na bieżąco śledzić wszystkie problemy dotyczące maszyn i starać się odpowiednio przeciwdziałać. Natomiast osoby odpowiedzialne za realizację procesów produkcyjnych mogą na bieżąco sprawdzać obciążenie poszczególnych maszyn.

Następnym problemem jest elastyczność produkcji. W dzisiejszych czasach, gdy wymagania klientów są coraz większe, poszukiwane są rozwiązania, które umożliwiłyby producentom wykonanie produktów spełniających odpowiednie kryteria. Jest to istotne z punktu widzenia małych i średnich przedsiębiorstw, które muszą sobie radzić z konkurencją na rynku. Wykorzystanie koncepcji dynamicznych sieci wytwarzania przez te przedsiębiorstwa może pomóc w realizacji zleceń produkcyjnych. W szczególności, adaptowane rozwiązania fabryki przyszłości, na poziomie sieci, mogą pomóc przedsiębiorstwom w transformacji i wykorzystaniu koncepcji Przemysłu 4.0, dzięki efektowi synergii i wzajemnej współpracy działów B+R. Dodatkowo wymienione wyżej rozwiązania wspomagają możliwość elastycznej produkcji. Bez rozwiązań związanych z symulacją, integracją maszyn oraz akwizycją danych w czasie rzeczywistym, przedsiębiorstwa nie będą w stanie reagować na bieżąco w chwili wystąpienia zmian, związanych czy to z parkiem maszynowym, czy to ze zmianami w zapotrzebowaniu. Oprócz wymienionych rozwiązań związanych z funkcjonowaniem procesów, należy również uwzględnić rozwiązania wiążące się z logistyką. Na poziomie organizacji hali produkcyjnej, obok rozwiązań tradycyjnych tzn. wózków widłowych, coraz częściej

przedsiębiorcy inwestują również w transport mobilny. Wykorzystując odpowiednie czujniki, oprogramowanie, RFID, wózki samojezdne mogą przemieszczać się w wyznaczonym obszarze, transportując podzespoły lub gotowe produkty. Natomiast na poziomie przedsiębiorstwa stosowane są rozwiązania, które mają zapewnić transport komponentów pomiędzy przedsiębiorstwami, także w postaci transportu kombinowanego. Wykorzystując podstawę dynamicznych sieci wytwarzania, transport odbywa się zgodnie z opracowanym planem, z uwzględnieniem ponoszonych kosztów, pomiędzy producentami w sieci. Dodając rozwiązania związane z nowymi możliwościami w transporcie, na bieżąco można np. śledzić samochody dostawcze, w celu szybkiej reakcji w momencie wystąpienia komplikacji na trasie. Dedykowane rozwiązania są przede wszystkim poparte możliwością gromadzenia, a w późniejszym czasie analizy zbieranych danych. Wykorzystanie chmury oraz Big Data daje możliwość wglądu w cyfrowy łańcuch dostaw w każdej chwili, a także usprawnienie kanałów bezpośredniej wysyłki czy lepszą obsługę klienta. Opisywane rozwiązania jeszcze kilka lat temu były niemożliwe do implementacji. Istnieją również rozwiązania, które pozwalają na kompletowanie zamówień i bezpośrednie przesyłanie ich do kontenerów konkretnych spedytorów. Jest to istotne w dynamicznych sieciach, gdzie kilku producentów współpracuje ze sobą przy kompletowaniu zlecenia. Natomiast w kontekście fabryki przyszłości rozwiązania te będą wymagane, szczególnie ze względu na to, że produkcja planowana będzie zgodnie z indywidualnym zamówieniem – „szytego na miarę" produktu dla poszczególnych klientów [Szulewski 2017, ss. 494–500; Burke, Mussomeli, Laaper, Hartigan, Sniderman 2017, ss. 1–24; Furmann, Furmannová, Więcek 2017, ss. 207–212; Gregor, Krajčovič, Więcek 2017, ss. 265–270; Thimsen 2018, ss. 22–23; Pandya 2018, ss. 2-4].

Stosowane obecnie na rynku rozwiązania są także nadal ulepszane, w celu większej integracji wykorzystywanych narzędzi, a także w celu udostępniania online danych do analizy. W tradycyjnych przedsiębiorstwach dostęp do bieżących danych produkcyjnych był często utrudniony lub wręcz niemożliwy w czasie rzeczywistym, co ma szczególne znaczenie dla możliwości tworzenia dynamicznych sieci wytwórczych, w których producenci potrzebują rozwiązań, wspomagających realizację kontrolowania i sterowania produkcją w systemach rozproszonych, często integrujących systemy kilku rozproszonych geograficznie producentów jednocześnie.

Podsumowanie

Obecne zmiany w możliwości dostępu i przetwarzaniu informacji, a co za tym idzie, postępu w rozwoju systemów informatycznych, wspomagania podejmowania decyzji, planowania transportu wewnątrzzakładowego czy śledzenia przepływu pomiędzy producentami, są znaczącymi czynnikami rozwoju dzisiejszych przedsiębiorstw. Współpraca w ramach koncepcji dynamicznych sieci wytwarzania, może wspomóc obecne małe i średnie przedsiębiorstwa w wyzwaniach, jakie stawiają przed nimi rozwiązania Przemysłu 4.0 czy fabryki przyszłości. Należy także podkreślić, że koncepcja fabryki przyszłości i efekt jej implementacji w postaci elastycznego, zautomatyzowanego przedsiębiorstwa, mogą rozwiązać część problemów związanych z wytwarzaniem, lecz ich wprowadzanie związane jest również z wieloma barierami do pokonania. Współpraca w sieci wymusza

integrację systemów informacyjnych przedsiębiorstw oraz rozwój metod optymalizacji i wspólnego podejmowania decyzji. Zadania oraz plany muszą także zostać odpowiednio zintegrowane. Każdy z producentów ma również dostęp do danych, które są istotne z punktu widzenia wytwarzanego produktu. Ponadto współpraca w dynamicznej sieci, w celu integracji wolnych mocy poszczególnych producentów, sprzyja zwiększeniu elastyczności, co jest jednym z wyznaczników fabryk przyszłości. Dodatkowo producenci mogą dzielić się kosztami dostępu do nowoczesnych rozwiązań, aby w pełni wykorzystać swoje moce produkcyjne, stosując m.in. symulację komputerową, która może wspomagać procesy podejmowania decyzji przy optymalizacji przepływu produkcji czy inne technologie integrujące posiadane urządzenia w jedną sieć cyberfizyczną.

Bibliografia

Astor (2016), *Przemysł 4.0. Rewolucja już tu jest. Co o niej wiesz?*, ss. 1–30. https://www.astor.com.pl/images/Industry_4-0_Przemysl_4-0/ASTOR_przemysl4_whitepaper.pdf, dostęp: 17.09.2018.

Brettel M., Friederichsen N., Keller M., Rosenberg M. (2014), *How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective*, „International Journal of Information and Communication Engineering", vol. 8, no. 1, ss. 37–44.

Burke R., Mussomeli A., Laaper S., Hartigan M., Sniderman B. (2017), *The smart factory Responsive, adaptive, connected manufacturing*, A Deloitte series on Industry 4.0, digital manufacturing enterprises, and digital supply networks, ss. 1–24.

Furmann R., Furmannová B., Więcek D. (2017), *Interactive Design of Reconfigurable Logistics Systems*, „Procedia Engineering", vol. 192, ss. 207–212.

Goryachev A., Kozhevnikov S., Kolbova E., Kuznetsov O., Simonova E., Skobelev P., Tsarev A., Shepilov Y. (2012), *„Smart Factory": Intelligent System for Workshop Resource Allocation, Scheduling, Optimization and Controlling in Real Time*, „Advanced Materials Research", vol. 630, ss. 508–513.

Gregor T., Krajčovič M., Więcek D. (2017), *Smart connected Logistics*, „Procedia Engineering", vol. 192, ss. 265–270.

Hajduk G. (2015), *Specyfika komunikacji marketingowej powiązań kooperacyjnych na przykładzie klastrów*, „Logistyka", vol. 2, ss. 1479–1486.

Iwański T. (2017), *Przemysł 4.0 i wszystko jasne*, „Napędy i sterowanie", vol. 1, ss. 22–23.

Ivanov D., Dolgui A., Sokolov B., Werner F., Ivanova M. (2015), *A dynamic model and an algorithm for short-term supply chain scheduling in the smart factory industry 4.0*, „International Journal of Production Research", vol. 54, issue 2, ss. 386–402.

Kaźmierski J., Kaźmierska S. (2015), *Klastry jako potencjał rozwojowy regionu*, „Logistyka", vol. 3, ss. 2144–2151.

Kowalkowska J., Poreda R. (2018), *Cyfrowa indywidualizacja w fabryce przyszłości*, Technologie IT.

Krenczyk D., Skołud B., Olender M. (2017), *The production route selection algorithm in virtual manufacturing networks*, IOP Conference Series; „Materials Science and Engineering", vol. 227, ss. 1–8.

Kuczewska J. (2014), *Konkurencja i kooperacja przedsiębiorstw – dylematy polityki wspierania klastrów*, „Zarządzanie i Finanse. Journal of Management and Finance", vol. 12, no. 3/1, ss. 227–244.

Kudelska K. (2013), *Organizacja Ucząca Się w Świetle Współczesnych Koncepcji Zarządzania*, „Warmińsko-Mazurski Kwartalnik Naukowy", 3(7), ss. 21–32.

Lee J. (2015), *Smart Factory Systems*, „Informatik-Spektrum", vol. 38, issue 3, ss. 230–231.

Ławecki M. (2012), *Współpraca w ramach klastrów szansą na rozwój dla polskich przedsiębiorstw*, „Zarządzanie i Finanse", vol. 1|2, ss. 31–42.

Ławecki M. (2013), *Klastry i ich wpływ na przedsiębiorczość w regionie*, „Systemy gospodarcze i ich ewolucja: aspekty mikro- i mezoekonomiczne", vol. 156, ss. 157–166.

Olender M., Krenczyk D. (2015), *Wirtualne sieci wytwarzania* [w:] *Inżynier XXI wieku*, V Międzynarodowa konferencja studentów oraz doktorantów, Wydaw. Naukowe Akademii Techniczno -Humanistycznej, Bielsko-Biała, ss. 47–56.

Olender M. (2016), *Wspomaganie Podejmowania Decyzji w Dynamicznych Sieciach Wytwarzania*, „Zarządzanie Przedsiębiorstwem", nr 2, ss. 8–13.

Pandya M. (2018), *Produkcja wirtualna oraz korzyści z symulacji procesu produkcji i zachowania się wyrobów*, „Fabryka 4.0 – wydanie specjalne", jesień 2018, wyd. Trade Media International, Warszawa, ss. 2–4.

Piątek Z. (2017), *Czym jest Przemysł 4.0? – część 1*, http://przemysl-40.pl/index.php/2017/03/22/czym-jest-przemysl-4-0/, dostęp: 17.09.2018.

Rosińska-Bukowska M. (2012), *Klastering jako element polityki rozwoju regionalnego (ocena wybranych inicjatyw klastrowych województwa łódzkiego)*, „Acta Universitatis Lodziensis, Folia Geographica Socio-Oeconomica", vol. 12, ss. 55–80.

Shi Y., Fleet D., Gregory M. (2005), *Global Manufacturing Virtual Network and its Position in Manufacturing Systems*, The 7th Annual International Manufacturing Symposium, Institute for Manufacturing, Dept. of Engineering, University of Cambridge, ss. 197–205.

Stock T., Seliger G. (2016), *Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0*, International Scientific Committee of the 13th Global Conference on Sustainable Manufacturing 40, ss. 536–541.

Szulewski P. (2017), *W kierunku samoorganizujących się środowisk wytwórczych*, „Mechanik", nr 7, ss. 494–500.

Thimsen J. (2018), *Autonomiczna droga do Przemysłu 4.0 – współpracujące roboty mobilne*, „Fabryka 4.0 – wydanie specjalne", jesień 2018, wyd. Trade Media International, Warszawa, ss. 22–23.

Traczyk W. (2018), *Smart Factory – czyli fabryka przyszłości*, „Elektrotechnik Automatyk, Tematy specjalne", https://www.elektrotechnikautomatyk.pl/tematy-specjalne/Smart-Factory-czyli-fabryka-przyszlosci,239,1, dostęp: 18.09.2018.

Wang S., Wan J., Li D., Zhang Ch. (2016), *Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook*, „International Journal of Distributed Sensor Networks", vol. 2016, ss. 1–10.

Warner M., Witzel M. (2005), *Zarządzanie Organizacją Wirtualną*, Oficyna Ekonomiczna, Kraków.

Agnieszka Perzyńska
Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Ekonomii i Zarządzania, Katedra Logistyki i Systemów Informacyjnych
a.perzynska@wez.uz.zgora.pl

Kompetencje spedytora w zarządzaniu przedsiębiorstwem

Freight Forwarder's Competence In Business Management

Abstract: The study presents an analysis of the required features, competences and skills that must be met by the forwarder in the entire transport process. The transport process, forwarding process, tasks and duties of the forwarder were presented throughout this process. An assessment was made and research results showing the characteristics necessary to work on the verified position were presented. Transport plays an important role in economic life. The latest trends in the economy focus on increasing the intensity of the flow of materials for production and finished products, as well as on reducing the time that passes between individual stages of distribution and the final recipient. This entire process is accompanied by the forwarder, responsible for the complete and effective flow of the shipment to the indicated place at the right time.
Key words: forwarder, road transport, competences

Wstęp

Kompetencje, umiejętności spedytora odgrywają znaczącą rolę w działalności zarządzania przedsiębiorstwem transportowym. Fachowa organizacja procesów transportowych przewożonych ładunków wiąże się z koniecznością realizacji wielu czynności, za które odpowiedzialny jest spedytor oraz jego współpracownicy. Doświadczenie oraz wiedza, którą musi posiadać, wiąże się niekiedy z pozycją lidera danego przedsiębiorstwa.

Problematyka oceny kompetencji zawodowych spedytora bardzo silnie oddziałuje na zarządzanie przedsiębiorstwem. Brakuje opracowań, w których analizowane są działania, wyzwania stawiane przed pracą zawodową spedytora. Analiza zgromadzonych

publikacji, obserwacji, wywiadów w przedsiębiorstwach transportowych pozwala uporządkować i wskazać kompetencje potrzebne do realizacji objętego stanowiska, na którym pracuje spedytor. Na podstawie zebranych informacji zostanie dokonana ocena umiejętności potrzebnych do realizacji organizacji procesów transportowych.

Podjęte badania podkreślają ważność odpowiednich kompetencji oraz umiejętności w procesach transportowych realizowanych przez spedytora w danej organizacji.

Proces transportowy przedsiębiorstwa

Transport jest działalnością polegającą na odpłatnym świadczeniu usług, których efekt stanowi przemieszczenie osób i/lub ładunków z punktu nadania do punktu odbioru oraz świadczenie usług pomocniczych, bezpośrednio z tymi usługami związanych [Stajniak i in. 2008].

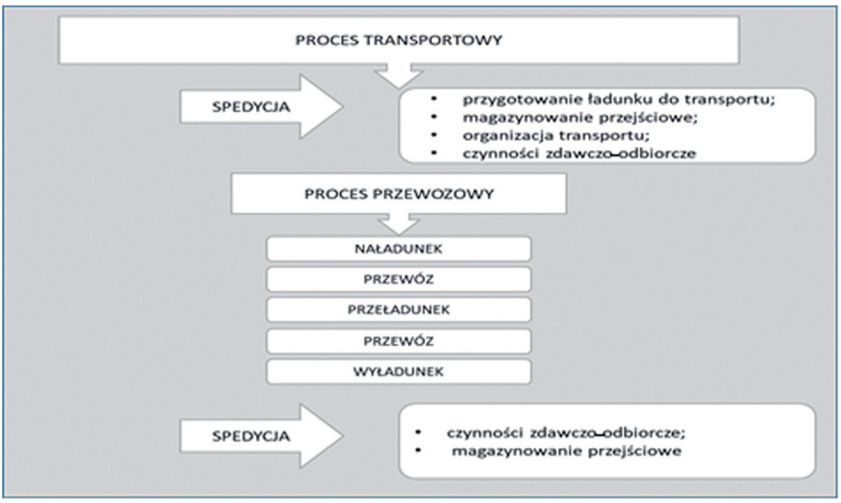
Rynek transportowy można określić jako wzajemne relacje zachodzące pomiędzy sprzedawcami a nabywcami usług transportowych [Kacperczyk 2010]. Można więc powiedzieć, iż rynek transportowy powstaje dzięki przewoźnikom i podmiotom zapewniającym im prace i zlecającym im przewozy ładunków. Wszelkie zlecenia transportowe, frachty oraz umowy przewozowe budują nam cały rynek na tle krajowym, europejskim oraz światowym.

Dokonywanie działań w branży transportowej, związanej w jakikolwiek sposób z przemieszczaniem osób lub rzeczy przy pomocy odpowiednich środków transportu, wymaga kolejno następujących po sobie czynności: organizacyjnych, wykonawczych i obsługi handlowej, tym zajmuje się proces transportowy.

Procesem transportowym nazywamy ciąg określonych dokonań wzajemnie ze sobą skorygowanych, w wyniku czego towar będzie dostarczony do odbiorcy [Neider 2014].

Proces transportowy, stanowiący podstawowy proces produkcyjny transportu, obejmuje zespół działań organizacyjnych, wykonawczych i administracyjnych, realizowanych przez wyspecjalizowanych pracowników w ściśle określonej kolejności, z użyciem środków transportowych w celu przemieszczania ładunków w ściśle określonych relacjach [Mindur 2008] – rys. 1.

Rysunek 1. Schemat struktury procesu transportowego



Źródło: [Mindur 2008].

Spedycja jako organizowanie procesu transportowego

Rynek usług spedycyjnych jest rynkiem bardzo zróżnicowanym. Funkcjonujące w tym sektorze przedsiębiorstwa zajmują się wykonywaniem różnorodnych usług na rzecz ładunku, które można podzielić na:

- czynności organizacyjno-prawne wykonywane przez spedytora, uznawane za spedycję właściwą;
- czynności organizowane i nadzorowane przez spedytora, do których zalicza się przemieszczanie i czynności dodatkowe [Koźlak 2010].

Spedycja to działalność gospodarcza, polegająca na odpłatnym organizowaniu procesu transportowego ładunku od dostawcy do odbiorcy na zlecenie osoby fizycznej lub prawnej.

Według J. Marzec: „Spedycja jest to zarobkowe organizowanie przemieszczania ładunków w zastępstwie zleceniodawcy oraz wykonywanie związanych z tym czynności za wyjątkiem samego transportu i czynności dodatkowych [Marzec 1979].

Przy szerokiej interpretacji zakresu działań spedycji można przyjąć, że obejmuje ona wszystkie czynności potrzebne do bezpiecznego, terminowego i ekonomicznego przesłania ładunku z wyjątkiem samego przewozu odpowiednio dobranym środkiem transportu. Spedycja nie jest przewozem, lecz zajmuje się przesłaniem, zorganizowaniem transportu [Januła 2014].

Rynek usług spedycyjnych stale się rozszerza i uelastycznia. Funkcjonuje też na nim coraz więcej podmiotów (firm), stąd też Polska Izba Spedycji i Logistyki wydaje co pewien czas dokumenty pod nazwą: Ogólne Polskie Warunki Spedycji

(OPWS) [Gołembska 2002]. Ten dokument ma bardzo istotne znaczenie, szczególnie dlatego, że reguluje wszystkie aspekty spedycji, które nie są uwzględnione w konkretnych umowach.

W polskich przepisach regulacje prawne dotyczące działalności spedytora zawiera Kodeks Cywilny, Ustawa z dnia 23.04.1964 r. [Dz. U. nr 16, poz. 93 z późn. zm.]. Zakres umowy spedycji, obowiązków spedytora w Kodeksie cywilnym (k.c.), obejmują artykuły 794–804. Przepisy te dotyczą zarówno spedycji krajowej, jak i międzynarodowej. W przypadku gdy te przepisy nie wyczerpują odpowiedzi na zakres pytań dotyczących spedycji, „stosuje się odpowiednio przepisy o umowie zlecenia [Szczepaniak 2002, ss. 298–299].

Spedytor jest podmiotem, który w znacznym stopniu ułatwia przedsiębiorstwu handlowemu lub produkcyjnemu wykonanie obowiązków w zakresie przewozu towaru do klienta czy od dostawcy. Pomaga on nie tylko zorganizować taki transport, ale także wykonuje szereg czynności z procesem transportowym, jak sporządzenie odpowiedniej dokumentacji i posługiwanie się nią. W gestii spedytora leżą niejednokrotne takie czynności, jak składowanie towaru, przeładunki, ubezpieczenia i inne podobne zadania.

Spedytor pełni wiele funkcji, wymagających wszechstronnej i dużej wiedzy, przede wszystkim znajomości rynku transportowego. Spedytor, będąc administratorem procesu transportowego oraz ogniwem łączącym wszystkich uczestników wymiany towarowej, najczęściej realizuje funkcje [Sikorski 2008]:

a) organizacyjną – spedytor dobiera środki transportu, przewoźników, czas, trasę i sposób przesłania ładunku, koordynuje i synchronizuje kolejne fazy przemieszczania ładunków;

b) dokumentacyjną – warunkiem sprawnej organizacji przewozu jest najczęściej przygotowanie właściwych dokumentów, które są niezbędne przy realizacji kontraktów kupna – sprzedaży. Brak tych dokumentów może mieć negatywny wpływ na proces przemieszczania, a szczególnie na czas jego trwania i związane z tym koszty. Spedytor, spełniając funkcję dokumentacyjną, sporządza, podpisuje, sprawdza oraz powoduje wystawienie dokumentów niezbędnych w trakcie realizacji procesu spedycyjnego;

c) w funkcji bankowej (rozliczeniowej) spedytor występuje wówczas, gdy działa na rachunek swego zleceniodawcy i wykłada w jego imieniu określone kwoty pieniężne na pokrycie należności obciążających ładunek z tytułu różnych usług lub czynności urzędowych. Są to m.in. znaczne należności za fracht oraz opłaty celne, często wykładane zwrotnie – zleceniodawca zwraca je spedytorowi wraz z odpowiednią prowizją wykładową;

d) doradcze – szczególną pozycję zajmuje tu doradztwo związane z dokumentacją transportową i celną, miejscem i warunkiem odprawy celnej, kosztami transportu, podziałem ryzyka i obowiązków między kupującego i sprzedającego. Spedytor winien następnie doradzić, jak przygotować towar do wysyłki, jak go opakować i oznakować, czy wysłać towar w kontenerze, czy też jako konwencjonalną drobnicę oraz jaką przygotować dokumentację.

Do wykonywanych przez spedytora czynności organizacyjno-prawnych należy zaliczyć:

- doradztwo, które może dotyczyć czynności, takich jak opakowanie i zabezpieczenie ładunku, wybór sposobu przeładunku;
- dokonanie kalkulacji kosztów transportu w różnych jego wariantach, negocjowanie wysokości stawek z przewoźnikami;
- wybór środka transportu i przewoźnika, gdzie należy wziąć pod uwagę zarówno właściwości środka transportu, jak i solidność przewoźnika, posiadane przez niego ubezpieczenia;
- zawarcie umowy o przewóz i zamówienie środka transportu;
- ubezpieczenie ładunku;
- sporządzenie dokumentów przewozowych;
- kontaktowanie się z uczestnikami procesu transportowego, monitoring przebiegu procesu transportowego;
- zgłoszenie towaru do odprawy celnej;
- przekazanie przesyłki odbiorcy [Koźlak 2010].

Do grupy czynności organizowanych i nadzorowanych przez spedytora, a zlecanych do wykonania innym jednostkom usługowym, zalicza się:
- przygotowanie ładunków, kompletowanie, oznakowanie przesyłek, przygotowanie środków transportu;
- organizację prac ładunkowych, zlecenie wykonania robót ładunkowych – czynności załadunku, wyładunku, przeładunku;
- składowanie przejściowe;
- czynności dowozowo-odwozowe;
- przewóz;
- rozpakowanie i uzdatnienie ładunku do odbioru;
- fakturowanie, rozliczanie i pobieranie należności;
- reklamacje;
- cesję praw do przesyłki;
- sprzedaż przesyłki [Koźlak 2010]

Wyznacznikami jakości procesu spedycyjnego z punktu widzenia usługobiorcy mogą być:
- bezpieczeństwo ładunku;
- szybkość;
- terminowość;
- gotowość do świadczenia usługi (zależy od wielkości rezerw własnych zasobów – magazyny, środki transportu, możliwości załadunkowe oraz od powiązań z podwykonawcami usług);
- uniwersalność (w zakresie rodzajów ładunków, kierunków przewozu, gałęzi transportu);
- staranność obsługi (odpowiednie obchodzenie się z ładunkiem, dokładność w kompletowaniu i wypełnianiu dokumentów);
- niezawodność (pewność wykonania wszystkich usług);
- dostęp do informacji na temat etapu realizacji usługi [Załoga, Milewski 2005].

Podstawową zaletą spedytora w ocenie właścicieli ładunków jest jego znajomość rynku transportowego. Spedytor musi mieć bogatą sieć kontaktów i zawartych umów

z podmiotami świadczącymi usługi związane z transportem. Dzięki temu jest on w stanie zagwarantować swojemu klientowi wyższy poziom usług, po niższej cenie, niż gdyby nadawca ładunku organizował wszystko samodzielnie [Koźlak 2010].

Analiza i ocena kompetencji spedytora w badanych przedsiębiorstwach

Na poczet opracowania publikacji dokonano analizy rynku usług transportowych w Zielonej Górze. W Zielonej Górze działa aż 61 firm transportowych z wiodącym PKD dot. jedynie transportu drogowego. Przed dokonaniem badania wykluczono mikroprzedsiębiorstwa, ponieważ z uwagi na liczbę zatrudnionych pracowników, jak i finansowe aspekty, z góry założono, iż informacje tam dostępne nie będą przydatne. Badaniem zostało objętych 18 przedsiębiorstw transportowo-spedycyjnych funkcjonujących w Zielonej Górze, w tym 38 pracowników. Są to małe i średnie przedsiębiorstwa. Wszystkie te przedsiębiorstwa posiadają koncesje krajowe, jak i międzynarodowe. Już wiele lat prowadzą działalność gospodarczą i posiadają wysoką pozycję na rynku TSL. Realizują usługi transportowe / spedycyjne na dwa sposoby: posiadają swój własny tabor oraz działają za pośrednictwem podwykonawców. Miesięcznie przedsiębiorstwa realizują średnio około 5,5–6 tysięcy transportów. Średnio spedytor odpowiada za 8–10 aut ciężarowych. Towar przewożony jest zarówno w kraju, jak i na terenie całej Unii Europejskiej oraz do krajów strefy Shengen.

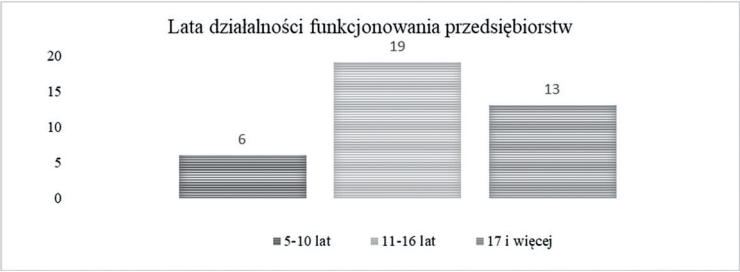
Otrzymane wyniki zostały przeprowadzone na podstawie informacji, obserwacji w badanych przedsiębiorstwach oraz kwestionariusza ankiety.

Ankieta była skierowana do spedytorów oraz innych osób pracujących w danych przedsiębiorstwach. Pytania dotyczyły zarówno jakości prowadzonych usług przez przedsiębiorstwa, osób wykonujących tam czynności spedycyjne, a także kompetencje spedytora.

Na podstawie obserwacji można wnioskować, iż spedytor odgrywa bardzo odpowiedzialną rolę. Odpowiada za bezpieczeństwo całego procesu transportowego, poczynając od złożonego zamówienia, do odebrania przesyłki od finalnego odbiorcy.

Poniżej zaprezentowano lata działalności przedsiębiorstw funkcjonujących na rynku (wykres 1).

Wykres 1. Lata działalności funkcjonowania przedsiębiorstw transportowo-spedycyjnych



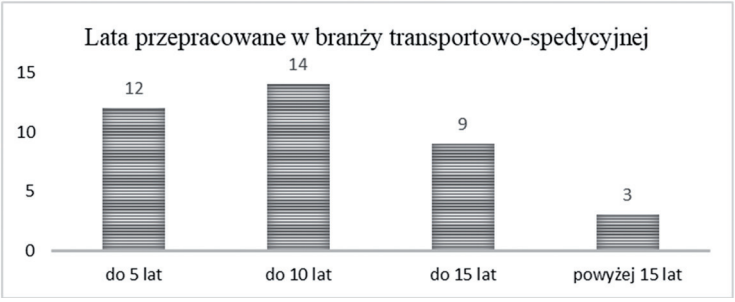
Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań ankietowych.

Lata działalności funkcjonowania przedsiębiorstw transportowo-spedycyjnych pozwalają ocenić pozycję na rynku lokalnym. Poszukiwanie i wdrażanie nowych, innowacyjnych rozwiązań organizacyjnych, produktowych, technologicznych, dotyczących zarządzania jest obecnie wymogiem, aby przedsiębiorstwo odnosiło sukcesy w złożonym, dynamicznym i niepewnym otoczeniu.

Kolejny ważny aspekt badań to liczba lat przepracowanych w zawodzie w branży transportowo-spedycyjnej. Pracownicy, spedytorzy nabywają przez lata swojej pracy praktycznych umiejętności, kreatywności, doświadczeń, które mają ogromny wpływ na rozwój dalszej współpracy. Doświadczenie i wiedza zdobyta w tej branży to eliminacja błędów w przyszłości, umiejętność rozwiązywania wszelkich problemów oraz jej szybkie reagowanie.

Spedycja to zawód dla profesjonalisty, bowiem nawet najmniejsza pomyłka może mieć poważne konsekwencje. Wystarczy chociażby wpisać źle adres lub podać niewłaściwy wymiar ładunku, a możemy narazić firmę na wielotysięczne straty.

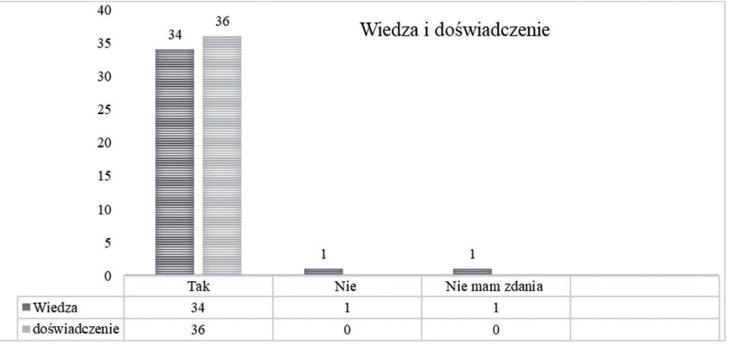
Wykres 2. Lata przepracowane w branży transportowo-spedycyjnej



Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań ankietowych.

Kolejnym ważnym wymiarem jest wiedza i doświadczenie w branży transportowo-spedycyjnej. Według wskazań respondentów ważniejsze jest doświadczenie niż wiedza.

Wykres 3. Doświadczenie i praktyka w branży transportowo-spedycyjnej



Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań ankietowych.

Spedytor występuje także jako doradca procesów transportowych, pracuje w różnych gałęziach transportu, przy przypuszczeniu, że znajdzie optymalne rozwiązanie dla swojego klienta. Właściwa organizacja procesu transportowego to sytuacja, w którym wykonywanie wszystkich czynności spedycyjnych przez poszczególnych uczestników tego procesu odbywa się w ustalonej kolejności, w określony sposób i we wzajemnym powiązaniu ze sobą. Efektem tych działań powinna być odpowiednia jakość usługi po możliwie niskich kosztach [Stajniak, Hajdul, Foltyński, Krupa 2008].

Według powyższych wyników badań spedytor jest specjalistą w swojej dziedzinie. Potrafi odpowiednio zorganizować obsługę transportową, a także rozwiązywać problemy, które często się pojawiają w toku, co prezentuje odpowiednia efektywność działań. Jest koordynatorem i organizatorem procesu transportowego. Odpowiednia organizacja procesu przewozowego polega na wykonaniu przez uczestników procesu czynności w ustalonej kolejności i w odpowiedni sposób [Kacperczyk 2009].

Na poczet stworzonego rozdziału dokonano, na podstawie obserwacji, wyników badań oraz wywiadu z pracownikami przedsiębiorstw, zestawienia najważniejszych cech i kompetencji, jakie powinien posiadać spedytor, który realizuje cały proces transportowy (tabela 1).

Tabela 1. Cechy i kompetencje spedytora

Cechy i kompetencje	Zdecydowanie Tak	Tak	Raczej Tak	Nie	Zdecydowanie Nie
Wiedza	27	9	2		
Doświadczenie i praktyczne umiejętności	34	4			
Kreatywność i innowacyjność	33	5			
Samodzielność	36	2			
Odpowiedzialność	32	6			
Przedsiębiorczość	31	7			
Orientacja biznesowa	28	7	3		

Cechy i kompetencje	Zdecydowanie Tak	Tak	Raczej Tak	Nie	Zdecydowanie Nie
Profesjonalizm	34	4			
Decyzyjność	24	14			
Punktualność	38				
Skuteczność i efektywność	38				
Kompetencje związane z komunikacją	30	8			
Współpraca	25	9	4		
Odporność na stres	34	4			
Inteligencja	33	4	1		
Kultura osobista i kultura pracy	29	5	4		
Asertywność	28	7	3		

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań.

Dodatkową trudnością w pracy spedytora jest łączenie skuteczności działania z wysoko rozwiniętymi umiejętnościami interpersonalnymi. Zdolności negocjacyjne, profesjonalizm, umiejętność zdefiniowania i sprecyzowania potrzeb klienta, zaufanie i chęć do współpracy ze strony przewoźników – wszystko to składać się będzie na wynik w postaci marży czy liczby zrealizowanych zleceń.

Weryfikacja predyspozycji kandydata na stanowisko spedytora następuje szybko. Umiejętność pracy pod presją czasu, podejmowania szybkich i odpowiedzialnych decyzji, szeroko pojęte zdolności analityczne, odporność na stres – to cechy, których spedytorowi nie może zabraknąć.

Praktyka szybko weryfikuje osoby nieradzące sobie ze sporą liczbą czynności do wykonania naraz, wielozadaniowość to umiejętność niezbędna do uzyskania dobrych wyników. Przy czym taka właśnie specyfika pracy wiąże się ściśle z ryzykiem zawodowym. Dla osoby niedoświadczonej, nieprzywykłej do takiego trybu pracy, zajmowanie się kilkunastoma ładunkami dziennie może prowadzić do popełniania błędów. Niestety, na tym stanowisku nawet drobne pomyłki (takie jak np. błąd w wymiarach ładunku, który w innych okolicznościach nazwalibyśmy „literówką"), mogą mieć poważne konsekwencje.

Podsumowanie

Spedycja jest niewątpliwe wieloaspektową działalnością, która łączy w sobie szereg elementów z zakresu różnych dziedzin wiedzy. Wzrost gospodarczy wymusza rosnące zapotrzebowanie na usługi transportowe, a tym samym na odpowiednie kwalifikacje kadry.

Zapewnienie sukcesu przedsiębiorstwom, które funkcjonują w warunkach silnej konkurencji i ciągłych zmian w otoczeniu (m.in. w systemie ekonomicznym, prawnym, politycznym, społecznym i w świadomości konsumentów), stawia wysokie wymagania osobom odpowiedzialnym za jej kierowanie. Można dokonać poglądu, że

praca spedytora nie należy do łatwych, wiąże się z wieloma szybko postępującymi problemami, które należy jak najszybciej zniwelować. Stres, szybkie reagowanie to codzienność, z którą musi zmierzyć się taki pracownik. Wiąże się to z podnoszeniem kwalifikacji i kompetencji, które są przypisane do wykonywanego zawodu. Na podstawie badań rynku transportowo-spedycyjnego można pokusić się o stwierdzenie, że najważniejszymi kompetencjami w pracy spedytora są przede nabywane przez wiele lat wszystkim praktyczne umiejętności, odporność na stres i szybkie reagowanie.

Bibliografia

Gołembska E. (2002), *Kompendium wiedzy o logistyce*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa

Januła E. (2014), *Podstawy transportu i spedycji*, Difin, Warszawa.

Kacperczyk R. (2009), *Transport i spedycja. Część 2. Spedycja*, Difin, Warszawa.

Kacperczyk R. (2010), *Laboratorium logistyczno-spedycyjne*, Difin, Warszawa

Kodeks Cywilny, Ustawa z dnia 23.04.1964 r. [Dz. U. Nr 16, poz. 93 z późn. zm.].

Koźlak A. (2010), *Ekonomika transportu. Teoria i praktyka gospodarcza*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego.

Marzec J. (1979), *Spedycja lądowa*, WKiŁ, Warszawa.

Mindur L. (2008), *Technologie transportowe XXI w.*, Wydawnictwo ITeE-PIB, Warszawa-Radom.

Neider J. (2014), *Transport międzynarodowy*, Wydawnictwo PWE, Warszawa.

Sikorski P. (2008), *Spedycja w praktyce – wiek XXI*, PWT, Warszawa.

Stajniak M., Hajdul M., Foltyński M., Krupa A. (2008), *Transport i spedycja*, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań.

Szczepaniak T. (red.) (2002), *Transport i spedycja w handlu zagranicznym*, PWE, Warszawa.

Załoga E., Milewski D. (2005), *Spedycja. Proces i usługi*, Wyd. US, Szczecin.

Maciej Stajniak
Instytut Logistyki i Magazynowania
Maciej.Stajniak@ilim.poznan.pl

Bartosz Kozicki
Wojskowa Akademia Techniczna
bartosz.kozicki@wat.edu.pl

Sylwia Konecka
Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, Wydział Zarządzania
Sylwia.Konecka@ue.poznan.pl

Paweł Romanow
Wyższa Szkoła Logistyki, Wydział Zarządzania
Pawel.Romanow@wsl.com.pl

Prognozowanie wielkości rezerw Banku Centralnego w Polsce utrzymywanych w złocie monetarnym

Forecasting the Size of Central Bank Reservations in Poland Holding in the Monetary Gold

Abstract: The chapter discusses the problem of forecasting the size of Central Bank reserves in Poland maintained in monetary gold on the basis of primary information obtained from the National Bank of Poland. The research began with the analysis and evaluation of the primary time series. Then the analyzed series was divided into two parts. Based on the obtained assessments, forecasting with different methods of the first part of the separated time series composed of 200 elements was made, and then the best prognostic method was selected. On its basis, the forecasting of the original time series composed of 248 elements for 12 future periods was carried out (12 months – 2018).
Key words: time series, gold price, forecasting

Wprowadzenie

Z przeprowadzonej analizy literatury przedmiotu i doświadczenia własnego autorów wynika, że w instytucjach zajmujących się prognozowaniem zjawisk gospodarczych przeważnie nie stosuje się dostępnych zaawansowanych metod prognostycznych. Stało się to przesłanką do podjęcia badań dotyczących zastosowania poprawnych metod prognostycznych do prognozowania wielkości rezerw Banku Centralnego w Polsce utrzymywanych w złocie monetarnym na dwanaście przyszłych okresów.

Problem badawczy koncentruje się wokół wyboru metod do prognozowania szeregu czasowego danych dotyczących wielkości rezerw Banku Centralnego w Polsce utrzymywanych w złocie monetarnym, w celu optymalizacji uzyskanych wyników prognozy. Autorzy opracowania sformułowali następujące główne pytanie badawcze: czy zastosowanie analizy i oceny szeregu czasowego danych wielkości rezerw Banku Centralnego w Polsce utrzymywanych w złocie monetarnym w ujęciu retrospektywnym pozwoli dobrać optymalną metodę prognostyczną i przeprowadzić prognozowanie?

Literatura na temat zagadnienia prognozowania jest bardzo rozległa i rozproszona. Brakuje dokładnych opisów sposobów analizy i oceny szeregów czasowych w ujęciu retrospektywnym, budowania modeli prognostycznych i sposobów postępowania w celu skalkulowania wyniku prognozy. Z punktu widzenia niniejszego opracowania najbardziej przydatne pozycje literatury opisujące prognozy to [Dittman 2008, 2016; 2009, 2016; 2011, 2016; Kozicki 2016, 2018; Kozicki, Ślaski, Waściński, Rusak 2016; Kozicki, Brzeziński, Waściński, Ślaski 2017; Makridakis, Wheelwright, Hyndman 1998; Papież, Śmiech 2015; Rabiej 2018; Suchwałko, Zagdański 2016].

Zdaniem autorów nie są one wystarczające do przeprowadzenia szczegółowej analizy i oceny rozpatrywanego w pracy szeregu czasowego. Poprawnie przeprowadzona analiza, ocena i na ich podstawie zbudowany model prognostyczny wymagają dodatkowo posiadania intuicji i doświadczenia przy tego typu badaniach.

Celem głównym opracowania jest próba przeprowadzenia prognozy na dwanaście przyszłych okresów. Okres badawczy obejmuje 248 miesięcy, natomiast obszar badawczy to gospodarka Rzeczypospolitej Polskiej.

Podmiotem badań jest gospodarka Rzeczypospolitej Polskiej, natomiast przedmiotem badań wielkość rezerw utrzymywanych przez NBP wyrażona w złocie monetarnym.

W rozdziale zastosowano metody badawcze w postaci analizy literatury, która dotyczy zagadnień związanych ceną złota i prognozowania [wszystkie wymienione w bibliografii pozycje], analizy dokumentów źródłowych, metody symulacji komputerowej oraz porównania. Dodatkowo użyto techniki badawczej w postaci programu komputerowego Statistica. Co więcej, zastosowano następujące narzędzia badawcze: wykres kwartylowy, autokorelacja, autokorelacja cząstkowa, regresja wieloraka, histogram, test Shapiro-Wilka, test Grubbsa.

Rozdział składa się ze wstępu, trzech punktów merytorycznych, podsumowania i wniosków.

Szereg czasowy, cena złota i prognozowanie

Przeprowadzona analiza literatury pozwoliła na stwierdzenie, że szereg czasowy jest nazywany nielosową funkcją x(t), będącą realizacją procesu stochastycznego x(w,t), dla ustalonego zdarzenia elementarnego x(t)=X(w,t). Analiza szeregu czasowego powinna doprowadzić do poznania mechanizmu zmian obserwowanego zjawiska. Jest ona niezbędna, aby na jej podstawie dobrać odpowiednią metodę prognostyczną [Kot, Jakubowski, Sokołowski 2011, s. 366].

W literaturze spotyka się różne interpretacje znaczenia terminu cena. Za podstawową definicję znaczenia słowa ceny przyjmuje się wyrażoną w pieniądzu wartość towaru, usługi, innego pieniądza (waluty) i czynników wytwórczych. Co więcej, dla zjawisk finansowych podstawowe znaczenie mają nie same ceny, ale przede wszystkim mechanizm ich kształtowania oraz skutki stosowania cen przez podmioty gospodarcze [Begg, Vernasca, Fischer, Dornbusch 2014, ss. 338–339].

Do czasu dużego kryzysu finansowego, który miał miejsce w 2008–2009 roku, banki centralne sprzedawały znaczące ilości złota. Sytuacja ta zmieniła się od 2010 roku. Od tego czasu, popyt płynący ze strony instytucji zwanych bankami centralnymi przewyższa podaż. Co więcej, obserwuje się trend w którym złoto kupują przede wszystkim kraje rozwijające się, a to bezpośrednio przekłada się na korelację popytu i podaży

Złoto nie jest uznawane za walutę, lecz posiada szczególną wartość dla inwestorów. W gospodarce obserwuje się ujemną korelację notowań złota i kursu dolara amerykańskiego. Gdy wzrasta cena złota, kurs dolara spada – i odwrotnie.

Istotne jest również to, że ilość dostępnego złota może rosnąć tylko w wyniku wydobycia z kopalń – w przeciwieństwie do walut, które mogą być drukowane w dowolnej ilości. Ta cecha złota pomaga chronić aktywa inwestorów przed skutkami spadku siły nabywczej „zielonej waluty". Cena złota jest też ujemnie skorelowana z innymi wiodącymi walutami.

Tematyka prognozowania ceny złota podjęta przez autorów jest ważna, ponieważ jej wzrost lub spadek obrazuje sytuacją gospodarczą danego państwa.

Zdaniem P. Dittmanna, prognozowanie jest racjonalnym, naukowym przewidywaniem przyszłych zdarzeń [Dittman 2016, s. 13]. Natomiast celem prognozowania jest zmniejszenie ryzyka związanego z popełnieniem błędu. Ma to duże znaczenie podczas planowania wszelkiego rodzajów kosztów i przychodów w różnych przedsiębiorstwach, w tym w branży turystycznej.

W literaturze istnieje wiele różnych klasyfikacji metod prognozowania, lecz jedną z najczęściej stosowanych jest podział metod na ilościowe i jakościowe. Z punktu widzenia niniejszego opracowania będą stosowane metody ilościowe. Wybór odpowiednich metod będzie poprzedzony dokładną analizą i oceną szeregów czasowych danych dotyczących wielkości rezerw Banku Centralnego w Polsce utrzymywanych w złocie monetarnym.

Analiza i ocena szeregu czasowego danych dotyczących wielkości złota monetarnego wyrażonego w zł utrzymywanego jako rezerwy w Banku Centralnym w Polsce

Pierwszym etapem badania było zestawienie na wykresie liniowym danych retrospektywnych dotyczących wielkości złota utrzymywanego jako rezerwy w NBP z 20 lat w ujęciu miesięcznym (rys. 1).

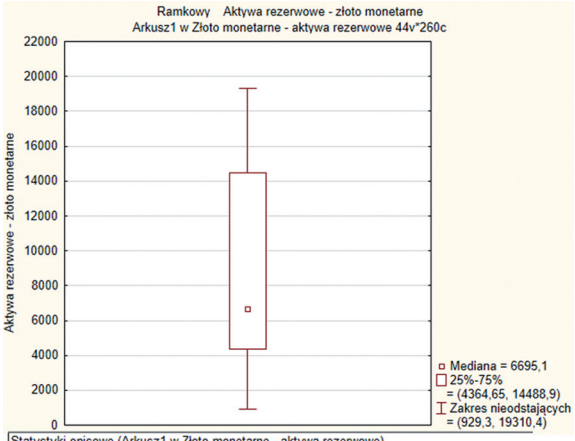
Rysunek 1. Zestawienie danych dotyczących wielkości złota monetarnego wyrażonego w zł utrzymywanego jako rezerwy w Banku Centralnym w Polsce

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych uzyskanych ze strony internetowej NBP: http://www.nbp.pl/home.aspx?f=/statystyka/aktywa_rezerwowe.html.

Następnie po przeprowadzonej obserwacji wzrokowej, na rysunku 1 mechanicznie kolorem czerwonym nakreślono linię trendu. Funkcja linii trendu ma postać Y = 916,8273+67,426•x. Alfa opisywanej funkcji wskazuje nza trend liniowy rosnący.

Kolejną czynnością było sprawdzenie, czy w rozpatrywanym szeregu czasowym występują wartości odstające i ekstremalne. W tym celu wykonano wykres ramka–wąsy i test Grubbsa (rys. 2).

Rysunek 2. Zastosowanie wykresu ramka–wąsy i testu Grubbsa



Statystyki opisowe (Arkusz1 w Złoto monetarne - aktywa rezerwowe)

Nważnych	Średnia	Grubbsa statystyka	poziom p	Minimum	Maksimum	Odch.std
248	9311,360	1,900662	1,000000	929,3000	19310,40	5260,818

Źródło: opracowanie własne.

Na wykresie ramka–wąsy brak jest wartości odstających i ekstremalnych. Fakt ten potwierdza zastosowany test Grubbsa (rys. 2).

Rysunek 3. Statystyka podstawowa danych retrospektywnych dotyczących wielkości złota monetarnego wyrażonego w zł utrzymywanego jako rezerwy w Banku Centralnym w Polsce

Statystyki opisowe (Arkusz1 w Złoto monetarne - aktywa rezerwowe)

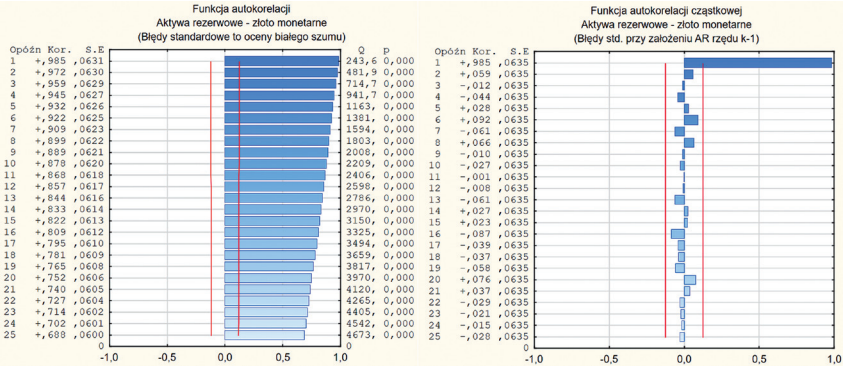
Nważnych	% Ważnych	Średnia	Geometr. Średnia	Mediana	Suma	Minimum	Maksimum	Dolny Kwartyl.	Górny Kwartyl.	Percentyl 10,00000	Percentyl 90,00000	Wariancja	Odch.std
248	100,0000	9311,360	7697,735	6695,100	2309217	929,3000	19310,40	4364,650	14488,90	3704,400	16677,40	27676208	5260,818

Źródło: opracowanie własne.

Na rysunku 3 przeprowadzono analizę podstawową danych retrospektywnych dotyczących wielkości złota monetarnego wyrażonego w zł utrzymywanego jako rezerwy w Banku Centralnym w Polsce. Średnia arytmetyczna była na poziomie 9 311,360, natomiast odchylenie standardowe wyniosło 5 260,818. Uzyskana wartość odchylenia standardowego informuje o tym, że średnio o 5 260,818 odbiegają wartości teoretyczne od średniej arytmetycznej. Minimalna wartość rozpatrywanego szeregu to 929, natomiast najwyższa 193 310,40. Dolny kwartyl był na poziomie 4 364,650, natomiast górny 14 488,90. Rozstęp międzykwartylowy jest znaczny, wskazuje na duży rozrzut, wynosi 10 124,25 i został przedstawiony na rysunku 2 jako nakreślony prostokąt na wykresie ramka wąsy.

Następnie analizowano szereg pierwotny pod kątem zastosowania narzędzi badawczych: autokorelacji i autokorelacji cząstkowej (rys. 4).

Rysunek 4. Zastosowanie narzędzi badawczych: autokorelacji i autokorelacji cząstkowej



Źródło: opracowanie własne.

Zastosowanie autokorelacji (rys. 4) jasno wskazuje, że rozpatrywany szereg jest niestacjonarny, gdyż współczynniki autokorelacji są istotne, bardzo wolno zmniejszają się i odległe są od zera. W przypadku autokorelacji cząstkowej, funkcja autokorelacji jest „ucięta" dla opóźnień większych od 1. Zastosowanie narzędzi przedstawionych na rysunku 4 zmusza do zastosowania różnicowania rozpatrywanego szeregu celem usunięcia niestacjonarności i dalszej analizy rozpatrywanego szeregu.

Rysunek 5. Zastosowanie testów nieparametrycznych: rang Spearmana, Gamma i Kendalla

Korelacja porządku rang Spearmana
BD usuwane parami
Oznaczone wsp. korelacji są istotne

Aktywa rezerwowe - złoto monetarne	Lp
1,000000	0,935628
0,935628	1,000000

Korelacja gamma
BD usuwane parami
Oznaczone wsp. korelacji są istotne

Aktywa rezerwowe - złoto monetarne	Lp
1,000000	0,792804
0,792804	1,000000

Korelacja tau Kendalla
BD usuwane parami
Oznaczone wsp. korelacji są istotne

Aktywa rezerwowe - złoto monetarne	Lp
1,000000	0,792804
0,792804	1,000000

Źródło: opracowanie własne.

Kolejnym etapem było zastosowanie testów nieparametrycznych: rang Spearmana, Gamma i Kendalla celem poszukiwania trendu. Zastosowane testy potwierdziły istnienie trendu.

Następnie dla celów badawczych zbudowano model regresji wielorakiej złożony z 14 predyktorów pod kątem zbadania istnienia trendu i sezonowości. Istotne predyktory przedstawiono na rysunku 6.

Rysunek 6. Model regresji wielorakiej

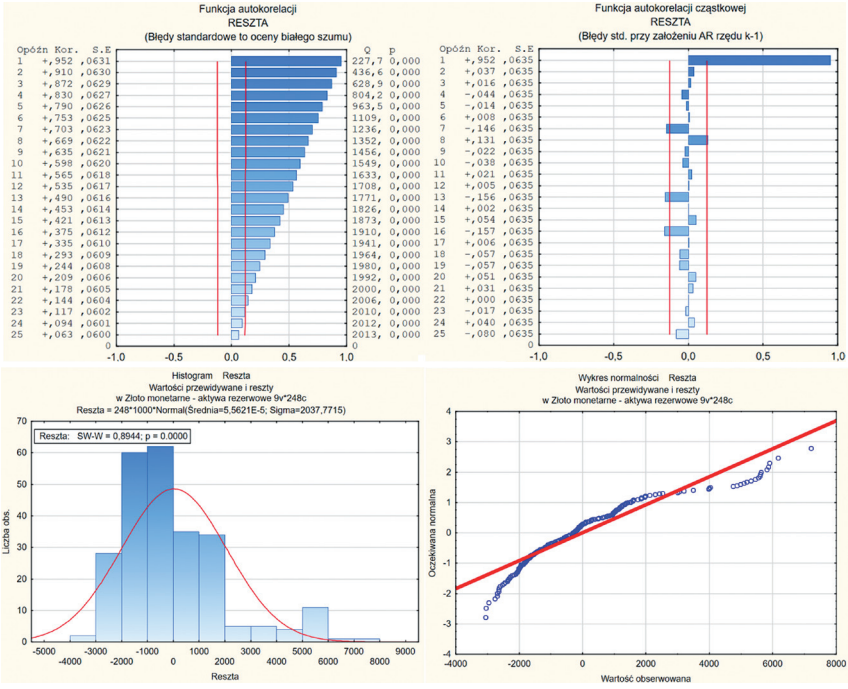
Podsumowanie regresji zmiennej zależnej:
R= ,92193326 R^2= ,84996093 Popraw. R2= ,84873612
F(2,245)=693,95 p<0,0000 Błąd std. estymacji: 2046,1

N=248	b*	Bł. std. z b*	b	Bł. std. z b	t(245)	p
W. wolny			3353,813	922,1968	3,63676	0,000337
t	1,048152	0,052880	76,867	3,8780	19,82133	0,000000
lnt	-0.145679	0.052880	-797.759	289.5774	-2.75491	0.006312

Źródło: opracowanie własne.

Istotnymi predyktorami przy p<0,05 okazały się zmienne t i lnt. Potwierdzają one istnienie trendu w rozpatrywanym szeregu czasowym. Następnie dokonano analizy i oceny reszt zbudowanego modelu. W tym celu użyto następujących narzędzi badawczych: autokorelacji, autokorelacji cząstkowej, histogramu, wykresu normalności i testu Shapiro-Wilka (rys. 7).

Rysunek 7. Analiza reszt zbudowanego modelu regresji wielorakiej



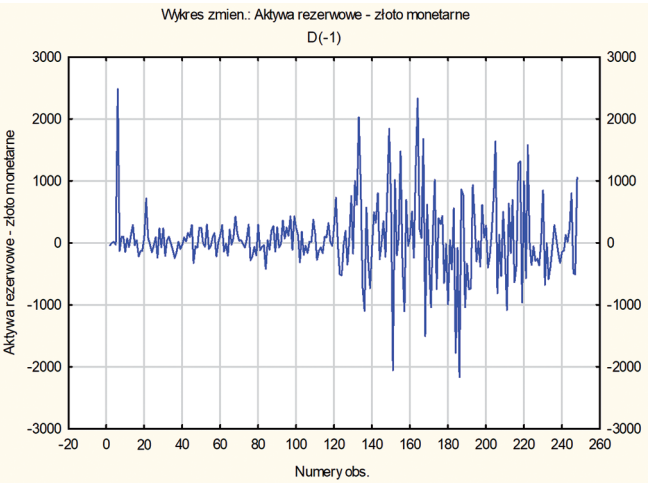
Źródło: opracowanie własne.

Z przeprowadzonej analizy reszt zbudowanego modelu regresji wielorakiej wynika, że analizowany szereg reszt jest niestacjonarny. Potwierdza to autokorelacja, która wykazuje istotne współczynniki autokorelacji i powolne spadki. W przypadku autokorelacji cząstkowej istotny był tylko pierwszy współczynnik. Rozkład reszt zbudowanego

modelu jest rozkładem zbliżonym do normalnego. Potwierdzają to histogram, wykres normalności i test Shapiro-Wilka.

Kolejną czynnością było usunięcie stacjonarności badanego szeregu czasowego. W tym celu wykonano różnicowanie pierwszego rzędu (rys. 8).

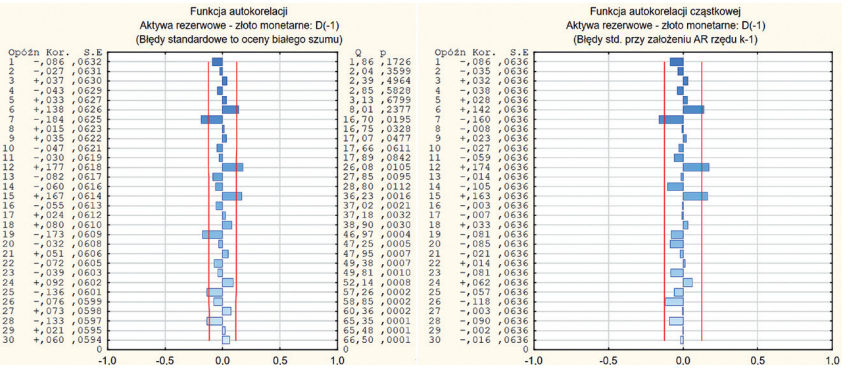
Rysunek 8. Różnicowanie szeregu czasowego danych dotyczących wielkości złota monetarnego wyrażonego w zł utrzymywanego jako rezerwy w Banku Centralnym w Polsce



Źródło: opracowanie własne.

Przeprowadzone różnicowanie pierwszego rzędu sprowadziło rozpatrywany szereg do poziomu stacjonarnego. Następnie zastosowano narzędzia badawcze w postaci autokorelacji i autokorelacji cząstkowej, pod kątem zaobserwowania istniejących zależności.

Rysunek 9. Analiza szeregu czasowego różnicowanego pod kątem zastosowania narzędzi badawczych: autokorelacji i autokorelacji cząstkowej

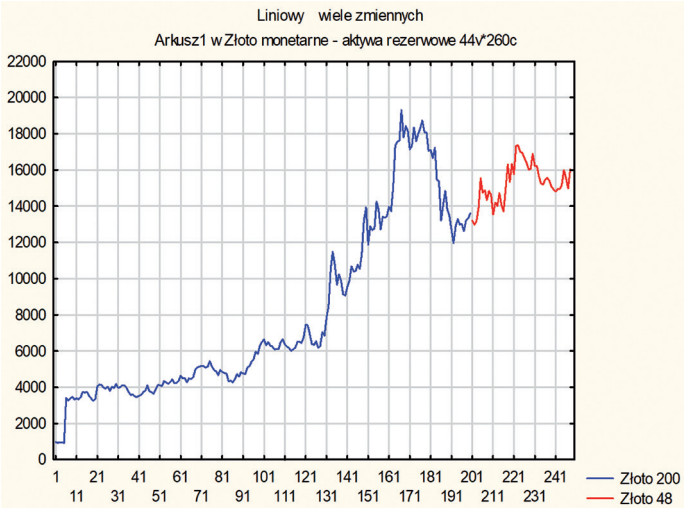


Źródło: opracowanie własne.

Z wykresu funkcji autokorelacji przedstawionej na rysunku 9 wynika, że współczynniki są nieistotnie różniące się od zera. Należy w tym wypadku przyjrzeć się statystyce Q, której kryterium wynosi 66,50 z prawdopodobieństwem testowym p równym 0,001. W tym wypadku można przypuszczać, że nie jest to biały szum. Natomiast autokorelacja cząstkowa potwierdza istnienie białego szumu, gdyż wszystkie współczynniki okazały się nieistotne.

Następnie dla celów badawczych podzielono rozpatrywany szereg na dwie części złożone z 200 i 48 elementów (rys. 10).

Rysunek 10. Podział szeregu czasowego danych dotyczących wielkości złota monetarnego wyrażonego w zł utrzymywanego jako rezerwy w Banku Centralnym w Polsce na dwa okresy, 200 i 48 elementów



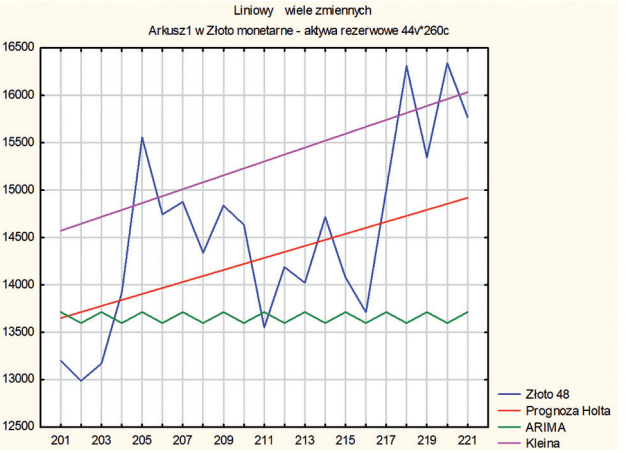
Źródło: opracowanie własne.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że rozpatrywany szereg czasowy jest szeregiem niestacjonarnym, który można sprowadzić do stacjonarności poprzez różnicowanie pierwszego rzędu. W rozpatrywanym szeregu czasowym istnieje trend liniowy rosnący i zasadnym jest wykorzystanie do budowy modelu ARIMA średniej ruchomej na poziomie 1 (co wynika z rys. 7).

Prognozowanie

Kolejnym etapem badania było poszukiwanie najlepszej metody prognostycznej opartej na wykrytych zależnościach w rozpatrywanym szeregu czasowym. W tym celu do prognozy rozpatrywanego szeregu czasowego zastosowano następujące metody prognostyczne: wygładzania wykładniczego Holta, ARIMA i Kleina. Wyniki prognozy przedstawiono na rysunku 11.

Rysunek 11. Prognozowanie szeregu czasowego złożonego z 200 elementów metodami: Holta, ARIMA i Kleina



Źródło: opracowanie własne.

Obserwacja wzrokowa rysunku 1 wskazuje, że najlepszą metodą okazała się prognoza wykonana metodą Holta, dla której optymalne Alfa wskutek przeprowadzenia symulacji komputerowej wyniosło 0,951. Dodać należy również, że zbudowany model ARIMA miał postać: (0,1,1), którego reszty prognozy po zastosowaniu narzędzi badawczych autokorelacji i autokorelacji cząstkowej wykazały biały szum, a rozkład reszt był zbliżony do normalnego, co zostało potwierdzone wykonanymi wykresami w postaci: histogramu i wykresu normalności. Natomiast prognoza modelem Kleina oparta została na dwóch istotnych predyktorach, którymi były t i lnt.

Następnie dokonano oceny wykonanych prognoz pod kątem zastosowania względnego błędu prognozy (rys. 12).

Rysunek 12. Ocena zbudowanych modeli prognostycznych

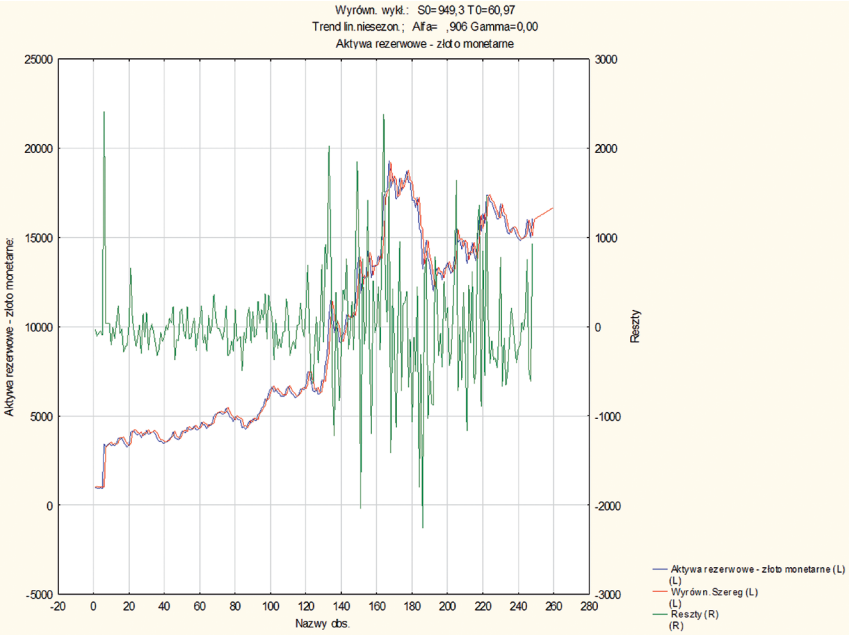
	Arkusz1		
	1 APE Holta	2 APE ARIMA	3 APE KLEINA
ŚREDNIA przyp. 1-260	4,64881123	7,34614345	6,21418178

Źródło: opracowanie własne.

Z przeprowadzonej oceny na rysunku 12 wynika, że najlepszą metodą prognostyczną jest model wygładzania wykładniczego Holta, gdzie APE jest najniższe i wynosi 4,65. Stało się to przesłanką do zastosowania metody Holta do prognozy pierwotnego szeregu czasowego złożonego z 248 elementów.

Na rysunku 13 została przedstawiona prognoza pierwotnego szeregu czasowego danych dotyczących wielkości złota w zł utrzymywanego jako rezerwy Banku Centralnego w Polsce na 2018 rok.

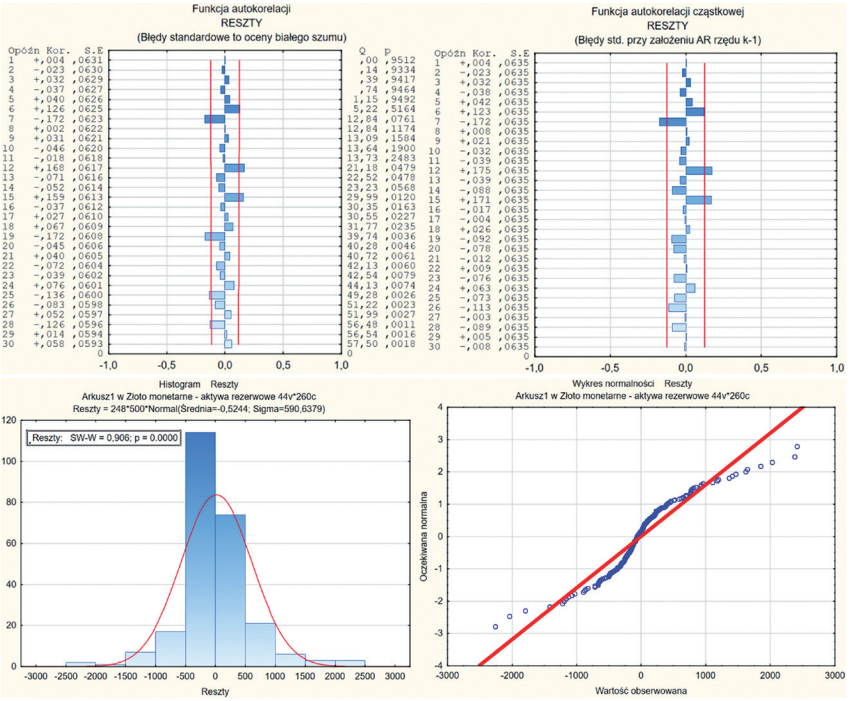
Rysunek 13. Prognozowanie pierwotnego szeregu czasowego złożonego z 248 elementów na 12 okresów metodą wyrównywania wykładniczego Holta



Źródło: opracowanie własne.

Wykonana prognoza metodą Holta na rysunku 13 wskazuje na trend rosnący. Wartości przewidywane pokrywają się z wartościami rzeczywistymi. Linią zieloną zaznaczono reszty zbudowanego modelu. Następnie przeprowadzono ich analizę i ocenę (rys. 14).

Rysunek 14. Analiza reszt prognozy wykonanej metodą wyrównywania wykładniczego Holta na 12 okresów



Źródło: opracowanie własne.

Przedstawione na rysunku 14 narzędzia badawcze w postaci autokorelacji i autokorelacji cząstkowej wskazują, że współczynniki w obu przypadkach są statystycznie nieistotne i potwierdza to istnienie zjawiska białego szumu. Zastosowanie wykresu w postaci histogramu, wykresu normalności oraz wykonany test Shapiro-Wilka świadczą o tym, że reszty zbudowanego modelu mają rozkład zbliżony do rozkładu normalnego. Tym samym należy przyjąć, że zbudowany model prognostyczny jest poprawny.

Wnioski

Przeprowadzona analiza i ocena szeregu czasowego danych retrospektywnych dotyczących wielkości złota utrzymywanego jako rezerwy w NBP z 20 lat w ujęciu miesięcznym wskazuje na trend rosnący, który spowodowany może być wzrostem gospodarczym oraz pewnego rodzaju sposobem walki z ewentualnymi kryzysami finansowymi.

W wyniku przeprowadzonych badań odpowiedź na główne pytanie badawcze uargumentowuje wykonanie analizy i oceny szeregu danych retrospektywnych dotyczących

wielkości złota utrzymywanego jako rezerwy w NBP z 20 lat w ujęciu miesięcznym, w celu doboru właściwej metody prognostycznej i przeprowadzania prognozy.

Szczegółowe wyniki prognozy szeregu czasowego danych retrospektywnych dotyczących wielkości złota utrzymywanego jako rezerwy w NBP z 20 lat w ujęciu miesięcznym złożonego z 248 elementów (miesięcy) na 12 przyszłych okresów metodą Holta przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wyniki prognozy wykonanej zbudowanym modelem Holta na bazie danych dotyczących szeregu czasowego wielkości złota utrzymywanego jako rezerwy w NBP na 2018 rok w ujęciu miesięcznym

Lp.	Prognoza wielkości złota utrzymywana jako rezerwy w NBP na 2018 rok – 12 miesięcy
styczeń	16 012,63
luty	16 073,60
marzec	16 134,57
kwiecień	16 195,54
maj	16 256,51
czerwiec	16 317,47
lipiec	16 378,44
sierpień	16 439,41
wrzesień	16 500,38
październik	16 561,35
listopad	16 622,32
grudzień	16 683,28

Źródło: opracowanie własne.

Zastosowanie metody Holta, przy utrzymanym trendzie rosnącym danych retrospektywnych dotyczących wielkości złota utrzymywanego jako rezerwy w NBP z 20 lat w ujęciu miesięcznym, może usprawnić prognozowanie dla instytucji zajmujących się analizą, oceną i prognozą danych retrospektywnych dotyczących gospodarki narodowej.

Bibliografia

Begg D., Vernasca G., Fischer S., Dornbusch R. (2014), *Makroekonomia*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.

Dittmann P. (2008, 2016), *Prognozowanie w przedsiębiorstwie. Metody i ich zastosowanie*, Wolters Kluwer Polska Sp. z o.o., Kraków.

Dittmann P. i in. (2009, 2016), *Prognozowanie w zarządzaniu przedsiębiorstwem*, Wydawnictwo Nieoczywiste, Imprint GAB Media.

Dittmann P. i in. (2011, 2016), *Prognozowanie w zarządzaniu sprzedażą i finansami przedsiębiorstwa*, Wydawnictwo Nieoczywiste, imprint GAB Media.

Kot S.M., Jakubowski J., Sokołowski A. (2011), *Statystyka. Wydanie drugie poprawione*, Difin, Warszawa.

Kozicki B. (2016), *Analiza potrzeb zaopatrzeniowych wojsk w rejonie odpowiedzialności WOG-u*, RMN/805/2016, WAT, Warszawa.

Kozicki B. (2018), *Metoda planowania nakładów środków zaopatrzeniowych w siłach zbrojnych*, Politechnika Warszawska, Warszawa.

Kozicki B., Ślaski P., Waściński T., Rusak S. (2016), *Modelowanie procesu planowania potrzeb z wykorzystaniem metody ABC w rejonie odpowiedzialności 33 Wojskowego Oddziału Gospodarczego*, GMiL, nr 5, ss. 642–651.

Kozicki B., Brzeziński M., Waściński T., Ślaski P. (2017), *Zastosowanie metody prognozowania w procesie planowania potrzeb w WOG*, GMiL.

Makridakis S.G., Wheelwright S.C., Hyndman R.J. (1998), *Forecasting methods and applications*, John Wiley and Sons, New York.

Papież M., Śmiech S. (2015), *Modelowanie i prognozowanie cen surowców energetycznych*, Wydawnictwo C.H. BECK, Warszawa.

Rabiej M. (2018), *Analizy statystyczne z programami Statistica i Exel*, Helion, Gliwice.

Suchwałko A., Zagdański A. (2016), *Analiza i prognozowanie szeregów czasowych. Praktyczne wprowadzenie na podstawie środowiska R*, PWN, Warszawa.

http://www.nbp.pl/home.aspx?f=/statystyka/aktywa_rezerwowe.html.

Elżbieta Jadwiga Szymańska
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Nauk Ekonomicznych
elzbieta_szymanska@sggw.pl

Zarządzanie łańcuchami dostaw na wybranych rynkach mięsa

Supply Chain Management on Selected Meat Markets

Abstract: The purpose of the analyzes was to recognize the functioning of pork, beef and poultry meat supply chains in Poland. The data from the Central Statistical Office and the Main Veterinary Inspectorate were used in the study. A valuable source of information was also the literature of the subject. The research shows that managing supply chains on particular meat markets is a difficult issue, due to their diversity in the areas of production, consumption and foreign trade, as well as the structure of entities. There are competitive relations between the various links of the meat supply chain rather than cooperative behavior. Features of the vertically integrated chain show only the supply chain of poultry meat. Mediums play a major role in the beef market and the pig market in recent years has been fighting African Swine Pomerania. The imbalance among participants in the pork, beef and poultry meat supply chain provokes unfair practices in agri-food trade, which affects the deterioration of the financial condition of agricultural producers and meat enterprises and limits investment.
Key words: management, supply chain, meat market

Wprowadzenie

Rynek mięsa w Polsce jest jednym z najważniejszych rynków gospodarki żywnościowej. Od kilkunastu lat branża mięsna w kraju stopniowo rozwija się, co jest widoczne zarówno po stronie konsumentów, jak i producentów. Niskie bezrobocie, napędzany głównie konsumpcją wzrost gospodarczy i wzrost przeciętnego wynagrodzenia sprawiają, że gospodarstwa domowe dysponują coraz większym dochodem rozporządzalnym, to zaś rzutuje na decyzje konsumenckie w zakresie zwiększonego spożycia mięsa [Milan 2017, s. 28].

Rynek mięsa w Polsce jest zróżnicowany strukturalnie, zarówno w jednostkach naturalnych, jak i w wartości pieniężnej. Wynika to z różnej wielkości spożycia poszczególnych gatunków mięsa i zachodzących zmian w tym zakresie. Duże znaczenie odgrywa także sytuacja w handlu zagranicznym.

Łańcuch dostaw mięsa łączy trzy ważne sektory gospodarki: rolnictwo, przetwórstwo oraz dystrybucję. Jednocześnie charakteryzuje się dużą różnorodnością podmiotów wchodzących w jego skład. Obejmuje on producentów, dostawców, firmy transportowe, magazyny, sprzedawców hurtowych i detalicznych, organizacje usługowe oraz konsumentów [Gołębiewski 2007, s. 12]. Stanowią one sieć organizacji zaangażowanych, przez powiązania z dostawcami i odbiorcami, w rożne procesy i działania, które tworzą wartość w postaci produktów dostarczanych ostatecznym konsumentom [Christopher 2000, s. 14].

Zarządzanie łańcuchem dostaw to złożony proces, który wymaga decyzji związanych z organizacją sieci partnerów, komunikacji między nimi, współpracy, poszukiwania narzędzi do skutecznego planowania, a także koordynacji przepływu towarów i środków pieniężnych [Ciesielski 2009]. W zakresie procesów logistycznych w łańcuchu żywnościowym, priorytetowym celem dla jego uczestników jest m.in. ograniczenie zapasów, zmniejszenie kosztów magazynowania, wprowadzenie małych, ale częstych dostaw bądź też zapewnienie odpowiedniej jakości dostaw.

Zdaniem Guby i Majewskiego [2008] między ogniwami w dół i w górę łańcucha podaży żywności w Polsce, w tym mięsa, ciągle panują raczej stosunki konkurencyjne niż zachowania o charakterze kooperacji. Przy tym negocjacje między kupującymi i sprzedającymi prowadzone są głównie w sposób niejawny, rynek jest mało przejrzysty i brakuje rynkowych narzędzi stabilizacji cen [Seremak-Bulge i Jerzak 2006, s. 113].

Analiza łańcucha dostaw produktów żywnościowych, w tym mięsa, jest trudna, a wynika to z bardzo dużej różnorodności podmiotów biorących w nim udział, wielu odmiennych form organizacyjnych oraz braku dostępu do danych z tego zakresu. Z przeglądu literatury wynika, że większość badań naukowych odnosi się do wybranych ogniw łańcucha dostaw np. transportu, gospodarki magazynowej czy kanałów dystrybucji. Brakuje natomiast całościowych prac na temat powiązań wszystkich ogniw: producentów, pośredników przedsiębiorstw, sieci handlowych i konsumentów.

Celem analiz było rozpoznanie funkcjonowania łańcuchów dostaw wieprzowiny, wołowiny i mięsa drobiowego w Polsce. W badaniach wykorzystano dane GUS oraz Głównego Inspektoratu Weterynarii. Cennym źródłem informacji była także literatura przedmiotu. W badaniach zastosowano analizę porównawczą w formie wertykalnej i horyzontalnej.

W opracowaniu dokonano analizy podstawowych rynków mięsa w Polsce, w zakresie produkcji, konsumpcji w latach 2000–2016 oraz handlu zagranicznego w latach 2006–2016. Ponadto, opracowano schematy form organizacji łańcuchów dostaw wieprzowiny, wołowiny i mięsa drobiowego, z uwzględnieniem ich specyficznych cech.

Istota zarządzania łańcuchem dostaw

Łańcuch dostaw ma kluczowe znaczenie dla funkcjonowania współczesnych przedsiębiorstw. Obejmuje on grupę przedsiębiorstw realizujących wspólnie działania niezbędne do zaspokojenia zapotrzebowania na określone produkty w całym łańcuchu (sieci) przepływu dóbr [Coyle i in. 2002, s. 31]. Sprawny łańcuch dostaw jest kluczowym warunkiem właściwego reagowania na zmieniającą się sytuację na rynku, postrzega się go jako wyodrębnioną całość, nie zaś jako delegację jego odpowiedzialności za rożne segmenty łańcucha do rożnych jego części [Abt 2003, s. 23].

Zarządzanie łańcuchem dostaw oznacza koncepcję planowania, sterowania i kontroli w odniesieniu do łańcucha logistycznego, obejmującego wszystkie fazy tworzenia i dostarczania wartości logistycznych od miejsca pozyskania surowców, poprzez produkcję, do ostatecznego nabywcy, w celu zaoferowania odpowiednich towarów we właściwym miejscu i czasie, we właściwej ilości i jakości, przy uzasadnionych kosztach, z wykorzystaniem nowoczesnej technologii informacji [Blaik 2001, s. 169].

Według A. Szymonika [2017, ss. 6–8] zarządzanie łańcuchami dostaw dotyczy:

- wspólnego planowania, prognozowania, uzupełniania zapasów oraz kontrolowania i sterowania powiązanych procesów w łańcuchu dostaw;
- konfigurowania produktu i sieci, co polega na podjęciu kluczowych decyzji o oferowanych produktach i usługach, strukturze podmiotowej i więziach zachodzących pomiędzy ogniwami łańcucha;
- projektowania wyrobów przy wykorzystaniu potencjału wiedzy dostawców;
- formowania sieci produkcyjnej, zmierzającej do wyboru i określenia zadań produkcyjnych, miejsc produkcji i utrzymywania zapasów;
- optymalizacji procesów zachodzących w łańcuchu dostaw;
- jednoznaczności identyfikacji produktu, ładunku czy lokalizacji partnera w skali świata;
- stałej analizy i śledzenia (jednakowych dla wszystkich uczestników) wskaźników i mierników efektywności parametrów biznesowych.

Idealny łańcuch dostaw powinien [Ciesielski 2009, s. 15]:

- umożliwiać odsunięcie w czasie decyzji o produkcji i dostawach podejmowanych na podstawie informacji o popycie,
- umożliwiać oferowanie klientom dużej różnorodności,
- minimalizować czas dostaw, zapasów oraz kosztów.

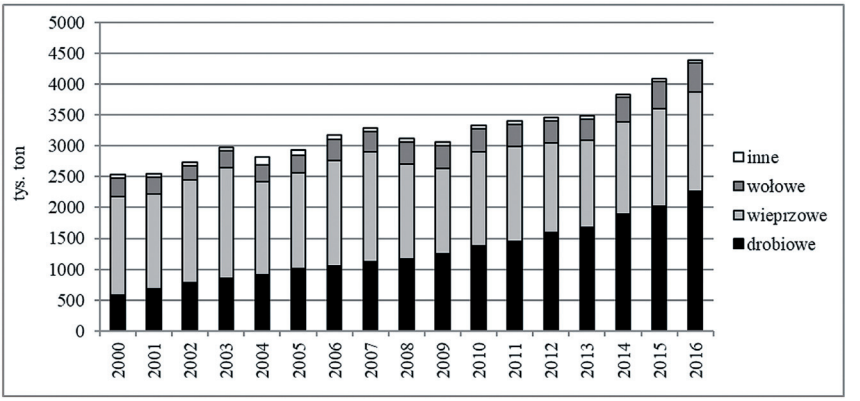
Istnieje wiele możliwości i sposobów doskonalenia łańcuchów dostaw. Wszystkie działania powinny jednak uwzględniać tzw. teorię ograniczeń (*Theory of Constraints*), która głosi, iż łańcuch jest tak silny, jak jego najsłabsze ogniwo [Hugos 2003]. Istotne staje się także dążenie do unikania implikacji wynikających z tzw. efektu motyla lub byczego bicza. Efekt ten polega na tym, że małe zakłócenia warunków początkowych powodują znaczne zakłócenia działania całego systemu, poprzez sprzężenie zwrotne. W łańcuchu dostaw efekt ten ujawnia się poprzez przenoszenie wzmocnionych zmian popytu w kierunku początku łańcucha. Zagrożenie wystąpienia efektu motyla jest tym większe, im więcej pośredników w łańcuchu dostaw i dłuższy czas realizacji dostaw. Efekt ten jest także wynikiem słabego

przepływu informacji, manipulowania cenami lub grupowania zamówień [Van der Vorst 2000]. Jako uniwersalne działania, postulowane przy ograniczaniu tego niekorzystnego efektu, wymienia się przede wszystkim dzielenie się wiedzą i informacją, koordynację wszystkich procesów w łańcuchu dostaw i wspólne podejmowanie decyzji, a także zmniejszanie liczby pośredników i usprawnienie przepływów materiałowych w łańcuchu żywnościowym [Mayerson 2007].

Produkcja, konsumpcja i obroty handlu zagranicznego mięsem w Polsce

Produkcja mięsa ulega w czasie pewnym wahaniom, które zależą m.in. od wielkości i struktury jego spożycia oraz od wysokości cen skupu żywca i poziomu cen detalicznych mięsa i jego przetworów [Bąk-Filipek 2014, s. 7]. Na początku XXI wieku w Polsce zdecydowanie zwiększyła się produkcja mięsa drobiowego: z 579 tys. ton w 2000 roku do 2267 tys. ton w 2016 roku (rys. 1).

Rysunek 1. Produkcja różnych gatunków mięsa w Polsce w latach 2000–2016

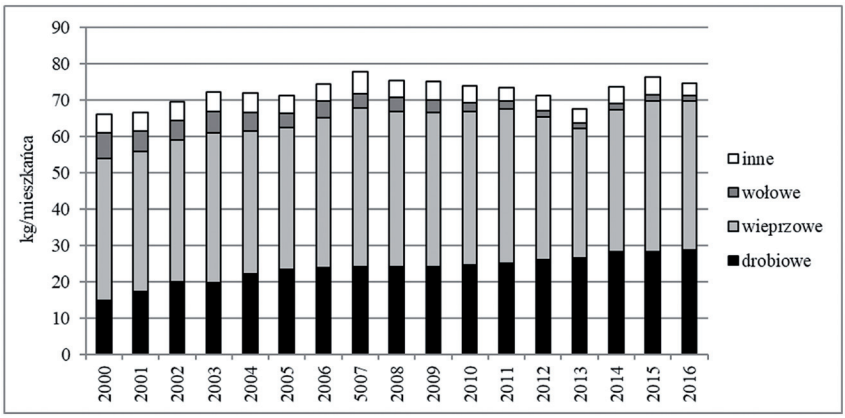


Źródło: opracowanie własne na podstawie danych [Rocznik statystyczny rolnictwa... 2017].

Produkcja mięsa wieprzowego w tym okresie wahała się od 1381 tys. ton do 1804 tys. ton. Było to związane ze zmianami opłacalności produkcji oraz redukcją pogłowia w latach 2010–2013. Od 2013 roku, wraz z odbudową stad trzody chlewnej, obserwuje się wzrost produkcji tego gatunku mięsa. W 2016 roku wyniosła ona 1607 tys. ton. Produkcja mięsa wołowego od 2002 roku zwiększa się, ale nadal jest mała w stosunku do innych gatunków mięsa i w 2016 roku wyniosła 470 tys. ton.

Spożycie mięsa w Polsce utrzymuje się na wysokim poziomie. W 2000 roku wynosiło 60 kg, a w 2016 roku 71,1 kg na mieszkańca (rys. 2). W strukturze konsumpcji mięsa dominuje wieprzowina, której udział w 2016 roku wyniósł 54,8%. Wynika to z tradycji i dużej dostępności tego gatunku mięsa.

Rysunek 2. Spożycie różnych gatunków mięsa w Polsce w latach 2000–2016

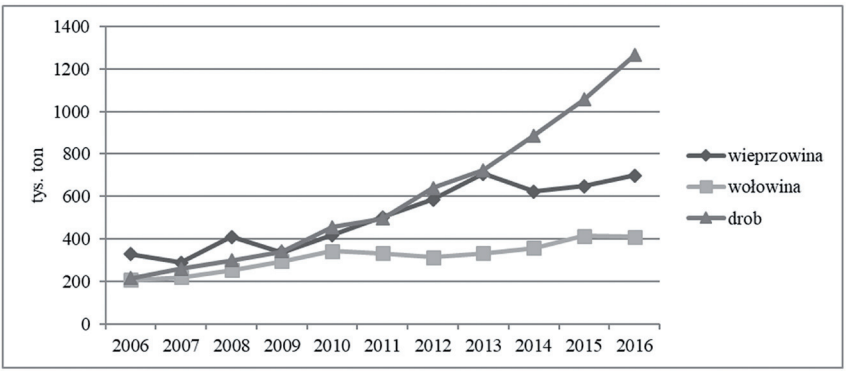


Źródło: opracowanie własne na podstawie danych [Rocznik statystyczny rolnictwa... 2017].

W analizowanym okresie spożycie wieprzowiny utrzymywało się na poziomie od 39 do 42 kg. Jedynie w 2013 roku było niższe i wynosiło 35,5 kg na mieszkańca. Coraz większego znaczenia nabiera jednak mięso drobiowe. W latach 2000–2016 spożycie tego gatunku mięsa zwiększyło się z 14,7 do 28,8 kg na mieszkańca. Na rosnącą popularność mięsa drobiowego wpływają niskie ceny, walory smakowe, mała kaloryczność oraz kampanie reklamowe. W 2016 roku udział mięsa drobiowego w strukturze konsumowanych gatunków mięs stanowił 38,7%. Rzadko spożywanym gatunkiem mięsa w Polsce jest natomiast wołowina. W 2016 roku przeciętne spożycie wołowiny wynosiło 1,5 kg na mieszkańca, a jej udział w strukturze konsumpcji stanowił tylko 2%. Niska popularność tego gatunku mięsa wśród Polaków wiąże się z jego wysoką ceną i trudnością przyrządzenia, w porównaniu z łatwymi w obróbce wieprzowiną i drobiem. Częstym problemem jest także brak powtarzalnej jakości w kolejnych dostawach wołowiny.

Istotnym elementem rynku mięsa jest saldo handlu zagranicznego. W latach 2006–2016 było ono dodatnie i zwiększyło się z 475 tys. do 1311,4 tys. ton (rys. 3). Największą dynamiką wzrostu cechował się eksport mięsa drobiowego. W analizowanym okresie sprzedaż tego gatunku mięsa na rynki zagraniczne zwiększyła się z 215 tys. do 1265,6 tys. ton. Mięso drobiowe stało się polską specjalnością eksportową. To właśnie eksport jest podstawowym czynnikiem sprawczym rozwoju produkcji tego gatunku mięsa i całej branży. Głównymi odbiorcami mięsa drobiowego z Polski są kraje Unii Europejskiej, gdzie jest ono cenione za dobrą jakość oraz niskie ceny. Pewne zagrożenie dla dalszego wzrostu eksportu mięsa drobiowego stanowią wzrost kosztów pracy w kraju oraz możliwy rozwój ognisk ptasiej grypy.

Rysunek 3. Eksport zwierząt rzeźnych, mięsa, przetworów, podrobów i tłuszczy w ekwiwalencie mięsa

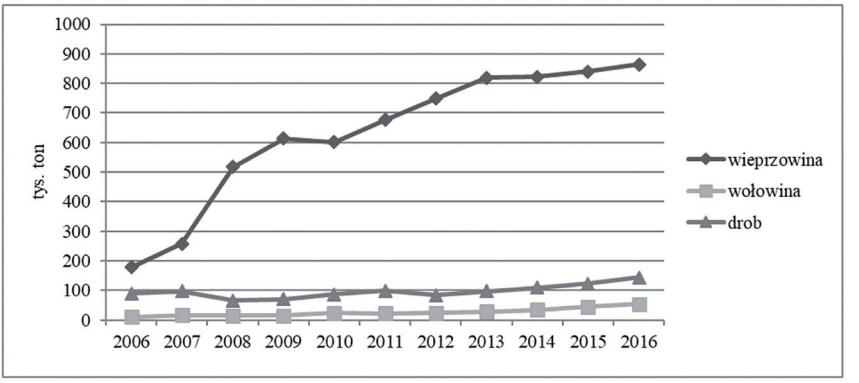


Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Rynek mięsa 2010, 2014].

Zagraniczne rynki szybko zdobywa także polska wołowina. W latach 2006–2012 jej eksport zwiększył się z 208 tys. do 332 tys. ton. W kolejnym roku został on zahamowany przez wprowadzenie w Polsce zakazu uboju rytualnego. Przywrócenie jego legalności w grudniu 2014 roku wpłynęło na zwiększenie sprzedaży wołowiny do krajów spoza UE. Wzrostowi eksportu tego gatunku mięsa sprzyjają konkurencyjność cenowa na rynku światowym, dywersyfikacja kierunków geograficznych wywozu i poprawa jakości produkowanego mięsa.

Odmienna sytuacja występuje w obrotach handlu zagranicznego wieprzowiną. Od 2008 roku Polska jest importerem netto tego gatunku mięsa. W latach 2006–2016 import wieprzowiny zwiększył się z 178 tys. do 863,9 tys. ton (rys. 4).

Rysunek 4. Import zwierząt rzeźnych, mięsa, przetworów, podrobów i tłuszczy w ekwiwalencie mięsa



Źródło: opracowanie własne na podstawie [Rynek mięsa 2010, 2014].

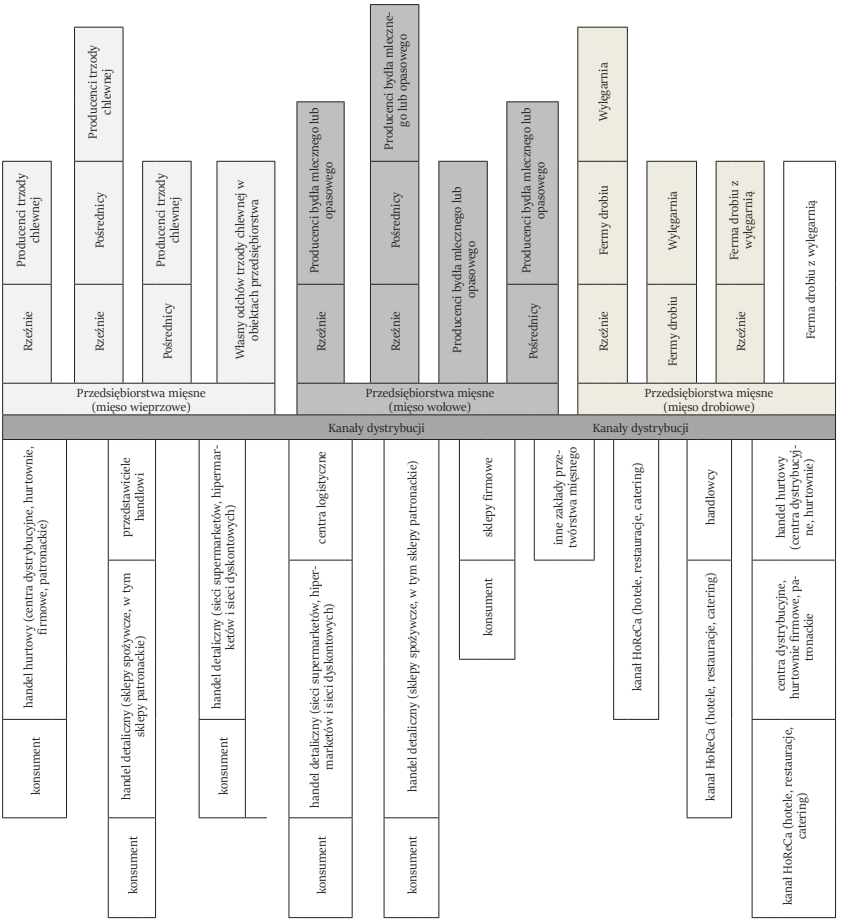
Podstawową tego przyczyną był spadek pogłowia świń w latach 2006–2013 w wyniku obniżenia opłacalności produkcji. W strukturze importu dominuje mięso wieprzowe, ale zwiększa się import młodych zwierząt. Jest to powiązane z organizacją chowu świń w Polsce i brakiem dużych partii prosiąt oraz warchlaków o odpowiednich parametrach jakościowych. Ponadto, w 2014 roku wykryto w Polsce ogniska Afrykańskiego Pomoru Świń. To spowodowało obniżenie eksportu wieprzowiny ze względu na wprowadzenie przez Rosję i część krajów azjatyckich embarga na polską wieprzowinę.

Formy organizacji łańcuchów dostaw na wybranych rynkach mięsa

Cechą charakterystyczną łańcuchów dostaw mięsa i produktów mięsnych jest ich skomplikowana struktura. Wynika ona głównie ze specyfiki chowu zwierząt rzeźnych, wrażliwych na warunki przetrzymywania, transportu i uboju. Ponadto, mięso oraz wyroby mięsne wymagają odpowiednich warunków transportu i przechowywania, a także dbałości o jakość. Tego rodzaju łańcuchy dostaw cechuje również duża różnorodność podmiotów biorących udział w produkcji, przetwórstwie i handlu wyrobami gotowymi. Różnorodność ta odnosi się zarówno do wielkości podmiotów, jak i form ich własności. Po urynkowieniu gospodarki żywnościowej powstało wiele firm związanych z przetwórstwem i dystrybucją mięsa. Ponadto, w warunkach procesów globalizacji i koncentracji część tych przedsiębiorstw została przejęta przez kapitał obcy. Jednocześnie duża konkurencja spowodowała znaczne zróżnicowanie asortymentowe oferty i zmianę pozycji konsumentów na rynku.

Łańcuchy dostaw mięsa i wyrobów mięsnych można podzielić na dwa etapy (rys. 5):
- produkcja i dostawy żywca do ubojni i przedsiębiorstw mięsnych,
- dystrybucja mięsa i wyrobów mięsnych do konsumenta.

Rysunek 5. Formy organizacji łańcuchów dostaw mięsa



Źródło: opracowanie własne.

W drugim etapie łańcucha dostaw mięsa udział biorą hurtownie, sieci handlowe, zakłady żywienia zbiorowego oraz punkty sprzedaży detalicznej. W tym obszarze organizacja łańcucha dostaw obejmuje różne kanały dystrybucji.

Wszystkie ogniwa łańcucha dostaw wpływają na warunki funkcjonowania rynku mięsa i produktów mięsnych, a zachodzące w nich zmiany oddziałują na opłacalność produkcji. Na końcowy asortyment oferowanych konsumentom produktów decydujący wpływ mają rolnicy, jako pierwotni producenci oraz podmioty zajmujące się przetwórstwem mięsa.

Uczestnicy łańcuchów dostaw na wybranych rynkach mięsa

Łańcuch produkcji, przetwórstwa i dystrybucji mięsa oraz produktów wieprzowych charakteryzuje się dużym rozdrobnieniem podmiotów, a najsłabszym jego ogniwem są producenci świń. W czerwcu 2016 roku chowem i hodowlą świń zajmowało się 172,2 tys. gospodarstw. Stanowiły one 24% wszystkich gospodarstw utrzymujących zwierzęta gospodarskie [Charakterystyka 2017]. Jednocześnie 39,8% posiadało tylko kilka sztuk, a 40,6% od 10 do 49 sztuk tego gatunku zwierząt. Odsetek gospodarstw, w których liczba świń stanowiła 200 i więcej sztuk, wynosił zaledwie 4,5%. Rozdrobniona struktura gospodarstw utrudnia współpracę z przedsiębiorstwami mięsnymi. Na jej ograniczony charakter wpływa także brak silnych powiązań między producentami świń a zakładami uboju czy przetwórstwa (w tym powiązań kapitałowych). Formą integracji pionowej są głównie umowy kontraktacyjne oraz tzw. tucz nakładczy w gospodarstwach rolników.

Charakterystyczną cechą chowu bydła w Polsce jest dwukierunkowe użytkowanie zwierząt, dlatego nie występuje wyraźny podział na sektor produkcji mleka i wołowiny. Większość gospodarstw posiadających bydło uczestniczy w procesie produkcji zarówno mleka, jak i wołowiny, choć w rożny sposób i w rożnych proporcjach. Standardowo, krowy utrzymywane do produkcji mleka po kilku latach są przeznaczane na ubój, stanowiąc wysoki udział w krajowej podaży wołowiny. Ponadto, chów bydła, podobnie jak w przypadku świń, cechuje duże rozdrobnienie. W 2016 roku chów i hodowlę bydła prowadziło 343,2 tys. gospodarstw rolnych i stanowiły one 47,8% wszystkich gospodarstw utrzymujących zwierzęta gospodarskie [Charakterystyka 2017]. W tej grupie 20,7% posiadało tylko jedną albo dwie sztuki bydła, 34,6% utrzymywało od 3 do 9 sztuk, a 44,7% 10 i więcej sztuk. W tych największych stadach znajdowało się 87,6% pogłowia. Przeciętna obsada tego gatunku zwierząt na 100 ha użytków rolnych wynosiła 105,5 szt.

W łańcuchach dostaw wołowiny dużą rolę odgrywają pośrednicy. Zakłady mięsne i ubojnie nie są bowiem zainteresowane zakupem bydła od producentów oferujących jednorazowo jedną albo kilka sztuk zwierząt z uwagi na koszty transportu. W związku z tym ponad 60% dostaw żywca wołowego do uboju realizują pośrednicy [Projekt 2017]. Skupują oni zwierzęta z gospodarstw i dostarczają do ubojni, przechwytując marżę, w efekcie czego rolnicy uzyskują niższe ceny.

W strukturze mięsa drobiowego dominuje mięso kurcząt brojlerów. W 2016 roku jego udział wynosił 82,6% całkowitej produkcji [Rynek mięsa 2017]. Mięso indycze stanowiło 14,6%, a udział mięsa drobiu wodnego, tj. kaczek i gęsi oraz pozostałego drobiu, wynosił tylko 2,8%. Chowem brojlerów kurzych zajmowało się 64,5 tys. gospodarstw rolnych, czyli 9,0% ogółu gospodarstw posiadających zwierzęta gospodarskie [Charakterystyka 2017]. Około 95,8% z nich posiadało od 1 do 499 sztuk tego gatunku zwierząt, a 3,8% 10 000 i więcej sztuk. W pierwszej grupie znajdowało się 1,1%, a w drugiej 97,9% pogłowia.

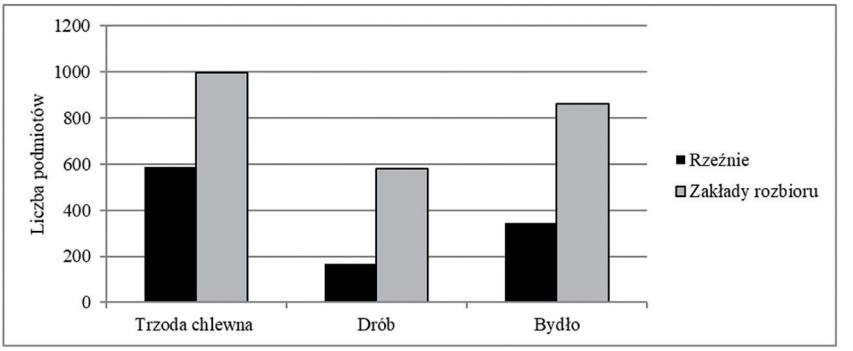
Łańcuch drobiarski jest relatywnie krótki, a znaczenie pośredników małe. Wykazuje on cechy układu zintegrowanego pionowo, ponieważ relacje ekonomiczne w łańcuchu drobiarskim opierają się na pisemnych długookresowych kontraktach między

ubojniami a fermami drobiu rzeźnego. W umowach określana jest wielkość, termin i warunki dostawy żywca do uboju, ale cena skupu ustalana jest zwykle w dniu jego dostawy. Zwiększa to ryzyko po stronie producentów drobiu, którzy praktycznie nie mają możliwości sprzedaży wyprodukowanego żywca w inny sposób.

Krajowe przetwórstwo mięsne jest silnie zróżnicowane pod względem wielkości zakładów i form organizacyjno-prawnych. Obok dużych grup kapitałowych, o rocznych przychodach mieszczących się w przedziale 1-1,5 mld zł, występuje duża liczba średnich oraz małych przedsiębiorstw rodzinnych, o sprzedaży nieprzekraczającej 20 mln zł. Liczbę rzeźni i zakładów rozbioru na rynku mięsa w 2016 roku według Głównego Inspektoratu Weterynarii podano na rysunku 6. W praktyce rzeźnie zajmujące się ubojem trzody chlewnej dokonują także uboju bydła. Ponadto w wielu przedsiębiorstwach dokonuje się zarówno uboju zwierząt, jak ich rozbioru oraz przetwórstwa mięsa.

Stosunkowo niewielka skala działalności części producentów mięsa i przetworów mięsnych przekłada się wprost na ich niską pozycję konkurencyjną względem dużych sieci handlowych, które ze względu na skalę sprzedaży dyktują ceny i warunki dostaw. Ponadto, w celu rozwoju własnych marek sprzedają produkty (w szczególności surowe mięso, a rzadziej przetworzone produkty mięsne) pod własnym szyldem. W ten sposób sieci handlowe mają większą kontrolę nad źródłami zaopatrzenia w mięso, a mali przetwórcy pozostają anonimowi w ocenie finalnych konsumentów.

Rysunek 6. Liczba rzeźni i zakładów rozbioru na rynku mięsa w 2016 roku



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GIW.

To rozproszenie przedsiębiorstw, a także sezonowe wahania cen surowców, wymusiły na reprezentantach przemysłu mięsnego podjęcie działań konsolidacyjnych. Większym grupom łatwiej jest pozyskać środki finansowe, utrzymać udział w rynku i prowadzić ekspansję zagraniczną. Efekt skali pozwala także największym firmom na własną produkcję mięsa nieprzetworzonego, czyli chów bydła i trzody chlewnej we własnych obiektach. To ogranicza główny element ryzyka, czyli duże wahania cen surowca.

Procesy koncentracji pionowej i poziomej doprowadziły do wyłonienia się grupy liderów rynkowych, którzy za najważniejsze instrumenty konkurowania w długim

okresie uznali jakość produktu i wykreowanie marki. Z biegiem lat znaczenia nabrało także wdrażanie innowacji, zwłaszcza produktowych i procesowych. Przyjęte przez liderów strategie rozwoju pozwalają obniżyć koszty produkcji oraz wprowadzić nowoczesne metody zarządzania łańcuchami dostaw.

W sektorze mięsnym w Polsce najczęściej przyjmowana jest strategia mieszanych kanałów dystrybucji, włączając ogniwa pośrednie oraz bezpośrednie dostawy do sieci supermarketów i hipermarketów. Kierunki dystrybucji półproduktów i wyrobów gotowych obejmują dwie grupy odbiorców: indywidualnych i instytucjonalnych.

Wzrost znaczenia sprzedaży półproduktów i wyrobów gotowych do hipermarketów, supermarketów i sieci dyskontowych wynika ze zwiększenia udziału wartościowego tego kanału dystrybucji w obrotach żywnością. Jednocześnie obserwuje się niewielki udział bezpośrednich dostaw mięsa i jego przetworów do sklepów spożywczych. Ta grupa placówek sprzedaży detalicznej zaopatrywana jest głównie przez centra dystrybucyjne, hurtownie firmowe i patronackie.

Bezpośrednie dostawy mięsa i wędlin do hoteli, restauracji i podmiotów świadczących usługi cateringu (HoReCa) odbywają się wyłącznie do średnich i dużych odbiorców. W tym kanale dystrybucji czynnikami o znaczeniu decydującym są korzyści płynące ze współpracy, zaufanie do producenta/marki oraz lokalizacja odbiorcy w pobliżu zakładu mięsnego. Istotne znaczenie marketingowe ma też sprzedaż mięsa i jego przetworów przez własną sieć sklepów i stoisk firmowych.

Nierównowaga wśród uczestników łańcucha dostaw wieprzowiny, wołowiny i mięsa drobiowego prowokuje występowanie nieuczciwych praktyk w handlu rolno-spożywczym, co wpływa na pogarszanie kondycji finansowej producentów żywności i ogranicza inwestowanie w produkcję. Często przyczynia się także do obniżania jakości produkowanych towarów [Szymańska 2017, s. 127].

Podsumowanie i wnioski

Przedstawione analizy nie wyczerpują podjętej tematyki badań. Na ich podstawie można jednak sformułować kilka wniosków.

1. Zarządzanie łańcuchami dostaw na poszczególnych rynkach mięsa jest zagadnieniem trudnym, ze względu na ich zróżnicowanie w zakresie produkcji, konsumpcji oraz handlu zagranicznego, a także struktury funkcjonujących podmiotów. Cechy łańcucha zintegrowanego pionowo wykazuje jedynie łańcuch dostaw mięsa drobiowego. Na rynku wołowiny dużą rolę odgrywają pośrednicy, a rynek wieprzowiny w ostatnich latach walczy z Afrykańskim Pomorem Świń.

2. Rynki mięsa w Polsce, zwłaszcza wieprzowiny i wołowiny, cechuje duże rozdrobnienie podmiotów w obszarze produkcji żywca, przetwórstwa mięsa i handlu, co utrudnia współpracę w łańcuchach dostaw. Duży udział stanowią gospodarstwa i przedsiębiorstwa o małej skali produkcji. Ogranicza to ich siłę przetargową w kontaktach z przemysłem mięsnym i paszowym oraz sieciami handlowymi. Między poszczególnymi ogniwami łańcucha dostaw mięsa panują raczej stosunki konkurencyjne niż zachowania o charakterze kooperacji.

3. Nierównowaga wśród uczestników łańcucha dostaw wieprzowiny, wołowiny i mięsa drobiowego prowokuje występowanie nieuczciwych praktyk w handlu rolno-spożywczym, co wpływa na pogarszanie kondycji finansowej producentów rolnych oraz przedsiębiorstw mięsnych i ogranicza inwestowanie. Coraz silniejsza presja cenowa ze strony sieci handlowych zmusza rolników i przedsiębiorstwa mięsne do wzmacniania swoich pozycji w łańcuchach dostaw poprzez tworzenie grup producenckich oraz integrację pionową.

4. Najsłabszym ogniwem w łańcuchu dostaw mięsa są producenci zwierząt. W celu poprawy ich sytuacji względem firm handlowych i przetwórczych podejmowane są różne działania. Jednym z nich jest wprowadzenie od 11 lutego 2017 roku przepisów, które wymuszają obowiązek nabywania produktów rolnych od rolników na podstawie pisemnej umowy handlowej. Wskazane jest także wsparcie finansowe zmian strukturalnych na runku mięsa w celu wzrostu skali produkcji żywca w gospodarstwach rolnych.

Bibliografia

Abt S. (red.) (2003), *Logistyka ponad granicami*, ILiM, Poznań.

Bąk-Filipek E. (2014), *Przemiany na rynku mięsa w Polsce*, Zeszyty Naukowe SGGW „Polityki Europejskie, Finanse i Marketing", nr 12(61), ss. 7–16.

Blaik P. (2001), *Logistyka. Koncepcja zintegrowanego zarządzania*, PWE, Warszawa.

Charakterystyka gospodarstw rolnych w 2016 roku, GUS, Warszawa 2017.

Christopher M. (2000), *Logistyka i zarządzanie łańcuchem dostaw*, Polskie Centrum Doradztwa Logistycznego, Warszawa.

Ciesielski M. (2009), *Instrumenty zarządzania łańcuchami dostaw*, PWE, Warszawa.

Coyle J.J., Bardi E.J., Langley C.J. Jr. (2002), *Zarządzanie logistyczne*, PWE, Warszawa.

Gołębiewski J. (2007), *Systemy marketingowe produktów roślinnych – aspekty organizacyjne i instytucjonalne* [w:] J. Gołębiewski (red.), *Systemy marketingowe produktów żywnościowych – aspekty teoretyczne*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa.

Guba W., Majewski E. (2008), *Priorities for Eastern EU Agriculture from an income stabilization point of view* [w:] E. Berg, R. Huirne, E. Majewski, M. Meuwissen (red.), *Income Stabilization in a Changing Agricultural World*, Wieś Jutra, Warszawa.

Hugos M. (2003), *Essentials of Supply Chain Management*, John Wiley&Sons, Hoboken, New Jersey.

Milan M. (2017), *Rynek mięsny w natarciu*, „Rynek mięsa w Polsce. Gazeta Finansowa", 24–30 listopada 2017 r.

Myerson J.M. (2007), *RFID in the Supply Chain. A Guide to Selection and Implementation*, Auerbach Publications, Taylor&Francis Group, New York.

Rocznik statystyczny rolnictwa (2017), GUS, Warszawa.

Rynek mięsa. Stan i perspektywy. Analizy Rynkowe (2017), IERiGŻ-PIB, ARR, MRiRW, Warszawa, nr 39.

Rynek mięsa. Stan i perspektywy. Analizy Rynkowe (2010), IERiGŻ-PIB, ARR, MRiRW, Warszawa, nr 47.

Seremak-Bulge J., Jerzak M. (2006), *Rozwój systemu rynkowego* [w:] J. Seremak-Bulge (red.), *Ewolucja rynku zbożowego i jej wpływ na proces transmisji cen, Program Wieloletni*, raport nr 38, Wyd. IERiGŻ – PIB, Warszawa.

Szymańska E.J. (2017), *Łańcuchy dostaw na wybranych rynkach mięsa w Polsce*, „Problemy Transportu i Logistyki", nr 3 (39), ss. 119–128.

Szymonik A. (2017), *Zarządzanie łańcuchem dostaw – metody, narzędzia, wskaźniki, kryteria oceny* [online], http://www.gen-prof.pl/zzild5.pdf, dostęp: 03.02.2018.

Van der Vorst J. (2000), *Effective food supply chains. Generating, modelling and evaluating supply chain scenarios*, Grafisch Bedrijf Ponsen & Looijen B.V., Wageningen.

Karolina Werner-Lewandowska
Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Zarządzania
karolina.werner@put.poznan.pl

Monika Kosacka-Olejnik
Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Zarządzania
monika.kosacka@put.poznan.pl

Karolina Krzyżaniak
Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Zarządzania
kar.krzyzaniak@gmail.com

Ocena dojrzałości logistycznej przedsiębiorstwa usługowego – walidacja metodyki[1]

Logistics Maturity of Service Company Assessment – Methodology Validation

Abstract: The main objective of the paper is to present results of research on validation of the methodology of logistics maturity of service company assessment, developed as a part of research grant financed by the National Since Center, Poland, project title: Research on logistics maturity in service enterprises (grant no. 2016/21/D/HS4/02116). In the paper there were presented results of methodology validation in a service company representing automotive industry[2].

The paper consists of five parts. In the introduction there was identified state-of-art of the maturity models, the research problem was stated and research objectives were determined. In the next part there was presented the methodology of the logistics maturity assessment on the basis of specific logistics maturity model prepared for service companies.

[1] Rozdział sfinansowany przez Narodowe Centrum Nauki w ramach projektu badawczego pt. „Badanie poziomu dojrzałości logistycznej przedsiębiorstw usługowych" (nr wniosku 2016/21/D/HS4/02116).
[2] Conducted research were realized within master's thesis entitled: „Analysis of the logistics maturity level of a service company", developed at the Faculty of Engineering Management, Poznan Univeristy of Technology. The work was written by Eng. Karolina Krzyżaniak and it was supervised by PhD Karolina Werner-Lewandowska.

In the following part, the methodology validation as well as adopted research cycle were described, including results of validation. The fourth part contained conclusions from the conducted research and revision of the developed methodology. Conclusions were set out in the last part of the paper.
Key words: logistic maturity model, service enterprise

Wstęp

Przedsiębiorstwa produkcyjne, handlowe oraz usługowe, niezależnie od branży lub wielkości, dążą do usprawnienia swojego funkcjonowania w celu zyskania konkurencyjności na rynku oraz zwiększenia zysków. Aby temu sprostać powstały modele dojrzałości, które pozwalają ocenić sytuację organizacji oraz wyznaczyć kierunek dalszego rozwoju [Kosieradzka, Smagowicz 2016, s. 283]. Wraz ze wzrostem znaczenia logistyki w gospodarce, opracowane zostały również modele dojrzałości logistycznej, które analizują procesy logistyczne zachodzące w przedsiębiorstwach.

Modele dojrzałości definiowane są jako zespół różnych narzędzi i praktyk, które pozwalają ocenić umiejętności danej organizacji w zakresie zarządzania oraz doskonalić kluczowe czynniki, które prowadzą do osiągnięcia wyznaczonych celów [Looy 2014, s. 5]. Natomiast organizacja Object Management Group traktuje model dojrzałości jako ewolucyjny proces wdrażania kluczowych praktyk w jednym lub kilku obszarach funkcjonowania organizacji. Do oceny służą przyjęte poziomy dojrzałości, które pozwalają przedsiębiorstwu na doskonalenie wykorzystywanych praktyk. Kosieradzka i Smagowicz [2016, s. 285] wskazują, że modele dojrzałości to metody pomiaru postępu organizacji w dążeniu do ciągłego doskonalenia w różnych dziedzinach zarządzania. Ich zadaniem jest określenie stanu przedsiębiorstwa, wynikającego ze sposobu jego funkcjonowania czy dotychczasowych doświadczeń oraz wyznaczenie celów dalszego rozwoju organizacji, poprzez określenie priorytetów działań, a także identyfikację środków oraz sposobów ich realizacji.

Przegląd literatury pozwala stwierdzić, iż, źródłem idei oceny dojrzałości oraz pomiaru procesów była koncepcja TQM [Kalinowski 2011, s. 174]. TQM to sposób zarządzania organizacją, zapewniający jakość we wszystkich jej aspektach, gdyż każdy czynnik w przedsiębiorstwie lub jego otoczeniu ma wpływ na jakość. Pierwszy model dojrzałości zarządzania jakością stworzył P. Crosby [1979]. Koncepcja Quality Management Maturity Grid, wyznaczyła 5 poziomów dojrzałości stopniujących wykorzystanie i umiejętność posługiwania się narzędziami i technikami zarządzania jakością [Kania 2013, s. 75]. Obecnie większość stosowanych modeli wykorzystuje model dojrzałości procesowej CMM (Capability Maturity Model) opracowany przez W. S. Humphreya [Wójcik 2016, s. 338].

Z czasem wzrosło zainteresowanie tematem doskonalenia. Powstało wiele różnych koncepcji dojrzałości oraz adaptowano już istniejące w innych dziedzinach. Mimo tego, można wyznaczyć ich wspólne elementy. Modele dojrzałości charakteryzują się ograniczoną liczbą poziomów oceny, większość posiada od 4 do 6. Każdy z nich opisany jest wskaźnikami stanu dojrzałości, które należy uzyskać na danym poziomie. Są one szeregowane według stanu dojrzałości: od niedojrzałego (stan początkowy)

do pożądanego (dojrzałego). Często, aby osiągnąć dany poziom muszą być spełnione wymagania stanów poprzedzających [Steenbergen, Bos, Brinkkemper i in. 2010, ss. 317–318]. W celu przeprowadzenia oceny dojrzałości stosuje się różne sposoby zbierania informacji takie jak: samoocena, ankieta, obserwacja bezpośrednia, wywiad. Samoocena wykonywana jest przez pracowników, którzy dokładnie znają funkcjonowanie przedsiębiorstwa, zaś wywiad często przeprowadzają eksperci zewnętrzni, którzy oceniają stan obecny oraz ustalają przyczyny zaistniałej sytuacji [Kosieradzka, Smagowicz 2016, ss. 291–292].

Modele dojrzałości wykorzystywane są przy ocenie przedsiębiorstw w takich obszarach jak: zarządzanie procesowe, zarządzanie produkcją, zarządzanie projektami, zarządzanie jakością, zarządzanie ryzykiem i ciągłością działania [Kosieradzka, Smagowicz 2016, s. 282].

Ocena dojrzałości procesowej i organizacyjnej jest popularnym narzędziem stosowanym przez jednostki biznesowe, natomiast ocena dojrzałości logistycznej jest pojęciem nowym, rzadko spotykanym w przestrzeni teoretycznej i praktycznej. Celem rozdziału jest prezentacja cząstkowych wyników badań dotyczących metodyki oceny dojrzałości logistycznej przedsiębiorstwa usługowego. W rozdziale przedstawione zostały wyniki przeprowadzonej walidacji metodyki w przedsiębiorstwie usługowym branży motoryzacyjnej. W badaniach wykorzystano metodę studium przypadku, traktując ją jako docelową. Jako główny problem badawczy przyjęto:

CG: Czy opracowana metodyka oceny dojrzałości logistycznej przedsiębiorstwa usługowego pozwala na dokonanie wiarygodnej ewaluacji?

W ramach cyklu badawczego, nawiązując do przyjętego głównego problemu dociekań, postawiono następujące cele badawcze:

- CB1: Opracowanie cyklu badawczego walidacji metodyki;
- CB2: Określenie problemów badawczych do rozwiązania podczas walidacji metodyki;
- CB3: Określenie celów badawczych, które należy osiągnąć podczas walidacji metodyki;
- CB4: Określnie metod, technik lub narzędzi badawczych do zastosowania podczas walidacji metodyki.

Model Dojrzałości Logistycznej – stan wiedzy

Na podstawie przeprowadzonych badań literatury, można przyjąć, że proponowany Model Dojrzałości Logistycznej wypełnia lukę badawczą, gdyż w publikacjach dostępne są co najwyżej opracowania dotyczące modeli dojrzałości procesowej w zakresie procesów logistycznych. Dotyczą one jednak wyłącznie ogólnych modeli dojrzałości procesowej, odniesionych do procesów logistycznych. O istnieniu luki badawczej w tym zakresie świadczą publikacje naukowe omawiające powyższe zjawisko. W ramach prezentowanych badań wstępnych dokonano przeglądu literatury dotyczącej dojrzałości logistycznej. Przeanalizowano takie bazy, jak Web of Sience oraz Scopus. Rezultaty przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wyniki badań dotyczące publikacji związanych z dojrzałością logistyczną oraz modelem dojrzałości logistycznej w dniu 22.05.2018

Szukana fraza	Baza	Zakres wyszukiwania	Ograniczenie czasowe	Liczba publikacji/ /data badania
„Logistic Maturity" lub „Logistics maturity"	Web of Science	Tytuł	Bez ograniczeń	0
	Scopus			3
„Logistics maturity model" lub „Logistic maturity model"	Web of Science			1
	Scopus			0

Źródło: opracowanie własne.

Brak rozległych badań w zakresie opracowania modelu dojrzałości logistycznej skutkuje również niedoborem w zakresie definicji pojęcia „dojrzałość logistyczna". Autorzy zidentyfikowali tylko jednostkowe badania naukowe, dotyczące powyższego modelu. W rezultacie, uwzględniając definicję opracowaną przez Battista, Fumi i Schiraldiego [2012], w prezentowanych badaniach, przyjęto traktować: „dojrzałość logistyczną, jako poziom organizacyjny przedsiębiorstwa wskazujący, w jakim zakresie inżynieria logistyczna wykorzystywana jest w obszarach planowania, zaopatrzenia, magazynowania, dostaw i zwrotów".

Model Piramidy Dojrzałości Logistycznej, stosowany w amerykańskich agencjach rządowych w 2006 roku [LMI 2006] możemy uznać za pierwowzór.

Metodyka oceny dojrzałości logistycznej przedsiębiorstwa usługowego – założenia

Autorska metodyka oceny dojrzałości logistycznej przedsiębiorstwa usługowego wykorzystuje Model Dojrzałości Logistycznej. W ramach prowadzonych badań opracowano schemat, którego szkielet stanowią trzy filary [Werner-Lewandowska, Kosacka-Olejnik 2018a; Fertsch 2017]:

- Filar I: fazy ewolucji logistyki przemysłowej;
- Filar II: obszary działalności logistycznej przedsiębiorstw według modelu SCOR;
- Filar III: instrumentarium inżynierii logistycznej.

W modelu przyjęto założenie, że osiągany poziom dojrzałości logistycznej określany jest poprzez fazę ewolucji logistycznej, w której znajduje się przedsiębiorstwo. W tabeli 2 zaprezentowano fazy rozwoju logistyki przyjęte na potrzeby badań.

Tabela 2. Fazy rozwoju logistyki

Okres	Cecha	Opis
do 1960 r.	Fragmentaryzacja	Jest to pierwsza faza rozwoju cywilnej logistyki, zwana również fazą fizycznej dystrybucji. Polega ona na integracji co najmniej dwóch działań w celu planowania, realizacji i sterowania efektywnym przemieszczaniem surowców, półproduktów i wyrobów gotowych z miejsca wytwarzania do miejsca konsumpcji. Działania te obejmują m.in.: obsługę klienta, prognozowanie popytu, planowanie zasobów, zakupy/zaopatrzenie, magazynowanie, pakowanie, planowanie dystrybucji, transport.
do 1980 r.	Konsolidacja	Faza druga zajmuje się przemieszczaniem dóbr w łańcuchu przepływu dóbr przedsiębiorstw produkcyjnych, zaczynając od zaopatrzenia i kończąc na dystrybucji. Wymagało to przetwarzania dużej ilości informacji. Logistyka zaczęła wspomagać się zastosowaniami informatyki. W tym czasie powstały początki rozwiązań, które obecnie nazywane są ERP [Enterpise Resource Planning], co oznacza planowanie zasobów przedsiębiorstwa.
1990 r.	Integracja	Nazywana jest fazą systemów logistycznych. Wzrost wymagań klientów oraz wzrost komplikacji produktów doprowadziły do wzrostu złożoności systemów logistycznych. Zrozumiano, że poprawnie działający system musi zostać odpowiednio zaprojektowany. Do typowych działań fazy integracji należą zarządzanie logistyczne czy 3PL.
2000 r.	Partnerstwo	Faza łańcuchów dostaw [SCM], wywodzi się z przemysłu samochodowego. Przedsiębiorstwa produkcyjne, które dotychczas konkurowały ze sobą w każdej fazie życia wyrobu, zaczęły współpracować w zakresie ich projektowania i korzystać ze wspólnych źródeł zaopatrzenia, jednocześnie nadal rywalizując o klientów. W tym czasie zaczęto również powszechnie stosować podejście proekologiczne oraz myślenie kategoriami zrównoważonego rozwoju.
XXI wiek	Globalizacja	Faza, zwana również fazą e-logistyki, związana jest z rozwojem Internetu i jego ogólnodostępnością. Jej powstanie wynika przede wszystkim z poszukiwania rozwiązań obniżających koszty operacyjne realizacji procesów logistycznych.
Nieznana przyszłość	Automatyzacja	Ostatnia faza wynika z rozwoju automatyzacji i robotyzacji, czyli ery przemysłu 4.0 oraz Internetu rzeczy [IoT]. Z uwagi na wysokie koszty automatyzacji i robotyzacji procesów jest to pojęcie innowacyjne służące do powszechnego stosowania, jednakże wiele przedsiębiorstw produkcyjnych weszło już w tę fazę. W zakresie IoT dużo rozwiązań jest obecnie stosowanych, szczególnie w handlu i marketingu.

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [Fertsch 2017, ss. 13–14; Werner-Lewandowska, Kosacka-Olejnik 2018c].

W opracowanym modelu dojrzałości logistycznej, ocena obejmuje obszary działalności logistycznej, wyznaczone na podstawie modelu referencyjnego łańcucha dostaw SCOR. Powołując się na badania innych naukowców nad modelem dojrzałości logistycznej, zaadaptowano model SCOR do przedstawienia obszarów działalności logistycznej przedsiębiorstwa usługowego i wyznaczono 5 elementów. Są to [Werner-Lewandowska, Kosacka-Olejnik 2018a; Fertsch 2017]:

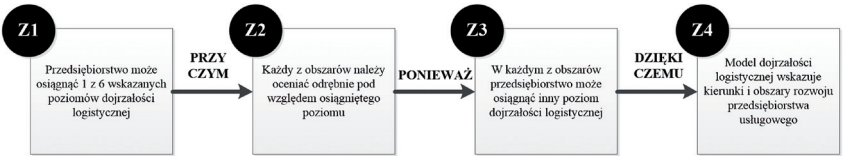
- planowanie (P) dotyczące procesów planowania popytu;
- zaopatrzenie (S), które obejmuje procesy planowania zamówień, identyfikacji i wyboru dostawców, a także operacyjnego zarządzania zamówieniami;
- zapasy/magazynowanie (I/S) to obszar, który opisują procesy zarządzania zapasami, kontroli przepływu w magazynie i poza nim, zarządzania obszarami składowania i zarządzania transportem towarów;

- dystrybucja (D) dotycząca procesów planowania wysyłki oraz zarządzania transportem;
- zwrot (R) to obszar zawierający procesy planowania, zbierania, odzyskiwania i redystrybucji przepływu wstecznego.

Trzecim filarem, który wykorzystuje Model Dojrzałości Logistycznej przedsiębiorstwa usługowego, jest instrumentarium inżynierii logistycznej. W celu otrzymania odpowiedzi na jakim poziomie dojrzałości znajduje się obecnie przedsiębiorstwo, należy dokonać pomiarów. Jako mierniki przyjęto procent stosowanych przez jednostki narzędzi logistycznych, które są powszechnie znane i wykorzystywane przez jednostki produkcyjne. Utworzono listę 111 narzędzi logistycznych, które w opinii autorów mogą stosować przedsiębiorstwa podczas realizacji procesów logistycznych [Werner-Lewandowska, Kosacka-Olejnik 2018c].

Model Dojrzałości Logistycznej składa się z 6 poziomów dojrzałości, które stopniują wykorzystywanie narzędzi logistycznych w przedsiębiorstwie usługowym. Poziom dojrzałości wyznaczany jest dla pięciu obszarów działalności logistycznych, tj. planowania (P), zaopatrzenia (S), zapasów/magazynowania (I/S), dystrybucji (D) oraz zwrotu (R). Przedsiębiorstwo osiąga poszczególne poziomy dojrzałości logistycznej, kiedy używa narzędzi wskazanych w odpowiednich obszarach działalności logistycznej. Co ważne, w każdym z nich może posiadać inny poziom dojrzałości, a osiągnięcie określonego poziomu, nie wymaga spełniania warunków niższych poziomów. Opisane założenia modelu przedstawiono na rysunku 1.

Rysunek 1. Założenia Modelu Dojrzałości Logistycznej przedsiębiorstw usługowych



Źródło: [Werner-Lewandowska, Kosacka-Olejnik 2018b].

W tabeli 3 zaprezentowano macierz Modelu Dojrzałości Logistycznej przedsiębiorstw usługowych, który przyporządkowuje poszczególne narzędzie do odpowiednich obszarów logistycznych oraz poziomów dojrzałości. Narzędzia przedstawione są za pomocą identyfikatorów.

Tabela 3. Model Dojrzałości Logistycznej przedsiębiorstw usługowych

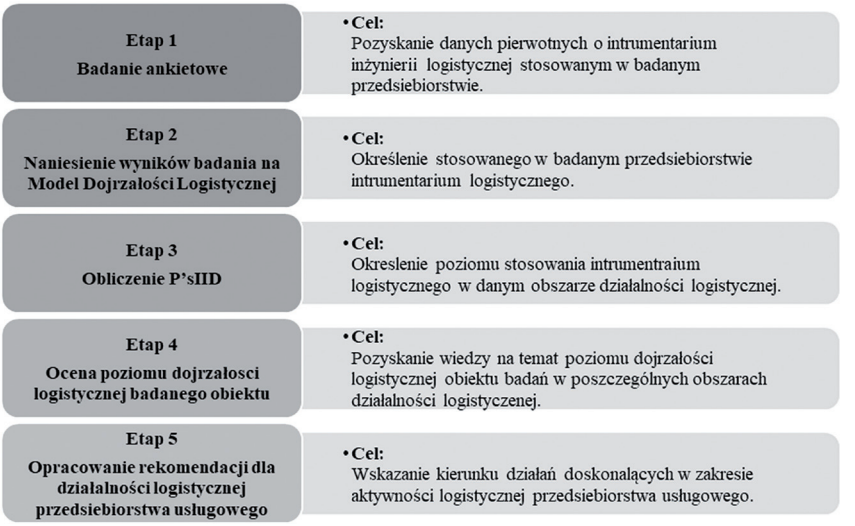
	1 Poziom dojrzałości Fragmentaryzacja	2 Poziom dojrzałości Konsolidacja	3 Poziom dojrzałości Integracja	4 Poziom dojrzałości Partnerstwo	5 Poziom dojrzałości Globalizacja	6 Poziom dojrzałości Automatyzacja
P	SCM01	SCM05, M02, PM01	SCM06, SCM07, M04, M05, M06, PM02, PM04	SCM10, M07, PM05, PM06	WH15, SCM11	IT07, IT08, IT09, IT10, IT11, IT12
S	SCM02, SCM03	SCM04, M03, PM01	SCM09, M04, M05, M06, PM02, PM04	PM05, PM06	IT03, IT06	IT07, IT08, IT09, IT10, IT11, IT12
I/S	WH01, WH02, WH03, WH04	WH05, IM06, IM07, IM08, IM09, IM10, IM11, IM12, M01, M03, PM01	WH06, WH07, WH08, WH09, WH10, WH11, WH12, IM13, IM14, IM15, IM16, IM17, IM18, M04, M05, M06, PM02, PM04	WH14, WH15, PM05, PM06, IT01, IT02	IT06	IT07, IT08, IT09, IT10, IT11, IT12
D	TM01	TM02, TM03, TM04, M01, M03, PM01	SCM08, M05, M06, PM02, PM03, PM04	TM06, M04, PM05, PM06, IT05	IT04, IT06	IT07, IT08, IT09, IT10, IT11, IT12
R	Brak narzędzi	M01, M03, PM01	M04, M05, M06, PM02, PM04	TM05, M04, PM05, PM06	SCM11	IT07, IT08, IT09, IT10, IT11, IT12

Źródło: [Werner-Lewandowska, Kosacka-Olejnik 2018b].

Dokonanie oceny poziomu dojrzałości polega na identyfikacji narzędzi logistycznych używanych w badanym przedsiębiorstwie. Przeprowadzane jest za pomocą kwestionariusza ankietowego, w którym firma deklaruje wykorzystywanie narzędzi. Weryfikacja następuje w systemie 0–1, gdzie 0 oznacza, że narzędzie nie jest wykorzystywane, 1 natomiast oznacza, że jednostka używa dane narzędzie [Werner-Lewandowska, Kosacka-Olejnik 2018c]. Przedsiębiorstwo osiąga określony poziom dojrzałości w każdym z obszarów, kiedy P'sIID ≥ 75%. P'sIID (Practices Implementation Indicator Description) jest to wskaźnik implementacji praktyk i są one rozumiane jako narzędzia instrumentarium inżynierii logistycznej w Modelu Dojrzałości Logistycznej przedsiębiorstw usługowych. Stosowanie ich występuje na właściwym poziomie dojrzałości logistycznej [Werner-Lewandowska, Kosacka-Olejnik 2018c].

Opracowany Model Dojrzałości Logistycznej przedsiębiorstw usługowych służy do oceny dojrzałości logistycznej firm, a jego przebieg jest zgodny z przyjętą metodyką. Składa się na nią 5 etapów, każdy z określonym celem (Rysunek 2).

Rysunek 2. Metodyka oceny Dojrzałości Logistycznej przedsiębiorstw usługowych



Źródło: opracowanie własne.

Walidacja metodyki oceny Dojrzałości Logistycznej przedsiębiorstw usługowych

We wstępie niniejszego rozdziału przedstawiono główny problem badawczy oraz cele z niego wynikające. Poniżej zaprezentowano realizację całości zagadnienia, poprzez realizację kolejnych etapów działań, które służą rozwiązaniu głównego problemu.

W celu realizacji CB1: opracowanie cyklu badawczego walidacji metodyki, przyjęto 7-etapowe postępowanie. Każdy z nich prezentuje inny problem badawczy i wynikający z niego cel. Dobrano także właściwą metodę, technikę lub narzędzie badawcze. Powyższy proces prezentuje tabela 4. Założono, że walidacja obejmować będzie ewaluację metodyki zarówno w kontekście teoretycznym (czy założenia metodyki są poprawne), jak i kontekście praktycznym (czy metodyka jest użyteczna podczas badań dojrzałości logistycznej w przedsiębiorstwie usługowym). Z tak przyjętego celu badawczego wynikają pozostałe cele, tj. CB2, CB3, CB4.

Tabela 4. Walidacja metodyki oceny dojrzałości logistycznej przedsiębiorstwa usługowego – etapy

Etap walidacji – $\mathbf{W_E}$	Problem badawczy walidacji – $\mathbf{W_{PB}}$	Cel badawczy – $\mathbf{W_{CB}}$	Metoda/technika badawcza
$\mathbf{W_E 1}$	**W_{PB} 1:** Czy obszary działalności logistycznej zostały prawidłowo określone?	**W_{CB} 1:** Określenie czy w przedsiębiorstwach usługowych występują obszary działalności logistycznej, takie jak: planowanie, zaopatrzenie, zapasy/magazynowanie, dystrybucja, zwrot;	Badania ankietowe w przedsiębiorstwach usługowych N=10.
$\mathbf{W_E 2}$	**W_{PB} 2:** Czy poziomy dojrzałości logistycznej zostały prawidłowo określone?	**W_{CB} 2:** Określenie etapów ewolucji logistyki przemysłowej;	Badania literaturowe.
$\mathbf{W_E 3}$	**W_{PB} 3:** Czy instrumentarium inżynierii logistycznej zostało prawidłowo dobrane?	**W_{CB} 3:** Określenie czy lista narzędzi logistycznych jest zrozumiała w przedsiębiorstwie usługowym;	Studium przypadku, wywiad bezpośredni.
$\mathbf{W_E 4}$	**W_{PB} 4:** Czy na podstawie przeprowadzonych badań możliwe jest obliczenie P'sIDD?	**W_{CB} 4:** Obliczenie P'sIDD na podstawie badań ankietowych.	Studium przypadku.
$\mathbf{W_E 5}$	**W_{PB} 5:** Czy na podstawie obliczonego P'sIDD możliwe jest określenie poziomu dojrzałości logistycznej w danym obszarze?	**W_{CB} 5:** Określenie poziomu dojrzałości logistycznej w danym obszarze na podstawie wartości P'sIDD;	Studium przypadku.
$\mathbf{W_E 6}$	**W_{PB} 6:** Czy określony poziom dojrzałości logistycznej odpowiada charakterystyce danego poziomu?	**W_{CB} 6:** Weryfikacja określonych poziomów dojrzałości logistycznej w poszczególnych obszarach;	Studium przypadku, wywiad bezpośredni.
$\mathbf{W_E 7}$	**W_{PB} 7:** Czy metodyka pozwala na zbadanie poziomu dojrzałości logistycznej przedsiębiorstwa usługowego w obszarach działalności logistycznej?	**W_{PB} 1:** Ocena użyteczności opracowanej metodyki. Wprowadzenie niezbędnych modyfikacji w metodyce;	Badania eksperckie, studium przypadku, wywiad bezpośredni.

Źródło: opracowanie własne.

Walidacja metodyki oceny dojrzałości logistycznej przedsiębiorstwa usługowego – wyniki badań

W poszczególnych etapach walidacji opracowanej metodyki oceny dojrzałości logistycznej przedsiębiorstw usługowych, wykorzystano opracowaną Kartę Przebiegu Walidacji. Uzupełniona karta dla pierwszego etapu ewaluacji została przedstawiona na rysunku 3.

Rysunek 3. Przykładowa Karta Przebiegu Walidacji Metodyki Oceny Dojrzałości Logistycznej przedsiębiorstwa usługowego

Karta Przebiegu Walidacji Metodyki Oceny Dojrzałości Logistycznej przedsiębiorstwa usługowego	
Etap:	1
Problem badawczy	PBW1: Czy obszary działalności logistycznej zostały prawidłowo określone?
Czy problem badawczy został rozwiązany?	TAK
Cel badawczy	WCB 1: Określenie czy w przedsiębiorstwach usługowych występują obszary działalności logistycznej takie jak: planowanie, zaopatrzenie, zapasy/magazynowanie, dystrybucja, zwrot.
Czy cel badawczy został osiągnięty?	TAK
Czy konieczne są korekty w metodyce oceny dojrzałości logistycznej przedsiębiorstwa usługowego?	NIE
Opis proponowanej korekty	
Inne uwagi	

Źródło: opracowanie własne.

Za pomocą przedstawionej Karty Przebiegu Walidacji zrealizowano zaplanowany cykl badawczy. Wnioski z przeprowadzonych badań przedstawiono poniżej.

Wniosek nr 1: Obszary działalności logistycznej przedsiębiorstw usługowych zostały prawidłowo określone, jednakże dla pracowników przedsiębiorstw usługowych podejmowanie aktywności logistycznej w ramach prowadzonej działalności usługowej nie jest oczywiste. Procesy logistyczne są realizowane, ale pracownicy nie mają pełnej świadomości podejmowania działań o danym charakterze.

Wniosek nr 2: Poziomy dojrzałości logistycznej zostały prawidłowo określone. Na podstawie badań literaturowych stwierdzono, że przyjęta nomenklatura i periodyzacja poszczególnych poziomów dojrzałości logistycznej przedsiębiorstwa usługowego jest zgodna z obecnym stanem wiedzy w zakresie etapów ewolucji logistyki przemysłowej. Jednakże autorzy niniejszego rozdziału dostrzegają w tym zakresie lukę badawczą w zakresie nomenklatury, systematyki i periodyzacji faz ewolucji logistyki. W opinii autorów istnieją też spore rozbieżności w tym zakresie, w zależności od podejścia uwarunkowanego geograficznym miejscem powstawania opracowania.

Wynika to z niesynchronicznego rozwoju logistyki na świecie oraz skalą dynamizacji przemysłu na poszczególnych kontynentach. Powyższe skutkować może dyskusją nad zaproponowanym przez autorów badań, wykazem poziomów dojrzałości logistycznej przedsiębiorstw usługowych, które odpowiadają fazom rozwoju logistyki przemysłowej. W opinii autorów, badania obecnego stanu wiedzy w zakresie systematyki i periodyzacji faz ewolucji logistyki w zależności od regionu świata, uzupełniłoby lukę naukową w tym zakresie.

Wniosek nr 3: Instrumentarium inżynierii logistycznej zostało prawidłowo dobrane i dowodzi tego przeprowadzone badanie w przedsiębiorstwie usługowym branży motoryzacyjnej. Na podstawie wywiadu bezpośredniego z właścicielem przedsiębiorstwa stwierdzić należy, iż lista narzędzi logistycznych jest zrozumiała.

Wniosek nr 4: Na podstawie przeprowadzonych badań możliwe jest obliczenie P'sIDD. W wyniku przeprowadzonych w analizowanym przedsiębiorstwie badań ankietowych obliczono P'sIDD. Uzyskane wyniki prezentuje tabela 5.

Tabela 5. Wartości P'sIDD dla badanego przedsiębiorstwa

	PDL 1 Fragmentaryzacja	PDL2 Konsolidacja	PDL 3 Integracja	PDL 4 Wartość dodana	PDL 5 Globalizacja	PDL 6 Automatyzacja
P	P'sIID = 100%	P'sIID = 33 %	P'sIID = 14 %	P'sIID = 50 %	P'sIID = 0 %	P'sIID = 100 %
S	P'sIID = 50 %	P'sIID = 0 %	P'sIID = 17 %	P'sIID = 50 %	P'sIID = 100 %	P'sIID = 100 %
I/S	P'sIID = 75 %	P'sIID = 36 %	P'sIID = 39 %	P'sIID = 50 %	P'sIID = 100 %	P'sIID = 100 %
D	P'sIID = 100 %	P'sIID = 17 %	P'sIID = 33 %	P'sIID = 60 %	P'sIID = 100 %	P'sIID = 100 %
R	Brak narzędzi	P'sIID = 0 %	P'sIID = 20 %	P'sIID = 25 %	P'sIID = 0 %	P'sIID = 100 %

Źródło: opracowanie własne.

Wniosek nr 5: Na podstawie obliczonego P'sIDD nie jest możliwe wiarygodne określenie poziomów dojrzałości logistycznej w żadnym obszarze działalności logistycznej przedsiębiorstwa usługowego.

Jak wynika z obliczonego P'sIDD w każdym obszarze jednostka może osiągnąć kilka poziomów dojrzałości jednocześnie. W tabeli 5 zaprezentowano wyniki, będące efektem przeprowadzonej oceny: P'sIDD ≥ 75% i oznaczono je kolorem szarym.

Na podstawie danych z tabeli 5, tj. obliczonego P'sIDD, nie można wiarygodne określić poziomów dojrzałości logistycznej w żadnym obszarze działalności logistycznej przedsiębiorstwa usługowego, ze względu na deklaracje przedsiębiorstwa o stosowaniu narzędzi IT. Nieścisłość stanowi konsekwencję pytań ankietowych dotyczących ogólnego stosowania narzędzi IT przez firmę, niezależnie od obszarów. Jak wynika z przeprowadzonej walidacji w przedsiębiorstwie usługowym branży motoryzacyjnej, powyższe, błędnie wskazuje, że obiekt badań we wszystkich obszarach aktywności logistycznej osiągnął najwyższy – 6 poziom dojrzałości logistycznej, czyli znajduje się

w fazie automatyzacji. Przeprowadzenie pogłębionego wywiadu w badanej jednostce pozwoliło stwierdzić, że zakres stosowania narzędzi IT w poszczególnych obszarach aktywności logistycznej, takich jak planowanie, zaopatrzenie itd., nie jest równomierny pod względem zakresu wykorzystania.

Wniosek nr 6: Określony poziom dojrzałości logistycznej odpowiada charakterystyce danego poziomu. Wyjątek stanowi poziom 6 dojrzałości logistycznej przedsiębiorstwa usługowego – automatyzacja. Wniosek ten słusznie koresponduje z wnioskiem nr 5.

Wniosek nr 7: Metodyka nie pozwala na jednoznaczne zbadanie poziomu dojrzałości logistycznej przedsiębiorstwa usługowego w obszarach działalności logistycznej. Ta negatywna konkluzja wynika z nieprawidłowo postawionych pytań dotyczących stosowania narzędzi IT. Stanowi on także pochodną dwóch wcześniejszych wniosków.

Wniosek nr 8: Opracowana metodyka oceny dojrzałości logistycznej przedsiębiorstwa usługowego jest użyteczna. Na podstawie przeprowadzonych badań w ramach walidacji stwierdzono, że narzędzie jest przydatne w wyznaczaniu kierunku rozwoju przedsiębiorstwa na podstawie wyznaczonych poziomów dojrzałości. Model wskazuje konkretne narzędzia logistyczne, których stosowanie pozwoli podnieść poziom dojrzałości. Powyższe pozwala stwierdzić, że opracowana metodyka jest zgodna z przyjętymi założeniami przedstawionymi na rysunku 1.

Wprowadzone działania korygujące w zakresie metodyki oceny dojrzałości logistycznej przedsiębiorstwa usługowego

Na podstawie wniosków z przeprowadzonej walidacji proponowanej metodyki opracowano działania korygujące. W ankiecie skierowanej do przedsiębiorstw usługowych, mającej na celu pozyskanie danych o stosowanym w przedsiębiorstwie instrumentarium inżynierii logistycznej, dokonano korekty w zakresie pytań dotyczących narzędzi IT. Ogólne pytanie, brzmiało „Czy [nazwa narzędzia] jest stosowane w Państwa przedsiębiorstwie?". Możliwe odpowiedzi respondenta: „Tak", „Nie", „Narzędzie nie jest znane w przedsiębiorstwie". Rozwinięto pytanie uszczegóławiające w przypadku pierwszej odpowiedzi pozytywnej. Pytanie szczegółowe brzmi: „Proszę podać, do czego jest wykorzystywane?".

Powyższa modyfikacja pozwoli na otrzymanie precyzyjnej informacji o obszarze stosowania danego narzędzia IT, co zniweluje dotychczasowe uchybienia opracowanej metodyki zaprezentowane w poprzedniej części rozdziału.

Podsumowanie

Konkludując przedstawione treści, stwierdzić należy, że główny problem badawczy prezentowanych dociekań został rozwiązany. W drodze procesu walidacji stwierdzono, że opracowana metodyka oceny dojrzałości logistycznej przedsiębiorstwa usługowego nie pozwala na dokonanie wiarygodnej ewaluacji. Realizacja kolejnych celów

badawczych pozwoliła zidentyfikować uchybienia w opracowanej metodyce i wprowadzić stosowne modyfikacje. W opinii autorów wprowadzone korekty pozwolą na dokonanie wiarygodnej oceny dojrzałości logistycznej przedsiębiorstwa usługowego.

W opinii autorów opracowana metodyka posiada 3 ograniczenia:
- proponowany podział faz ewolucji logistyki przemysłowej może budzić dyskusję w zakresie przyjętej periodyzacji, nomenklatury i systematyki;
- instrumentarium inżynierii logistycznej nie jest zbiorem zamkniętym;
- Metodyka Oceny Dojrzałości Logistycznej przedsiębiorstwa usługowego nie pozwala na dokonanie całościowej ewaluacji przedsiębiorstwa w zakresie logistyki.

Powyższe ograniczenia nie wpływają jednak na użyteczność proponowanej metodyki. Mogą stanowić również punkt wyjścia do nowych badań. Kierunki dalszych poszukiwań autorzy upatrują również w rozbudowaniu modelu o strategie logistyczne, realizowane w przedsiębiorstwach usługowych. Autorzy stawiają w tym zakresie hipotezę badawczą, wskazującą, że występuje korelacja między strategią logistyczną stosowaną przez przedsiębiorstwo a poziomem dojrzałości logistycznej, którą osiągnęło w danym obszarze.

Na podstawie analizy materiału, autorzy wyrażają pogląd, iż w przypadku badań naukowych ukierunkowanych na opracowanie nowej metodologii, metodyki lub metody badawczej, przed przystąpieniem do właściwych pomiarów konieczne jest przeprowadzenie walidacji proponowanej koncepcji. Tylko w ten sposób możliwe jest zidentyfikowanie ewentualnych uchybień i błędów oraz dokonanie stosownych modyfikacji. Autorzy konstatują, że ominięcie procesu walidacji i przystąpienie wprost do badań właściwych podnosi prawdopodobieństwo obarczenia ich ryzykiem niepowodzenia i otrzymania wyników błędnych, niepełnych lub niejednoznacznych. W przypadku kwerendy ankietowej powtórne badanie, szczególnie dużej populacji często nie może być powtórzone ze względu na ograniczenie w zasobach rzeczowych, materialnych i ludzkich.

Bibliografia

Battista C., Fumi A., Schiraldi M. (2012), *The logistic maturity model: guidelines for logistic processes continuous improvement*, POMS 23rd Annual Conference, Chicago, Illinois, USA [online], https://www.semanticscholar.org/paper/The-Logistic-Maturity-Model%3A-guidelines-for-Battista-Fumi/0441542bc2e79c251e50eb52c3fab864e74d5cb0, dostęp: 20.01.2020.

Crosby P. (1979), *Quality is free*, McGraw Hill, NY.

Fertsch M. (red.) (2017), *Elementy inżynierii logistycznej*, ILiM, Poznań.

Kalinowski T. (2011), *Modele oceny dojrzałości procesów*, „Acta Universitatis Lodziensis, Folia Oeconomica", nr 258, ss. 173–187.

Kania K. (2013), *Doskonalenie zarządzania procesami biznesowymi w organizacji z wykorzystaniem modeli dojrzałości i technologii informacyjno-komunikacyjnych*, Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach, Katowice.

Kosieradzka A., Smagowicz J. (2016), *Analiza porównawcza modeli dojrzałości organizacji* [w:] M. Ćwiklicki, S. Jabłoński, S. Mazur (red.), *Współczesne koncepcje zarządzania publicznego. Wyzwania modernizacyjne sektora publicznego*, Fundacja Gospodarki i Administracji Publicznej, Kraków, 2016, ss. 280–293.

LMI Research Institute (2006), *Logistics Maturity Evaluator* [online], http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a457193.pdf, dostęp: 9.09.2018.

Looy A. (2014), *Business Process Maturity: A Comparative Study on a Sample of Business Maturity Model*, Springer-Verlag, Berlin.

Steenbergen M., Bos R., Brinkkemper S. i in. (2010), *The Design of Focus Area Maturity Models*, „Global Perspectives on Design Science Research", nr 6105, ss. 317–332.

Werner-Lewandowska K., Kosacka-Olejnik M. (2018a), *Logistics Maturity Model for Service Company – Theoretical Background, 28th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM2018)*, Columbus, OH, USA, Procedia Manufacturing, Vol.17, ss. 791–802.

Werner-Lewandowska K., Kosacka-Olejnik M. (2018b), *Model dojrzałości logistycznej przedsiębiorstw usługowych – podstawy teoretyczne*, XII Konferencja Naukowa „Nowoczesne Metody w Zarządzaniu Przedsiębiorstwem, Miastem i Regionem", Politechnika Śląska, Wisła [online], http://bazekon.icm.edu.pl/bazekon/element/bwmeta1.element.ekon-element-000171561935, dostęp: 20.01.2020.

Werner-Lewandowska K., Kosacka-Olejnik M. (2018c), *Logistics Maturity model for Engineering Management – Method Proposal*, IV Konferencja Naukowa Logistyka 2018, „Logistyka w naukach o zarządzaniu", Wyższa Szkoła Bankowa, Wrocław [online], http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-04683337-b0a4-45b2-a1cb-1d6746e83c6b, dostęp: 20.01.2020.

Wójcik P. (2016), *Modele dojrzałości systemów zarządzania wiedzą – adaptacja do uwarunkowań organizacji zorientowanych projakościowo*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach", nr 299, ss. 336–347.

ISBN 978-83-64971-82-2

Społeczna Akademia Nauk
Łódź

www.san.edu.pl