

Komitet redakcyjny:

Dr Teresa Magdalena Dudzik (redaktor naczelny)
Prof. dr hab. Joanna Cygler (współpraca)
Prof. dr hab. Tomasz Gołębiowski (współpraca)
Prof. dr hab. Włodzimierz Januszkiewicz (współpraca)
Dr Paweł Lesiak (współpraca)
Prof. dr hab. Krystyna Michałowska-Gorywoda (współpraca)
Prof. dr hab. Joanna Plebaniak (redaktor statystyczny)
Mariusz Gorzka (sekretarz redakcji)

Rada naukowa:

Prof. dr hab. Halina Brdulak — Szkoła Główna Handlowa w Warszawie
Prof. Ludovít Dobrovský, Ph.D. — Uniwersytet Techniczny w Ostrawie (Czechy)
Prof. dr hab. Danuta Kempny — Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach
Mgr Joanna Mildner-Woś — Bombardier Transportation (ZWUS) Polska Sp. z o.o.
Prof. Ing. Vladimír Modrák — Uniwersytet Techniczny w Koszycach (Słowacja)
Prof. dr hab. Czesław Skowronek — Wyższa Szkoła Finansów i Zarządzania w Siedlcach
Prof. dr hab. Michał Trocki — Szkoła Główna Handlowa w Warszawie
Prof. dr hab. Jarosław Witkowski — Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

Adres redakcji:

00-099 Warszawa, ul. Canaletta 4, pok. 305
tel. (22) 827 80 01 w. 381, faks: (22) 827 55 67
e-mail: gml@pwe.com.pl
strona internetowa: www.gml.pl

Informacje dla autorów, zasady recenzowania i lista recenzentów są dostępne na stronie internetowej czasopisma. Wersja drukowana miesięcznika jest wersją pierwotną. Redakcja zastrzega sobie prawo do opracowania redakcyjnego oraz dokonywania skrótów w nadesłanych artykułach.

„Gospodarka Materiałowa i Logistyka” jest czasopismem punktowanym przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (7 punktów).

Wydawca:

Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne SA
00-099 Warszawa, ul. Canaletta 4
Strona internetowa: www.pwe.com.pl

Warunki prenumeraty:

Cena prenumeraty krajowej w 2014 r.: roczna 624 zł; półroczna 312 zł. Cena pojedynczego numeru 52 zł. Nakład: 850 egz.

Prenumerata u Wydawcy:

Roczna 20% taniej
Półroczna 10% taniej
Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne SA
Dział Handlowy
ul. Canaletta 4, 00-099 Warszawa, tel. (22) 827-82-07, faks (22) 827-55-67, e-mail: bialek@pwe.com.pl

Prenumerata u kolporterów:

Poczta Polska — infolinia: 801 333 444, <http://www.poczta-polska.pl/prenumerata>
Ruch — tel. 801 800 803, (22) 717 59 59, e-mail: prenumerata@ruch.com.pl, <http://prenumerata.ruch.com.pl>
Kolporter — tel. (22) 355 04 72 do 75, <http://dp.kolporter.com.pl>
Garmond Press — tel. (22) 837 30 08, <http://www.garmondpress.pl/prenumerata>
Sigma-Not — tel. (22) 840 30 86, e-mail: bok_kol@sigma-not.pl
As Press — tel. (22) 750 84 29, (22) 750 84 30;
GLM — tel. (22) 649 41 61, e-mail: prenumerata@glm.pl, <http://www.glm.pl>

Skład: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne
Druk: Lotos Poligrafia sp. z o.o., ul. Wał Miedzeszyński 98
04-987 Warszawa, tel. 22 872 33 66.

Spis treści

Rafał Matwiejczuk

Z badań nad oddziaływaniem kompetencji logistyki na tworzenie przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa. Zarządzanie przepływami oraz systemy i technologie informacyjne

2

About the Research Concerning Logistics Competences Impact on Business Competitive Advantage Creation.

Flow management and information systems and technologies

Arkadiusz Piwowar

Zaopatrzenie materiałowe gospodarstw rolnych w Polsce w wybrane środki produkcji roślinnej
Supplying farms in Poland with selected means of plant production

10

Edukacja ekonomiczna

Radosław Wolniak, Iwona Stachurek, Paulina Binkiewicz

Procesy logistyki odwrotnej na przykładzie recyklingu opakowań z tworzyw sztucznych
Reverse logistics processes on the example of the recycling of plastic packaging

15

Z praktyki przedsiębiorstw

Adam Redmer, Marcin Kiciński, Radosław Rybak

Zarządzanie samochodowym taborzem ciężarowym — przykłady
Freight Fleet Management — the examples

23

Spis treści 2014 na płycie CD
Rocznik LXVI NR 1–12

Szanowni Czytelnicy i Autorzy

Archiwalne artykuły z 2013 r. już dostępne na stronie internetowej naszego pisma. Co miesiąc wraz z nowym numerem GML-u kolejny numer archiwalny: <http://www.gml.pl/archiwum>

W najbliższych numerach:

- Rozwój dostawców na rynku B2B w Polsce w świetle wyników badań
- Wskaźniki zrównoważonej mobilności pojazdów – analiza przypadków

Z badań nad oddziaływaniem kompetencji logistyki na tworzenie przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa. Zarządzanie przepływami oraz systemy i technologie informacyjne

About the research concerning logistics competences impact on business competitive advantage creation.

Flow management and information systems and technologies

Przedsiębiorstwa stale poszukują sposobów tworzenia przewagi konkurencyjnej na rynku. Wśród czynników wpływających na tworzenie tej przewagi można m.in. wymienić tzw. logistyczne potencjały sukcesu, obejmujące: (1) zasoby logistyczne, (2) zdolności logistyczne oraz (3) kompetencje logistyki.

W artykule nawiązano do autorskiej koncepcji kompetencji logistyki oddziałujących na tworzenie przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa. Koncepcja ta obejmuje następujące kompetencje logistyki: (1) pozycjonowanie i integrację logistyki w zarządzaniu przedsiębiorstwem, (2) integrację pionową i wewnętrzną, (3) zarządzanie przepływami oraz (4) systemy i technologie informacyjne. W szczególności w artykule przedstawiono wyniki badań empirycznych przeprowadzonych przez autora, dotyczących dwóch ostatnich grup kompetencji logistyki — kompetencji w zakresie zarządzania przepływami oraz kompetencji w zakresie systemów i technologii informacyjnych.

Słowa kluczowe:

logistyka, kompetencje, przewaga konkurencyjna.

Companies constantly search for ways to create competitive advantage. Among the factors influencing the competitive advantage creation one may enumerate — among others — so called "logistics potentials of business success", which comprise: (1) logistics resources, (2) logistics capabilities and (3) logistics competences.

The article refers to the author's original concept of logistics competences influencing business competitive advantage creation. This concept includes the following competences of logistics: (1) logistics positioning and integration within business management, (2) vertical and internal integration, (3) flow management and (4) information systems and technologies. In particular, the article presents the results of empirical research conducted by the author concerning the last two groups of logistics competences — flow management as well as information systems and technologies.

Key words:

logistics, competences, competitive advantage.

Uwagi wstępne

W dążeniach przedsiębiorstw do zdobycia i utrzymania przewagi konkurencyjnej na rynku istotną rolę pełnią tzw. potencjały strategiczne przedsiębiorstwa obejmujące: zasoby, zdolności i kompetencje. Potencjały te stanowią czynniki, które przyczyniają się do uzyskiwania przez przedsiębiorstwo oczekiwa-

nych efektów rynkowych (zadowolenie klientów, lojalność klientów, udział w rynku) oraz efektów ekonomicznych (zysk, rentowność, zwrot z kapitału). Zasoby, zdolności i kompetencje stanowiące potencjały strategiczne przedsiębiorstwa, determinujące osiągnięcie sukcesu oraz tworzenie jego przewagi konkurencyjnej, określa się mianem potencjałów sukcesu.

Jak wspomniano w poprzednim artykule autora dotyczącym kompetencji logistyki, opublikowanym

na łamach *Gospodarki Materiałowej i Logistyki* (Matwiejczuk, 2014b), potencjały sukcesu przedsiębiorstwa mogą dotyczyć różnych sfer funkcjonalnych, w tym m.in. sfery logistyki rozumianej jako koncepcja zarządzania przepływami towarów i informacji. Potencjały te określane są wówczas mianem logistycznych potencjałów sukcesu i obejmują: zasoby logistyczne, zdolności logistyczne oraz kompetencje logistyki (Matwiejczuk, 2013).

Autorska koncepcja kompetencji logistyki oddziałujących na tworzenie przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa

W poprzednim artykule (Matwiejczuk, 2014b) przedstawiona została autorska koncepcja kompetencji logistyki oddziałujących na tworzenie przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa. W koncepcji tej wyróżnione zostały następujące kompetencje logistyki (Matwiejczuk, 2014a):

- pozycjonowanie i integracja logistyki w zarządzaniu przedsiębiorstwem,
- integracja pionowa i wewnętrzna,

- zarządzanie przepływami,
- systemy i technologie informacyjne (rys. 1).

W poprzednim artykule (Matwiejczuk, 2014b) przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych przez autora w latach 2012–2013, poświęconych dwóm pierwszym grupom kompetencji logistyki, tj. pozycjonowaniu i integracji logistyki w zarządzaniu przedsiębiorstwem oraz integracji pionowej i wewnętrznej.

Celem tego artykułu jest przedstawienie szczegółowych wyników badań dotyczących dwóch kolejnych grup kompetencji logistyki związanych z:

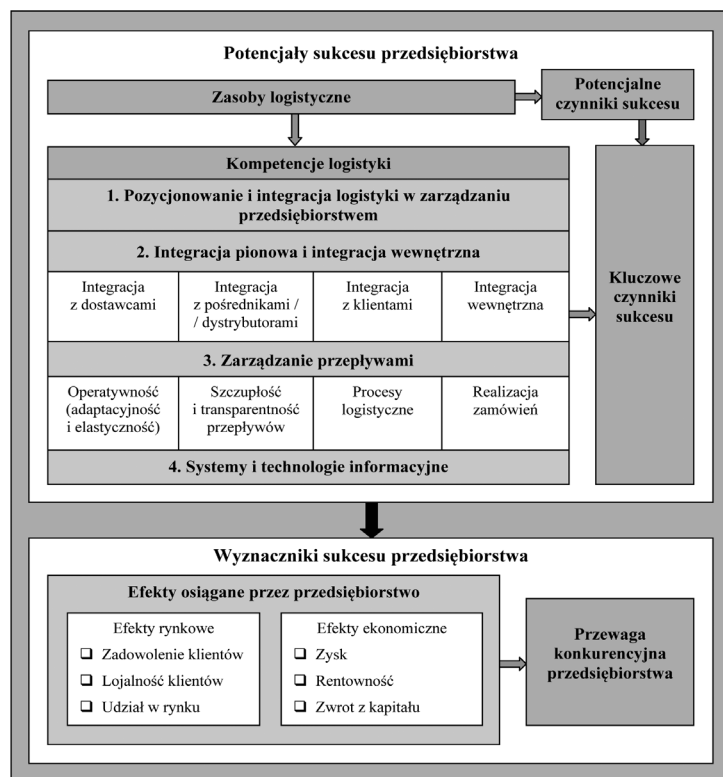
- zarządzaniem przepływami,
- systemami i technologiami informacyjnymi.

Oddziaływanie kompetencji logistyki w sferze zarządzania przepływami na tworzenie przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa

Trzecia grupa kompetencji logistyki wyróżnionych w badaniach własnych autora wiąże się z zarządzaniem przepływami. Jak zaznacza P. Blaik, pojęcie „przepływów” w obszarze logistyki jest postrzegane

Rysunek 1

Kompetencje logistyki determinujące tworzenie przewagi konkurencyjnej w koncepcji potencjałów i wyznaczników sukcesu przedsiębiorstwa



Źródło: opracowanie własne.

na trzy zasadnicze sposoby: w kontekście przedmiotu logistyki, w kontekście opisu celu logistyki, bądź też jednocześnie w obydwu tych kontekstach (Blaik, Bruska, Kauf, Matwiejczuk, 2013). Orientacja przepływowa stanowi tym samym podstawę kształtowania i rozwoju koncepcji logistyki w przedsiębiorstwie oraz w jego relacjach z innymi przedsiębiorstwami w łańcuchu dostaw.

W ramach orientacji przepływowej priorytetowe znaczenie przypisywane jest szybkim i pozbawionym zakłóceń (turbulencji) procesom przemieszczania materiałów, towarów i informacji, a także — w odniesieniu do zarządzania łańcuchem dostaw — środków finansowych, od początkowych dostawców do ostatecznych klientów. Przejawem skutecznego i efektywnego wdrożenia orientacji przepływowej jest przede wszystkim osiągnięcie oczekiwanych efektów w zakresie świadczeń logistycznych zaoferowanych klientom, jak również oczekiwanych efektów w zakresie kosztów logistyki, w tym ich minimalizacji, racjonalizacji itp. (Blaik, Bruska, Kauf, Matwiejczuk, 2013).

W badaniach własnych autora uwzględniono cztery szczegółowe kompetencje logistyki dotyczące zarządzania przepływami:

- 1) Operatywność obejmującą adaptacyjność i elastyczność.
- 2) Szczupłość i transparentność przepływów.
- 3) Procesy logistyczne.
- 4) Realizację zamówień.

W odniesieniu do kompetencji operatywności, podobnie jak w przypadku — przedstawionej bliżej w poprzednim artykule — integracji pionowej, uwzględniono relacje przedsiębiorstwa z trzema rodzajami podmiotów rynkowych: dostawcami, pośrednikami (dystrybutorami) oraz klientami, przy czym przedmiotem badań były następujące zdolności logistyczne:

- monitorowanie/rozpoznawanie potrzeb i oczekiwań dostawców, pośredników (dystrybutorów) oraz klientów;
- dbałość o obsługę dostawców, pośredników (dystrybutorów) oraz klientów;
- realizacja nietypowych/unikalnych zamówień dostawców, pośredników (dystrybutorów) oraz klientów.

W ramach kompetencji szczupłości i transparentności przepływów uwzględniono pięć zdolności logistycznych:

- 1) Płynność przepływów tworzących wartość.
- 2) Koncentrację na procesach/zadaniach tworzących wartość.
- 3) Outsourcing procesów/zadań nietworzących wartości.
- 4) Monitorowanie stanu (zapasów) surowców i materiałów.
- 5) Monitorowanie stanu (zapasów) towarów (wyrobów gotowych).

Z kolei wśród kompetencji w sferze procesów logistycznych wzięto pod uwagę następujące zdolności logistyczne:

- zarządzanie transportem (TMS),
- zarządzanie magazynowaniem (WMS),
- zarządzanie przeładunkiem, pakowaniem i znakowaniem,
- zarządzanie zapasami,
- zarządzanie dostawami surowców i materiałów,
- zarządzanie dystrybucją towarów,
- zarządzanie zwrotami.

Natomiast w odniesieniu do kompetencji logistyki w sferze realizacji zamówień uwzględniono następujące zdolności logistyczne:

- niezawodność dostaw,
- terminowość dostaw,
- kompletność dostaw,
- dokładność dostaw,
- płynność dostaw,
- szybkość dostaw,
- elastyczność dostaw.

Szczegółowe wyniki badań empirycznych dotyczących oceny stopnia oddziaływania kompetencji logistyki w sferze zarządzania przepływami na tworzenie przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa przedstawiono na rysunkach 2–5¹.

W przypadku kompetencji logistyki związanych z zarządzaniem przepływami zauważalne jest dość znaczne zróżnicowanie w ocenie stopnia ich oddziaływania na tworzenie przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa.

Średnie oceny w skali Likerta dla kompetencji w sferze operatywności wynoszą od 3,22 do nawet 4,48. W opinii badanych przedsiębiorstw wśród kompetencji mających największe znaczenie w tworzeniu przewagi opartej na obsłudze klienta występują: dbałość o obsługę klientów (ocena 4,48), monitorowanie/rozpoznawanie potrzeb i oczekiwań klientów (ocena 4,46) oraz realizacja nietypowych/unikalnych zamówień klientów (ocena 4,32).

Relatywnie najmniejsze znaczenie wśród kompetencji dotyczących zarządzania przepływami przypisane zostało kompetencjom w sferze szczupłości i transparentności przepływów. Uśrednione oceny wahają się w przedziale od 2,65 dla outsourcingu procesów/zadań nietworzących wartości, ocenianego z perspektywy tworzenia przewagi opartej na obsłudze klienta, do 3,94 dla koncentracji na procesach/zadaniach tworzących wartość, a także dla monitorowania stanu (zapasów) towarów (wyrobów gotowych) jako kompetencji ocenianych w obydwu przypadkach z perspektywy przewagi opartej na kosztach. W przypadku kompetencji logistyki w sferze szczupłości i transparentności przepływów, generalnie rzecz biorąc, dominuje tworzenie przewagi konkurencyjnej opierającej się na kosztach.

Dominacja „kosztowego ujęcia” przewagi konkurencyjnej nad przewagą opartą na obsłudze klienta

Rysunek 2

Stopień oddziaływania kompetencji logistyki w sferze operatywności (adaptacyjności i elastyczności) na tworzenie przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa



Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań empirycznych.

jest jeszcze bardziej widoczna w przypadku kompetencji w sferze procesów logistycznych. W tej grupie kompetencji logistyki średnie oceny dla tworzenia przewagi konkurencyjnej opierającej się na kosztach wynoszą od 3,72 (w przypadku zarządzania zwrotami), aż do 4,25 (w przypadku zarządzania transportem). Natomiast średnie oceny dla tworzenia przewagi konkurencyjnej opierającej się na obsłudze klienta są względem siebie dosyć zbliżone i wynoszą od 3,32 (zarządzanie zapasami) do 3,72 (zarządzanie dystrybucją towarów).

Zdecydowanie najbardziej, w kontekście stopnia oddziaływania na tworzenie przewagi konkurencyjnej, postrzeganej zarówno z perspektywy kosztów, jak i z perspektywy obsługi klienta, wyróżniają się kompetencje logistyki w sferze realizacji zamówień. Wszystkie wymienione w tej grupie kompetencje uzyskały — zdaniem badanych przedsiębiorstw — średnie oceny w skali Likerta powy-

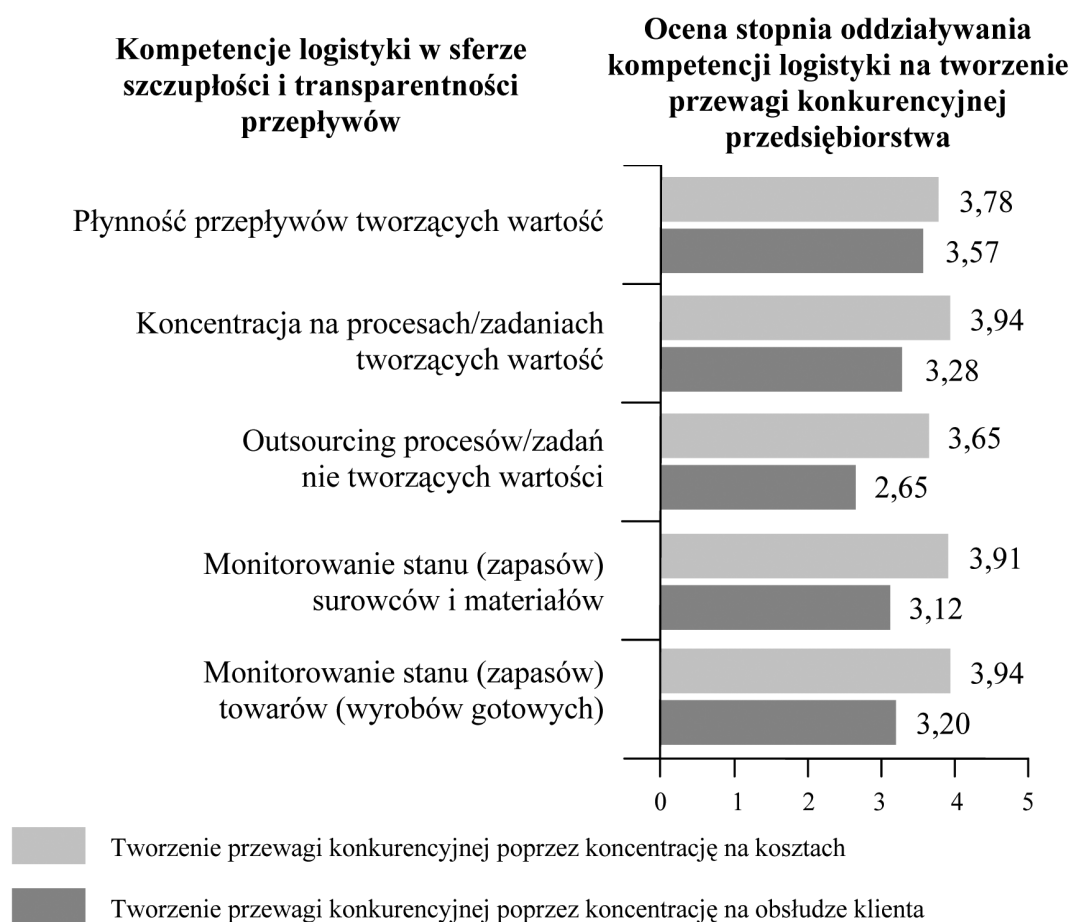
żej wartości 4. Można zatem powiedzieć, że kompetencje dotyczące realizacji zamówień mają największe — wśród wszystkich, będących przedmiotem badań autora, kompetencji logistyki — znaczenie w tworzeniu przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa.

Oddziaływanie kompetencji logistyki w sferze systemów i technologii informacyjnych na tworzenie przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa

Ostatnia z wyróżnionych w autorskiej koncepcji potencjałów i wyznaczników sukcesu przedsiębiorstwa grupa kompetencji logistyki obejmuje kompetencje w sferze systemów i technologii informacyj-

Rysunek 3

Stopień oddziaływania kompetencji logistyki w sferze szczupłości i transparentności przepływów na tworzenie przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa



Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań empirycznych.

nych. W tej grupie kompetencji logistyki w przeprowadzonych badaniach ujęto sześć szczegółowych zdolności logistycznych:

- 1) Planowanie potrzeb materiałowych (MRP).
- 2) Planowanie zasobów produkcji (MRP II).
- 3) Planowanie zasobów dystrybucji (DRP).
- 4) Planowanie zasobów przedsiębiorstwa (ERP).
- 5) Elektroniczna wymiana danych (EDI).
- 6) Technologie/systemy RFID.

Systemy i technologie informacyjne mają bardzo duże znaczenie w rozwoju koncepcji logistyki. Szczególnie istotny jest ich udział w realizacji przepływów informacji, warunkujących skuteczność i efektywność przepływów materiałów i towarów. Kompetencje logistyki w sferze systemów i technologii informacyjnych mogą tym samym stanowić istotne wsparcie procesów zarządczych (decyzyjnych) w przedsiębiorstwie, obejmujących: zarządzanie przepływami w sferze zaopatrzenia (systemy MRP), zarządzanie przepływami w sferze produkcji (systemy MRP II), zarządzanie przepływami w sferze dystrybucji (systemy

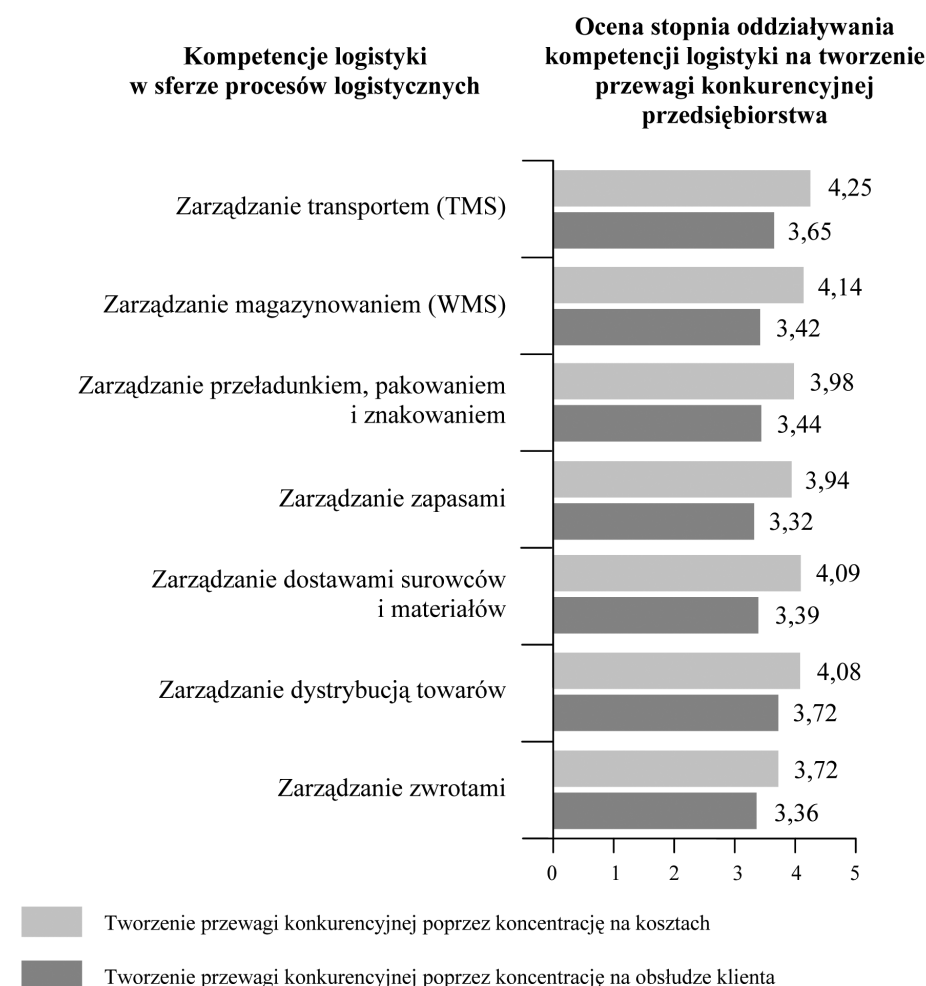
DRP), zarządzanie przepływami w skali całego przedsiębiorstwa i jego relacjach z dostawcami i odbiorcami (systemy ERP), a także wykorzystanie elektronicznej wymiany danych (EDI) oraz technologii/systemów RFID.

Szczegółowe wyniki badań empirycznych dotyczących oceny stopnia oddziaływania kompetencji logistyki w sferze systemów i technologii informacyjnych na tworzenie przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa przedstawiono na rysunku 6.

Kompetencje logistyki w sferze systemów i technologii informacyjnych cechują się — zdaniem badanych przedsiębiorstw — relatywnie dużym stopniem oddziaływania na tworzenie przewagi konkurencyjnej. Uśrednione wartości ocen w skali Likerta dla tej grupy kompetencji wahają się w przedziale od 3,07 dla technologii/systemów RFID, postrzeganych z perspektywy tworzenia przewagi opartej na obsłudze klienta, do 4,16 dla planowania zasobów przedsiębiorstwa (ERP), postrzeganego z perspektywy tworzenia przewagi kosztowej. Podobnie jak w odniesieniu do kilku poprzednich

Rysunek 4

Stopień oddziaływania kompetencji logistyki w sferze procesów logistycznych na tworzenie przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa



Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań empirycznych.

grup kompetencji logistyki, także w przypadku kompetencji dotyczących systemów i technologii informacyjnych większe znaczenie przypisywane jest oddziaływaniu tych kompetencji na tworzenie przewagi konkurencyjnej opierającej się na kosztach w porównaniu z przewagą opierającą się na obsłudze klienta.

Wnioski końcowe

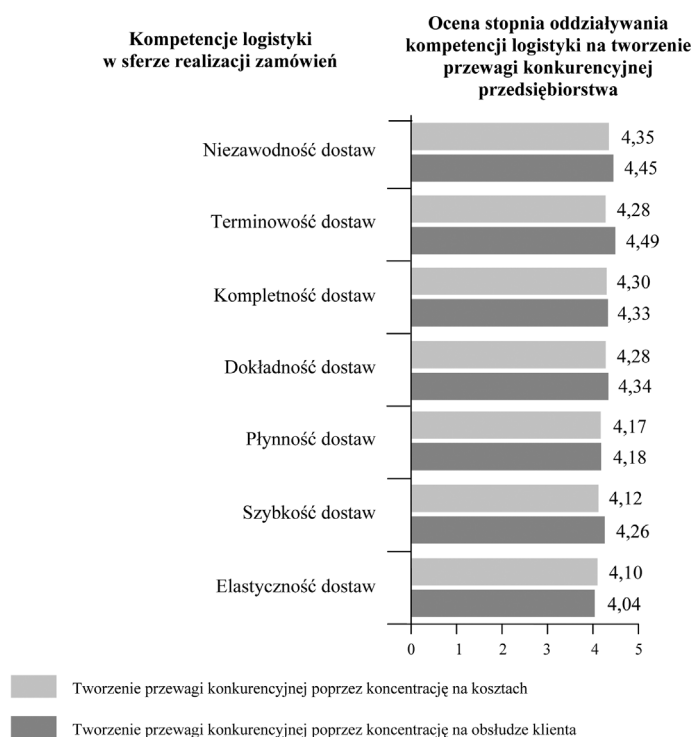
Kompetencje logistyki stanowią kluczowy rodzaj potencjałów sukcesu przedsiębiorstwa oddziałujących na tworzenie przewagi konkurencyjnej. Wyniki badań empirycznych, przeprowadzonych zarówno na świecie, jak i w Polsce, wskazują na co prawda dość zróżnicowany, ale jednak w wielu przypadkach duży bądź nawet bardzo duży stopień oddziaływania poszczególnych kompetencji logistyki na tworzenie przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa.

W świetle wyników badań przeprowadzonych przez autora można powiedzieć, że prawie wszystkie z wyróżnionych kompetencji logistyki cechują się przynajmniej przeciętnym stopniem oddziaływania na tworzenie przewagi konkurencyjnej. Jedynie integracja z dostawcami oraz integracja z pośrednikami (dystrybutorami) stanowią kompetencje cechujące się nieco niższym niż przeciętny stopniem oddziaływania na tworzenie przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa opartej na obsłudze klienta.

Z kolei największy stopień oddziaływania na tworzenie przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa, opartej zarówno na kosztach, jak i na obsłudze klienta, cechuje kompetencje logistyki związane z realizacją zamówień, a także — chociaż już tylko w kontekście przewagi opartej na kosztach — kompetencje związane z procesami logistycznymi.

Rysunek 5

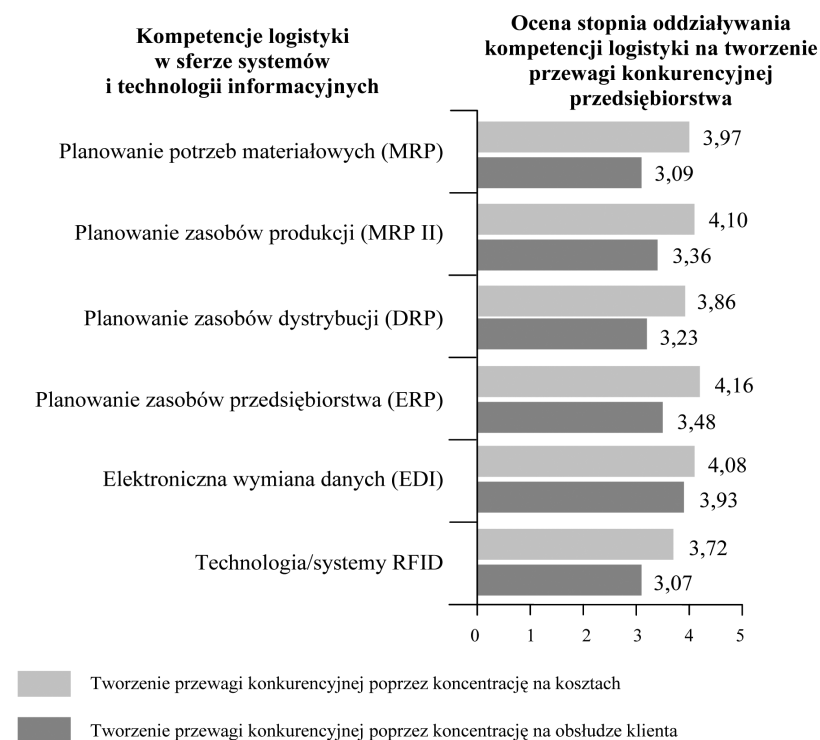
Stopień oddziaływania kompetencji logistyki w sferze realizacji zamówień na tworzenie przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa



Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań empirycznych.

Rysunek 6

Stopień oddziaływania kompetencji logistyki w sferze systemów i technologii informacyjnych na tworzenie przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa



Źródło: opracowanie własne na podstawie przeprowadzonych badań empirycznych.

Przypisy

¹ Stopień oddziaływania kompetencji logistyki na tworzenie przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa oceniany był w oparciu o skalę Likerta, poprzez podanie jednej z poniższych cyfr:

- „1” — kompetencje oddziałujące w bardzo małym stopniu na tworzenie przewagi konkurencyjnej,
- „2” — kompetencje oddziałujące w małym stopniu na tworzenie przewagi konkurencyjnej,
- „3” — kompetencje oddziałujące w średnim stopniu na tworzenie przewagi konkurencyjnej,
- „4” — kompetencje oddziałujące w dużym stopniu na tworzenie przewagi konkurencyjnej,
- „5” — kompetencje oddziałujące w bardzo dużym stopniu na tworzenie przewagi konkurencyjnej.

Wartości przedstawione na rysunkach 2–6 oznaczają średnie wartości w powyższej skali Likerta.

W przeprowadzonych badaniach uwzględniono dwa rodzaje przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa: przewagę opartą na kosztach oraz przewagę opartą na obsłudze klienta.

Literatura

Blaik, P., Bruska, A., Kauf, S., Matwiejczuk, R. (2013). *Logistyka w systemie zarządzania przedsiębiorstwem. Relacje i kierunki zmian*. Warszawa: PWE.

Matwiejczuk, R., 2013, Logistics Potentials in Business Competitive Advantage Creation. *LogForum. Scientific Journal of Logistics*, 9, 4 (5), 265–275.

Matwiejczuk, R. (2014a). Z badań nad oddziaływaniem kompetencji logistyki na tworzenie przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa. *Gospodarka Materialowa i Logistyka*, (1), 9–17.

Matwiejczuk, R. (2014b). Z badań nad oddziaływaniem kompetencji logistyki na tworzenie przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa. *Pozycjonowanie i integracja. Gospodarka Materialowa i Logistyka*, (11), 2–9.

www.pwe.com.pl



Polecamy

Podręcznik zawiera wykład podstawowych problemów współczesnej makroekonomii, łącząc sposoby podejścia do nich charakterystyczne dla wszystkich reprezentatywnych nurtów. Podręcznik obejmuje makroekonomię oraz gospodarkę światową. Układ podręcznika pozwala dostosować wykład do programów różnych typów

szkół wyższych. W obecnym wydaniu autorzy szczególną uwagę zwrócili na politykę fiskalną we współczesnych gospodarkach, bezrobocie oraz analizę kryzysu finansowego. Nowe wydanie podręcznika wzbogacają liczne przykłady i studia przypadków.

www.pwe.com.pl

Zaopatrzenie materiałowe gospodarstw rolnych w Polsce w wybrane środki produkcji roślinnej

Supplying farms in Poland with selected means of plant production

Gospodarstwa rolne są podmiotami gospodarki narodowej, w których niezwykle istotną rolę pełni zaopatrzenie materiałowe. W artykule przedstawiono wybrane elementy zaopatrzenia materiałowego gospodarstw rolnych w Polsce w nawozy mineralne i wapniowe oraz środki ochrony roślin. Wymienione środki produkcji rolnej to czynniki, które odpowiadają za wielkość i jakość plonów roślin uprawnych. Analizie poddano wielkość zużycia tych środków produkcji w polskim rolnictwie w latach 2004–2012. Realizowany w ramach podjętego tematu cel miał zarówno charakter poznawczy, jak i użyteczny. Istnieje zapotrzebowanie na wiedzę o zaopatrzeniu materiałowym rolnictwa, w tym w nawozy mineralne i chemiczne środki ochrony roślin.

Słowa kluczowe:

zaopatrzenie, gospodarstwa rolne, nawozy mineralne, środki ochrony roślin.

Farms are subjects of national economy in which supplies play a significant role. This article presents selected elements of supplying farms in Poland with mineral and limestone fertilizers and plant protection products. The above mentioned plant production agents are factors responsible for the quantity and quality of crop. The level of consumption of these agents in Polish agriculture in the years 2004–2012 has been analyzed. The aim pursued as part of this subject was both of research and utilitarian character. Knowledge about agricultural supplies, including mineral fertilizers and chemical plant protection products is needed.

Key words:

supply, farms, fertilizers, plant protection products.

Wprowadzenie

Zaopatrzenie materiałowe odgrywa istotną rolę w prawidłowym funkcjonowaniu każdego gospodarstwa rolnego, gdyż w procesach produkcyjnych w rolnictwie konieczne jest wykorzystanie wielu surowców oraz materiałów podstawowych i pomocniczych. Materiały wykorzystywane w gospodarstwach rolnych pochodzić mogą z różnych źródeł, tj. przemysłów wytwarzających środki produkcji dla rolnictwa (m.in. przemysł chemiczny), przetwórstwa rolno-spożywczego oraz samego rolnictwa. Zaopatrzenie gospodarstw rolnych w środki produkcji pochodzenia rolniczego może pochodzić ze źródeł wewnętrznych (zużycie plodów rolnych z własnej produkcji, np. materiał siewny i pasze) lub zewnętrznych (z innych gospodarstw rolnych, np. zwierzęta zarodowe). Wraz z rozwojem społeczno-gospodarczym i postępującym procesem industrializacji rolnictwa wzrasta znaczenie i wykorzystanie w gospodarstwach rolnych środków produkcji pochodzenia przemysłowego. Do podstawowych środków produkcji w rolnictwie zaliczyć należy:

- materiał siewny i sadzeniakowy,
- środki transportu, maszyny i urządzenia techniczne,
- nawozy mineralne i organiczne,
- środki ochrony roślin,
- pasze,
- paliwa naturalne i syntetyczne (Piwowar, 2014).

Efektywne gospodarowanie w rolnictwie determinowane jest w dużej mierze stosowaniem nawozów mineralnych i wapniowych oraz chemicznych środków ochrony roślin (w produkcji roślinnej), a także pasz przemysłowych (w produkcji zwierzęcej). Zasilenie procesu produkcyjnego w gospodarstwach rolnych, w postaci strumieni materiałowych, ma swoją specyfikę wynikającą z sezonowości produkcji rolnej. Z badań wynika, że polscy rolnicy zaopatrują się w środki produkcji dwa razy w roku, a średni czas ich magazynowania wynosi trzy miesiące (Kuboń, 2007).

Problematyka rynku zaopatrzenia rolników w środki produkcji rolnej jest interesująca zarówno z poznawczego, jak i użytecznego punktu widzenia. O skali problematyki świadczą dane dotyczące wielkości zużycia środków produkcji rolnej w Polsce. Dla przykładu w 2013 r. 72,1% ogółu gospodarstw prowadzących

działalność rolniczą w Polsce (tj. około 1 mln gospodarstw) stosowało nawozy mineralne. Masa towarowa dostarczonych na rynek krajowy nawozów mineralnych (NPK) w przeliczeniu na czysty składnik w 2013 r. wyniosła 2025,8 tys. t, a nawozów wapniowych i wapniowo-magnezowych (CaO+MgO) w przeliczeniu na czysty składnik wyniosła 1291,2 tys. t. (Środki produkcji, 2014). Z kolei wielkość sprzedaży środków ochrony roślin na potrzeby rolnictwa w 2012 r. wyniosła 62 tys. ton (w masie towarowej). W roku gospodarczym 2012/2013 środki ochrony roślin stosowało ok. 66% ogólnej liczby gospodarstw prowadzących działalność rolniczą w Polsce (Rynek środków, 2014). Interesujące z punktu widzenia poznawczego są m.in. zmiany z zaopatrzeniu materiałowym poszczególnych rodzajów środków produkcji rolnej w Polsce.

Cel, metodyka i źródła informacji

Głównym celem opracowania jest analiza wielkości i struktury zaopatrzenia gospodarstw rolnych w Polsce w wybrane środki produkcji rolnej. Do analizy wybrano następujące, obrotowe środki produkcji rolnej: nawozy mineralne i wapniowe oraz środki ochrony roślin. Podstawowy zakres czasowy analiz obejmował lata 2004–2012. Dodatkowym celem publikacji było przedstawienie roli wybranych środków produkcji rolnej, które mają bezpośredni lub pośredni wpływ na samowystarczalność i bezpieczeństwo żywnościowe. W opracowaniu wykorzystano metodę opisową oraz metody statystyki opisowej. Podstawowym źródłem danych statystycznych były publikacje IERiGŻ-PIB oraz GUS.

Rodzaje wybranych środków produkcji rolnej i ich charakterystyka

Jak wspomniano we wstępie, w produkcji roślinnej w rolnictwie wykorzystuje się m.in. nawozy mineralne. Celem ich stosowania jest dostarczanie roślinom uprawnym składników pokarmowych, które odpowiadają za prawidłowy wzrost i rozwój roślin uprawnych. Niedobór składników pokarmowych nie tylko hamuje wzrost roślin uprawnych, ale i przyczynia się do pogorszenia jakości produktów roślinnych. Nawożenie mineralne nie jest prostym zabiegiem agrotechnicznym, a wymagania pokarmowe roślin w stosunku do poszczególnych składników nawozowych są bardzo zróżnicowane. Dawki nawozów uzależnione są od zasobności gleb w składniki pokarmowe oraz wymagań pokarmowych uprawianych roślin. Według aktualnej wiedzy z zakresu chemii rolnej i fizjologii roślin za niezbędne dla prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin uznaje się 17 pierwiastków (Katyal, Datta, 2004). Trzy z nich (węgiel, tlen i wodór) określa się mianem pierwiastków biogennych (biogeny), natomiast pozostałe

pierwiastki definiuje się jako składniki mineralne i dzieli się na dwie grupy: makro- i mikroskładniki. Podział ten ma charakter ilościowy i wynika z potrzeb nawozowych roślin. Spośród sześciu makroelementów (azot, fosfor, potas, siarka, magnez i wapń) głównym składnikiem kształtującym wielkość i wartość plonu użytkowego jest azot (Grzebisz, 2008). Do prawidłowego przebiegu procesów fizjologicznych w roślinach uprawnych konieczne są również mikroelementy. Pełnią one głównie funkcje regulacyjne w odniesieniu do procesów biochemicznych przebiegających w roślinach. Do mikroelementów zaliczamy: bor (B), miedź (Cu), molibden (Mo), mangan (Mn), cynk (Zn) i żelazo (Fe). Dla zwierząt i człowieka niezbędne są również fluor (F), jod (J) i selen (Se) (Spiak, 2001).

Na krajowym rynku dostępnych jest wiele rodzajów nawozów mineralnych w formie stałej i płynnej. Producenci rolni mogą zaopatrywać się w nawozy proste — azotowe, fosforowe oraz potasowe. Jest to grupa nawozów, która zawiera jedynie jeden podstawowy składnik nawozowy. Popularne w rolnictwie są nawozy wieloskładnikowe (zawierające więcej niż jeden podstawowy składnik nawozowy; są to nawozy typu NPK, NP, NK i PK). Wśród nawozów mineralnych wyróżnić można również nawozy zawierające drugorzędne składniki nawozowe (np. magnez, siarka) oraz nawozy mikroelementowe. W praktyce rolniczej ważnym składnikiem nawozowym jest wapń. Wapnowanie reguluje odczyn gleby i zapewnia efektywne wykorzystanie przez rośliny innych składników pokarmowych.

Na szeroką skalę w produkcji roślinnej, oprócz nawozów mineralnych, wykorzystuje się środki ochrony roślin (pestycydy), które w ujęciu rodzajowym dzielą się na:

- zoocydy (środki do zwalczania szkodników zwierzęcych),
- fungicydy (środki grzybobójcze),
- herbicydy (środki chwastobójcze),
- regulatory wzrostu (środki stymulujące lub hamujące procesy życiowe roślin),
- atraktanty i repelenty (odpowiednio środki zwabiające i odstrasżające).

W ostatnich latach odnotowano duży postęp technologiczny, techniczny i organizacyjny w dziedzinie chemicznej ochrony roślin uprawnych. Popularność chemicznej ochrony roślin w rolnictwie wynika z wysokiej skuteczności zwalczania patogenów oraz szybkości i łatwości prowadzenia tych zabiegów agrotechnicznych. Dla przykładu oprysk pól herbicydem (środkiem chwastobójczym) daje możliwość rozwoju uprawianej rośliny bez konkurencji ze strony chwastów. Ponadto zastosowanie herbicydów zwiększa wydajność stosowania innych środków produkcji, m.in. nawozów (składniki pokarmowe nie są wykorzystywane do wzrostu i rozwoju niepożądanych na polu uprawnym roślin). Aktualnie stosowane w uprawach rolniczych pestycydy zawierają mniej groźne dla zdrowia ludzi i zwierząt substancje aktywne, stwarzając tym samym mniejsze zagrożenie dla środowiska. Z produkcji wy-

cofano preparaty starszej generacji i zastąpiono je przez środki bardziej nowoczesne. Środki ochrony roślin nie są stosowane jedynie w polowej produkcji rolniczej, ale również m.in. w leśnictwie, sadownictwie i kwiaciarnictwie. O możliwościach zastosowania danego preparatu decyduje jego aktywna część (substancja czynna, zwana również substancją aktywną).

Warto podkreślić, że stosowanie nawozów mineralnych i chemicznych środków ochrony roślin, poza niewątpliwymi korzyściami, wiąże się jednak z wieloma niepożądanymi skutkami. Dotyczy to nieracjonalnego stosowania tych środków produkcji (zbyt duże dawki, nieprawidłowe warunki pogodowe podczas zabiegu itp.) i potencjalnego zagrożenia dla środowiska przyrodniczego oraz zdrowia i życia ludzi.

Zużycie wybranych środków produkcji rolnej na krajowym rynku w latach 2005–2013

Wielkość zużycia nawozów mineralnych i wapniowych w Polsce w latach 2004–2013 przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Zużycie nawozów mineralnych i wapniowych (w tys. ton czystego składnika)

Lata gospodarcze	Nawozy mineralne				Nawozy wapniowe
	Ogółem	Azotowe	Fosforowe	Potasowe	
2004/2005	1628,4	895,3	324,3	408,8	1455,6
2005/2006	1966,1	996,5	441,8	527,8	873,7
2006/2007	1970,7	1056,2	411,9	502,6	604,9
2007/2008	2142,0	1142,3	462,3	537,4	622,4
2008/2009	1899,4	1095,4	375,3	428,7	529,8
2009/2010	1776,9	1027,6	352,6	396,7	591,5
2010/2011	1954,4	1091,1	408,4	454,9	568,3
2011/2012	1883,8	1094,7	370,8	418,3	507,8
2012/2013	2003,4	1202,0	386,5	414,9	754,6

Źródło: Rynek środków produkcji, 2014.

Zużycie nawozów mineralnych ogółem w badanym okresie wzrosło o 375 tys. ton i w roku gospodarczym 2012/2013 wyniosło 2 mln ton w przeliczeniu na czysty składnik. W strukturze zużycia nawozów mineralnych dominują nawozy azotowe, przy czym ich udział w latach 2004–2013 wzrósł z 55% w 2004 r. do 60% w 2013 r. W strukturze rodzajowej zużycia nawozów azotowych w Polsce dominujące znaczenie mają trzy nawozy: saletra amonowa, mocznik oraz saletrzaki. W latach 2004–2013 odnotowano w Polsce znaczne zmniejszenie zużycia nawozów wapniowych. Ma to związek ze zniesieniem dopłat do wapnowania gleb, które polscy rolnicy otrzymywali przed akcesją do Unii Europejskiej. Zużycie nawozów wapniowych w badanym okresie zmniejszyło się o 701 tys. ton, tj. o 48%. Interesujące jest zestawienie zu-

życia nawozów mineralnych w przeliczeniu na 1 ha użytków rolnych (UR) w Polsce (tab. 2), które z uwagi na zmniejszenie powierzchni gruntów wykorzystywanych rolniczo w Polsce ma istotne znaczenie analityczne.

Jak wynika z analiz, poziom zużycia nawożenia mineralnego NPK w przeliczeniu na 1 ha UR w Polsce wzrósł o 36,6 kg w badanym okresie. Podkreślić przy tym należy, że jest to relatywnie wysoki poziom nawożenia w porównaniu z innymi państwami członkowskimi UE. (jedynie w krajach Beneluxu oraz Niemczech odnotowuje się wyższe zużycie nawozów mineralnych).

Zużycie nawozów wapniowych w Polsce w latach 2004–2013 (w przeliczeniu na czysty składnik) przedstawiono na rysunku 1.

Niepokojącym zjawiskiem w polskim rolnictwie jest niski poziom zużycia nawozów wapniowych przy relatywnie wysokim nawożeniu mineralnym (zwłaszcza azotowym). Jest to ważny problem gospodarki i polityki rolnej, gdyż w Polsce dominują gleby bardzo kwaśne i kwaśne, które wymagają regularnego wapnowania. Warto przy tym odnotować, że po okresie stagnacji zużycia nawozów wapniowych w latach 2005–2011, w ostatnim okresie nastąpił wzrost średniego zużycia nawozów wapniowych w Polsce. Mimo tego niskie zużycie nawozów wapniowych przy bardzo wysokim

udziale gleb kwaśnych stanowi zagrożenie w postaci degradacji potencjału produkcyjnego gleb w Polsce.

W tabeli 3 przedstawiono strukturę sprzedaży środków ochrony roślin w latach 2005–2012 w przeliczeniu na substancję aktywną.

Wielkość sprzedaży środków ochrony roślin w Polsce w latach 2005–2012 wzrosła o 5847 ton (w tonach substancji aktywnych). W strukturze zużycia pestycydów dominują środki chwastobójcze (herbicydy), których udział w 2012 r. wyniósł 58%. W badanym okresie wzrósł udział herbicydów w strukturze zużycia wszystkich środków ochrony roślin o 5,58%. Popularne wśród polskich producentów są również środki grzybobójcze oraz zaprawy nasienne. Udział tej grupy pestycydów w strukturze sprzedaży w 2012 r. wyniósł 29%.

Tabela 2

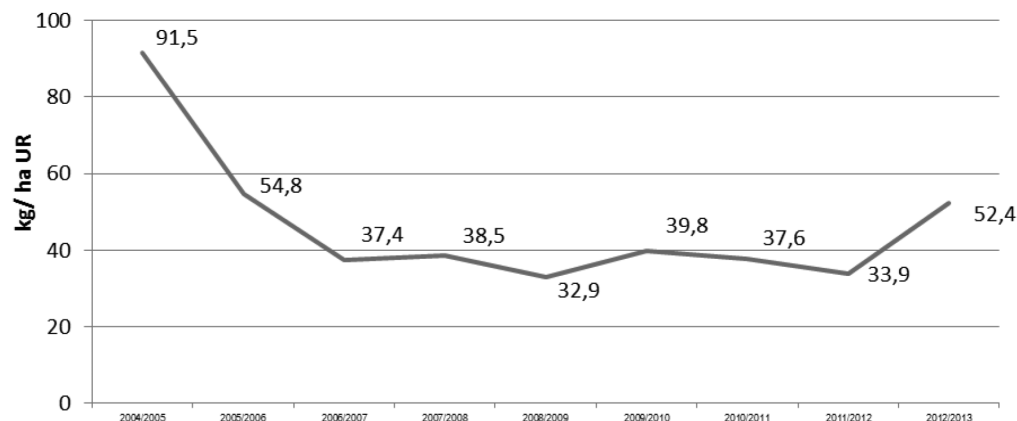
Poziom nawożenia mineralnego i wapniowego (w kg NPK i CaO na 1 ha UR)

Lata gospodarcze	Nawozy mineralne				Nawozy wapniowe
	Ogółem	Azotowe	Fosforowe	Potasowe	
2004/2005	102,4	56,3	20,4	25,7	91,5
2005/2006	123,3	62,5	27,7	33,1	54,8
2006/2007	121,8	65,3	25,5	31,1	37,4
2007/2008	132,6	70,7	28,6	33,3	38,5
2008/2009	117,9	68,0	23,3	26,6	32,9
2009/2010	119,6	69,2	23,7	26,7	39,8
2010/2011	129,1	72,1	27,0	30,1	37,6
2011/2012	125,8	73,1	24,8	27,9	33,9
2012/2013	139,0	83,4	26,8	28,8	52,4

Źródło: Rynek środków produkcji, 2014.

Rysunek 1

Zużycie nawozów wapniowych w Polsce w latach 2004–2013



Źródło: opracowanie własne na podstawie: Rynek środków produkcji, 2004; Rynek środków produkcji, 2009; Rynek środków produkcji, 2014.

Tabela 3

Struktura sprzedaży środków ochrony roślin w latach 2005–2012 (w tonach substancji aktywnej)

Rodzaj środków	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Środki owadobójcze	533,6	585,6	1003,8	1016,0	942,7	905,6	992,7	1287,6
Środki chwastobójcze	8379,3	9323,2	10924,3	10939,8	9519,7	10489,1	12408,5	12654,4
Regulatory wzrostu	1395,0	1321,8	1053,1	1374,0	1585,1	1522,4	1593,1	1394,8
Środki grzybobójcze i zaprawy nasienne	4886,3	5057,8	5124,4	6099,7	5895,4	5755,0	6083,4	6297,5
Środki grzyzoniobójcze	12,3	16,4	13,9	19,2	33,7	29,0	34,0	34,8
Pozostałe	832,6	797,5	602,3	1165,1	515,7	748,1	667,6	217
Ogółem	16039,1	17102,3	18721,8	20613,8	18495,4	19449,4	21779,3	21886,1

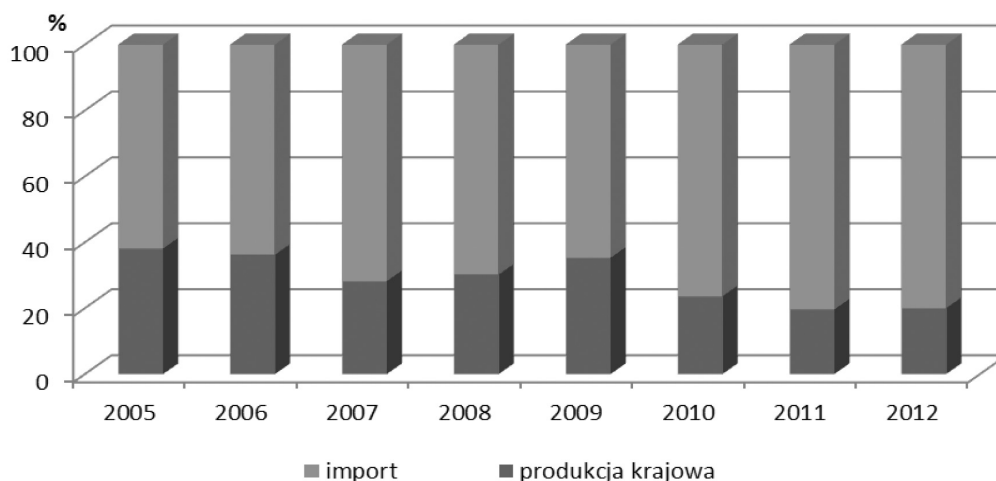
Źródło: opracowanie własne na podstawie: Rynek środków produkcji, 2007; Rynek środków produkcji, 2008; Rynek środków produkcji, 2011; Rynek środków produkcji, 2014.

Polscy rolnicy zaopatrują się w środki produkcji rolnej zarówno krajowej, jak i zagranicznej. Nawozy mineralne, zwłaszcza azotowe, są dostarczane na polski rynek głównie przez krajowy przemysł chemiczny. Udział produkcji krajowej w przychodach był dominujący w każdym z analizowanych lat. Do największych producentów nawozów mineralnych w tym segmencie zaliczyć należy m.in. Zakłady Azotowe Puła-

wy S.A. oraz Zakłady Azotowe w Tarnowie-Mościcach S.A. (Piwowar, 2012). W obrocie nawozami mineralnymi na rynku w Polsce dominującą rolę w przypadku importu odgrywają nawozy potasowe, ponieważ Polska nie posiada własnych złóż soli potasowej. W przeciwieństwie do rynku nawozów mineralnych znaczna część rynku środków ochrony roślin w Polsce zagospodarowana jest przez producentów z zagranicy.

Rysunek 2

Udział krajowej produkcji i importu w sprzedaży środków ochrony roślin w Polsce w latach 2005–2012



Źródło: opracowanie własne na podstawie: Rynek środków produkcji, 2008; Rynek środków produkcji, 2011.

cy. W dostawach środków ochrony roślin na polski rynek bardzo dużą rolę odgrywa import gotowych produktów oraz preparatów wykonanych na zlecenie firm zagranicznych (Zalewski, 2007). Udział w sprzedaży środków ochrony roślin produktów krajowych i zagranicznych przedstawiono na rysunku 2.

W strukturze sprzedaży środków ochrony roślin w Polsce w badanym okresie zdecydowanie dominowały produkty z importu. Udział krajowej produkcji w podaży pestycydów zmniejszył się w badanym okresie o 18,1 p.p. i w 2012 r. wyniósł jedynie 20%. Na krajowym rynku chemicznych środków ochrony roślin dostępne są produkty największych na świecie producentów pestycydów, takie jak m.in. Syngenta, Bayer, BASF, Monsanto, DuPont oraz Makhteshim.

Podsumowanie

Nawozy mineralne i środki ochrony roślin to ważne elementy zaopatrzenia materiałowego gospodarstw rolnych prowadzących produkcję roślinną. Jak wynika z analiz, w latach 2004–2012 wzrosło w Polsce zużycie zarówno nawozów mineralnych ogółem, jak i pestycydów.

Podstawowym materiałem, stosowanym w rolnic-

twie w celu zwiększenia plonów roślin, są nawozy mineralne. Wzrost ich zużycia ogółem w Polsce w latach 2004–2013 wynikał ze wzrostu zużycia nawozów azotowych. W badanym okresie zużycie nawozów azotowych w krajowym rolnictwie wzrosło o 306,7 tys. ton czystego składnika i w roku gospodarczym 2012/2013 wyniosło 2003,4 tys. ton czystego składnika. Jak wynika z analiz, w badanym okresie wzrosło również zużycie nawozów fosforowych (o 62,2 tys. ton czystego składnika) i potasowych (o 6,1 tys. ton czystego składnika). Niepokojącym zjawiskiem w polskim rolnictwie jest niski poziom zużycia nawozów wapniowych. W roku gospodarczym 2012/2013 zużycie nawozów wapniowych w Polsce wyniosło 52,4 kg CaO/ha UR, tj. o 39,1 kg CaO/ha UR mniej niż w roku gospodarczym 2004/2005.

Zużycie środków ochrony roślin w Polsce w 2012 r. wyniosło 21 886,1 tys. ton (w tonach substancji aktywnej), tj. o 5847 tys. ton więcej niż w 2005 r. W strukturze sprzedaży środków ochrony roślin na krajowym rynku dominujące znaczenie w każdym z badanych lat miały preparaty chwastobójcze, a następnie środki grzybobójcze. W dostawach środków ochrony roślin na krajowy rynek główną rolę w badanym okresie odgrywał import.

Literatura

- Grzebisz, W. (2008). *Nawożenie roślin uprawnych. Podstawy nawożenia*. Poznań: Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne.
- Katyal, J.C., Datta, S.P. (2004). Role of micronutrients in ensuring optimum use of macronutrients. India, New Delhi: IFA International Symposium on Micronutrients, 12 s.
- Kuboń, M. (2007). Logistyka zaopatrzenia gospodarstw rolniczych o wielokierunkowym profilu produkcji. *Inżynieria Rolnicza*, 6 (94).
- Piowar, A. (2012). Charakterystyka przemysłu nawozowego w Polsce (t. 91). *Przemysł Chemiczny*, (11), 2085–2089.
- Piowar, A. (2014). *Pierwszy agregat agrobiznesu — zaopatrzenie*. W: S. Urban (red.), *Agrobiznes i biobiznes. Teoria i praktyka*. Wrocław: Wyd. Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu.
- Rynek środków produkcji dla rolnictwa (2004). *Analizy Rynkowe*, (25), 7.
- Rynek środków produkcji dla rolnictwa (2007). *Analizy Rynkowe*, (32), 10.
- Rynek środków produkcji dla rolnictwa (2008). *Analizy Rynkowe*, (34), 10.
- Rynek środków produkcji dla rolnictwa (2009). *Analizy Rynkowe*, (35), 7.
- Rynek środków produkcji dla rolnictwa (2011). *Analizy Rynkowe*, (38), 16.
- Rynek środków produkcji dla rolnictwa (2014). *Analizy Rynkowe*, (41), 9, 23.
- Spiałk, Z. (2001). Jak należy nawozić mikroelementami — warunki stosowania i doboru mikroelementów. *Więś Jutra*, (11), 15–17.
- Środki produkcji w rolnictwie w roku gospodarczym 2012/2013 (2014). Warszawa: GUS.
- Zalewski, A. (2007). *Ewolucja zużycia środków ochrony roślin w Polsce* (t. IX). *Roczniki Naukowe SERiA*, (1), 567–569.

Radostaw Wolniak

Politechnika Śląska, Wydział Organizacji i Zarządzania w Katowicach

Iwona Stachurek

Wyższa Szkoła Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach

Paulina Binkiewicz

Wyższa Szkoła Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach

Procesy logistyki odwrotnej na przykładzie recyklingu opakowań z tworzyw sztucznych

*Reverse logistics processes on the example of the recycling
of plastic packaging*

Tworzywa sztuczne określane są mianem materiałów XXI wieku, a ich wykorzystanie przyczynia się przede wszystkim do ograniczenia zużycia zasobów naturalnych. Nadal dużym problemem pozostaje kwestia zagospodarowania i ponownego wykorzystania zużytych odpadów, które składowane są na wysypiskach śmieci. Wciąż wzrastające zużycie tworzyw sztucznych przyczynia się do wzrostu ilości odpadów, a tym samym do kwestii ich składowania i ponownego zagospodarowania, co jest problemem wszystkich krajów szybko rozwijających się. Największą ilość stanowią odpady opakowaniowe wykonane z polietylen, polipropylenu, poli(tereftalanu etylen), polistyrenu, poli(chlorku winylu) oraz poliwęglanu. Idealną sytuacją byłoby, aby gospodarka odpadami była realizowana na każdym etapie w łańcuchu dostaw, obejmując dostawcę surowca, importera, przetwórcę, firmę wprowadzającą na rynek produkt w opakowaniu, tak aby wszystkie odpady z tworzyw sztucznych poddawane były recyklingowi lub odzyskowi.

Słowa kluczowe:

logistyka odwrotna, odpady opakowaniowe, odzysk odpadów, recykling.

Plastics materials are widely distributed in the XXI century. Their use contributes primarily to reduce the consumption of natural resources. Still a major problem remains the issue of land use and reuse of used waste that is stored in landfills. Still rising consumption of plastics contribute to increasing the amount of waste, and thus the issue of storage and reuse what is the problem of all emerging economies. The highest amount of packaging waste is made of polyethylene, polypropylene, poly(ethylene terephthalate), polystyrene, poly(vinyl chloride) and polycarbonate. The ideal situation would be to spread the appropriate waste management and implement it at every stage in the supply chain — raw material supplier, importer, processor, the company marketing the product in the package so that all the plastic waste was recycled or subjected to recovery.

Key words:

reverse logistics, packaging waste, waste recovery, recycling.

Wprowadzenie

Klasyczne podejście do logistyki i zarządzania łańcuchem dostaw przyjmowało, że jest to proces planowania, koordynacji i sterowania w aspekcie czasowym i przestrzennym realnych procesów realizują-

cych przyjęte w organizacji cele (Ficoń, 2008). Można ją również zdefiniować jako zarządzanie działaniami przemieszczania i składowania produktów, które mają ułatwić ich przepływ z miejsc pochodzenia do miejsc finalnej konsumpcji (Rutkowski i Beier, 1993). W podejściu klasycznym był to więc stru-

mień (łańcuch dostaw) od dostawców, poprzez producenta i dystrybucję, do klienta.

Współcześnie coraz częściej do problematyki logistyki, w tym zarządzania łańcuchami dostaw, włącza się również problematykę związaną z postępowaniem z towarami, opakowaniami i różnymi pozostałościami po towarach. Podobnie jak należy zarządzać dostarczeniem produktu do klienta, także w tym przypadku mamy do czynienia z koniecznością zarządzania przepływem towarów. Proces ten jest coraz częściej badany i nosi nazwę logistyki odwrotnej. W niniejszej publikacji przedstawiono procesy logistyki odwrotnej na przykładzie opakowalnictwa, a dokładnie utylizacji opakowań z tworzyw sztucznych.

Logistyka odwrotna

W ostatnich latach problematyka logistyki odwrotnej stała się szeroko obecna w światowej literaturze logistycznej (Chan i Chan, 2008; Li i Olorunniwo, 2008; Rogers i Tibben-Lembke, 2001; Srivastava, 2008). Jednym z tego powodów jest rosnąca ilość odpadów, która wiąże się w przypadku współczesnych produktów z ich opakowaniami (np. z omawianymi w publikacji opakowaniami z tworzyw sztucznych; Kwok i Yiming, 2009).

Według Council of Logistics Management, logistyka odwrotna jest szerokim terminem odnoszącym się do logistycznego zarządzania umiejętnościami i działaniami zaangażowanymi do recyklingu, zarządzania i dysponowania odpadami produktowymi i opakowaniowymi. Zawiera w sobie dystrybucję odwrotną, która powoduje przepływy dóbr i informacji w kierunku przeciwnym do normalnych działań logistycznych (Szołtysek, 2009).

W wielu przypadkach czynnikiem determinującym wzrost zainteresowania problematyką dotyczącą logistyki odwrotnej są regulacje dotyczące ochrony środowiska, bądź nacisk klientów czy opinii publicznej. Takim regulatorem jest m.in. „zasada rozszerzonej odpowiedzialności producentów”, wprowadzona w ustawie z dnia 27 kwietnia 2001 r. (ustawa o odpadach, 2001). W Polsce powyższą zasadą objęto po raz pierwszy od roku 2002 kilka produktów, co zawdzięczamy zapisom w ustawie z dnia 11 maja 2001 roku, zwanej potocznie ustawą „produktową” (załącznik do ustawy o odpadach, 2001).

Logistyka odwrotna jest nieco inaczej definiowana w europejskim i amerykańskim nurcie logistyki. W nurcie europejskim przyjmuje się, że początek logistyki odwrotnej stanowi konsument, który w momencie, gdy zużyje dane dobro, „wytwarza” pozostałości po nim oraz dysponuje opakowaniem — są to przedmioty, które mają określoną wartość ekonomiczną lub ekologiczną (Korczak, 2012).

Na wartość ekonomiczną składa się (Korczak, 2012):

- możliwość powtórnego wprowadzenia w obieg pozyskanych przedmiotów (recykling),
- poddanie pozostałości po towarze unieszkodliwieniu (utylizacja).

Natomiast w przypadku wartości ekologicznej można mówić o wpływie pozostałości danego towaru i jego opakowania na zanieczyszczenie środowiska naturalnego (wody, gleby, powietrza).

Z tego powodu w nurcie europejskim bardzo silnie akcentuje się konieczność szczegółowych regulacji prawnych w zakresie recyklingu, utylizacji i ekologii oraz potrzebę prowadzenia szeroko zakrojonej edukacji ekologicznej.

W podejściu amerykańskim natomiast definiuje się logistykę odwrotną jako proces planowania, wdrażania i kontroli efektywności kosztowej przepływów surowych materiałów, zapasów w produkcji, wyrobów gotowych i informacji z nimi powiązanych, poczynając od punktu konsumpcji do punktu pierwotnego, w celu odzyskania wartości lub prawidłowego usunięcia (Rogers, 1998). Nurt ten jest więc oparty w pierwszej kolejności na idei zwrotów produktów.

W ujęciu amerykańskim zwraca się uwagę na dwa zasadnicze nurty — pierwszy, wskazujący konieczność „dołączenia” dodatkowego kanału, w którym dochodzi do procesu sortowania, recyklingu i utylizacji kończących życie produktu oraz drugi, w którym produkty wracają tą samą drogą do producenta (Korczak, 2012).

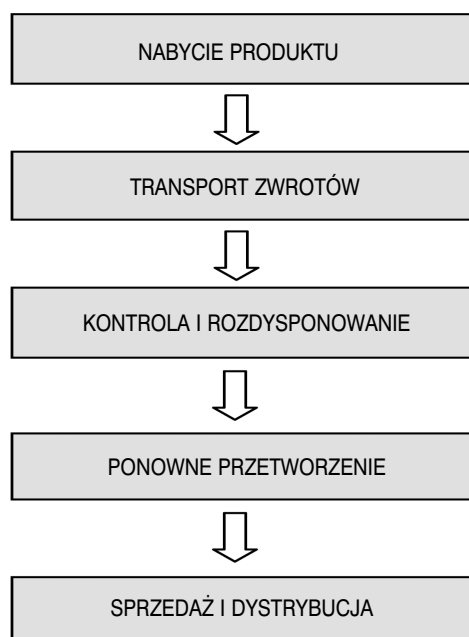
Zważywszy na fazy występujące w odwróconym łańcuchu dostaw, mamy do czynienia z szerokim spektrum produktów, które w dotychczasowym — jednokierunkowym ujęciu stanowiły koniec łańcucha dostaw jako jednokierunkowego przepływu dóbr (Domagała i Wolniak, 2014). Składa się na nie wiele dóbr, przy czym z punktu widzenia niniejszej publikacji w pierwszej kolejności interesują nas:

- opakowania, które jako odpady, muszą być ewidencjonowane i unieszkodliwiane lub wykorzystywane do produkcji energii;
- opakowania, które muszą być zwrócone do miejsca ich pochodzenia lub podmiotu zajmującego się konsolidacją opakowań.

Należy zauważyć, że nie wszystkie odwrócone łańcuchy dostaw są jednakowe. Istnieją 4 elementy, które występują w każdym odwróconym łańcuchu dostaw, niezależnie od jego rodzaju, i takie, które są specyficzne dla określonych łańcuchów dostaw. Warto w szczególności zwrócić uwagę na te elementy, które są jednakowe dla wszystkich odwróconych łańcuchów dostaw. Ich analiza i gruntowne rozpatrzenie są niezbędne do podejmowania racjonalnych decyzji dotyczących struktury podmiotowej i przepływowej odwróconego łańcucha dostaw. Strukturę przedmiotową stanowi układ ogniw w sieci przedsiębiorstw, w ramach którego realizowane są przepływy materiałowe i informacyjne, stanowiące strukturę przepływową łańcucha (Kruczek i Żebrudzi, 2011). Kluczowe fazy odwróconego łańcucha dostaw przedstawiono na rysunku 1.

Rysunek 1

Kluczowe fazy odwróconego łańcucha dostaw



Źródło: Domagała i Wolniak, 2013.

Opakowania z tworzyw sztucznych

Ustawa z dnia 11 maja 2001 r. o opakowaniach i odpadach opakowaniowych definiuje opakowanie jako wyrób wykonany z dowolnego materiału i przeznaczony do przechowywania, ochrony, przewozu, dostarczania i prezentacji towaru na drodze surowiec — wyrób gotowy, producent wyrobu — użytkownik/konsument (Domagała i Wolniak, 2014).

Opakowania dzielą się na (ustawa o opakowaniach i odpadach opakowaniowych, 2001):

- opakowania podstawowe (jednostkowe, handlowe) — opakowanie określonej ilości towaru, zazwyczaj pojedynczych produktów przeznaczonych do sprzedaży detalicznej;
- opakowania zbiorcze (drugorzędne) — opakowania co najmniej dwóch opakowań jednostkowych, które można zdjąć bez naruszenia opakowania podstawowego; służą one do transportu i magazynowania produktów;
- opakowania transportowe (trzeciorzędne) — opakowania określonej ilości produktów, produktów w opakowaniach jednostkowych lub opakowaniach zbiorczych; opakowania te, podobnie jak opakowania zbiorcze, używane są do transportu i magazynowania wyrobów.

Opakowania w zależności od materiału, z jakiego są wykonane można podzielić na opakowania z meta-

lu, ze szkła, z papieru lub tektur, opakowania drewniane, opakowania z tworzyw sztucznych oraz opakowania wieloskładnikowe (ustawa o opakowaniach i odpadach opakowaniowych, 2001).

W przypadku tworzyw sztucznych w przemyśle opakowaniowym największe zastosowanie znajdują takie polimery jak: polietylen (PE), polipropylen (PP), poli(tereftalan etylenu — PET), polistyren (PS), poli(chlorek winylu) (PCV) oraz poliwęglan (PC). W tabeli 1 przedstawiono przykłady opakowań oraz rodzaj tworzywa sztucznego, z jakiego są one otrzymywane.

Tabela 1

Przykłady opakowań wykonanych z tworzyw sztucznych

Rodzaj opakowania	Przykłady	Tworzywa sztuczne użyte do ich otrzymania
Opakowanie podstawowe	reklamówki jednorazowe, torby na zakupy, folia do pakowania żywności, tacki, opakowania zabawek, kosmetyków, butelki, kubeczki, pudełka, kanistry	polietylen, polipropylen, polistyren, poli(tereftalan etylenu), poli(chlorek winylu), poliwęglan
Opakowanie zbiorcze	skrzynki, pudełka, worki, folia rozciągliwa	polietylen, polipropylen, polistyren
Opakowanie transportowe	folia rozciągliwa	polietylen, polipropylen

Źródło: Tworzywa sztuczne, 2012.

Wzrastające zużycie tworzyw sztucznych, a przede wszystkim powszechne ich zastosowanie jako materiałów opakowaniowych, spowodowało również wzrost tego rodzaju odpadów składowanych na wysypiskach śmieci. Największym problemem są opakowania jednorazowe, które zajmują znaczną objętość wszystkich odpadów (około 30%), mimo iż pod względem masy stanowią tylko około 8% wszystkich śmieci (Szostak-Kotowa, 1997; Mroziński, 2009). Do tych opakowań należą przede wszystkim butelki po napojach wykonane z poli(tereftalanu etylu), jak również torby na zakupy i folie do pakowania żywności oraz opakowania produktów gospodarstwa domowego, chemii gospodarczej, żywności, zabawek, kosmetyków, a także przedmiotów wielkogabarytowych wykonane z polietylenu, polipropylenu, poli(chloru winylu) lub polistyrenu (Tworzywa sztuczne, 2012).

Bardzo ważnym problemem z punktu widzenia logistyki odwrótej jest czas rozkładu materiałów polimerowych, który trwa nawet kilkaset lat. Wynika to

z faktu, iż materiały te są odporne na liczne czynniki środowiska. Większość tworzyw sztucznych nie ulega zniszczeniu pod wpływem wody, światła słonecznego czy działania drobnoustrojów. Taka sytuacja powoduje, że opakowania z tego rodzaju materiałów muszą podlegać recyklingowi. Kolejnym problemem są powstające podczas procesu rozkładu toksyczne i szkodliwe dla środowiska substancje. Dlatego to co jest zaletą przy wszechstronnym wykorzystaniu tych materiałów w opakownictwie, staje się dużym problemem w gospodarce odpadami.

W ostatnich latach widać rosnącą tendencję do otrzymywania opakowań z tworzyw sztucznych, które nie tylko spełniają wymagania stawiane materiałom przeznaczonym do zastosowań w opakownictwie, ale również spełniają coraz wyższe wymagania pod kątem ich przydatności w procesach logistyki zwrotnej, w tym recyklingu. Przykładem może być obniżenie masy kubka do jogurtu, która jeszcze 15 lat temu wynosiła około 13 g, a obecnie 4,5 g, czy też obniżenie masy jednorazowej reklamówki z PE lub PP z 20 do około 7 g. Z punktu widzenia ochrony środowiska najlepszym rozwiązaniem jest otrzymanie takich materiałów, które po okresie użytkowania, czyli spełnieniu swojej roli, ulegałyby rozkładowi do związków przyjaznych środowisku naturalnemu. Do tej grupy materiałów należą materiały biodegradowalne, czyli materiały, które ulegają rozkładowi pod wpływem czynników biologicznych. Zastosowanie ich w opakownictwie jest obecnie ograniczone ze względu na wysokie koszty produkcji wielkotonażowej (Mroziński, 2009; Stachurek 2012; Spasówka i Rudnik, 1999).

Odzysk i recykling opakowań z tworzyw sztucznych

Jak wspomniano w europejskim nurcie logistyki zwrotnej opakowanie rozumiane jest, jako pozostałość po produkcie, która w wyniku recyklingu i utylizacji ma określoną wartość ekonomiczną. Przepisy obowiązujące w Unii Europejskiej nałożyły na Polskę osiągnięcie min. 50% poziomu odzysku, w tym do roku 2020 50% poziomu odzysku tworzyw sztucznych z odpadów. Konsekwencją niespełnienia wymagań UE będą wysokie kary finansowe. W przypadku materiałów opakowaniowych wykonanych z tworzyw sztucznych możliwości odzysku opakowań mogą być realizowane przede wszystkim metodą recyklingu materiałowego, chemicznego lub energetycznego.

Zgodnie z definicją recykling to powtórne przetwarzanie materiałów odpadowych w procesach produkcyjnych w celu uzyskania materiałów, produktów lub substancji o przeznaczeniu pierwotnym lub o innym przeznaczeniu. Recykling obejmuje również ponowne wykorzystanie odpadów organicznych, nato-

miast pojęcie to nie odnosi się do odzysku energii (Dyrektywa 94/62/WE). W Polsce regulacje prawne w zakresie ochrony środowiska nakładają na przedsiębiorców i władze gminne, bez względu na wielkość i rodzaj produkcji, obowiązek selektywnego zbierania odpadów (ustawa Prawo ochrony środowiska, 2001; ustawa o odpadach 2012; Dyrektywa 2004/12/WE).

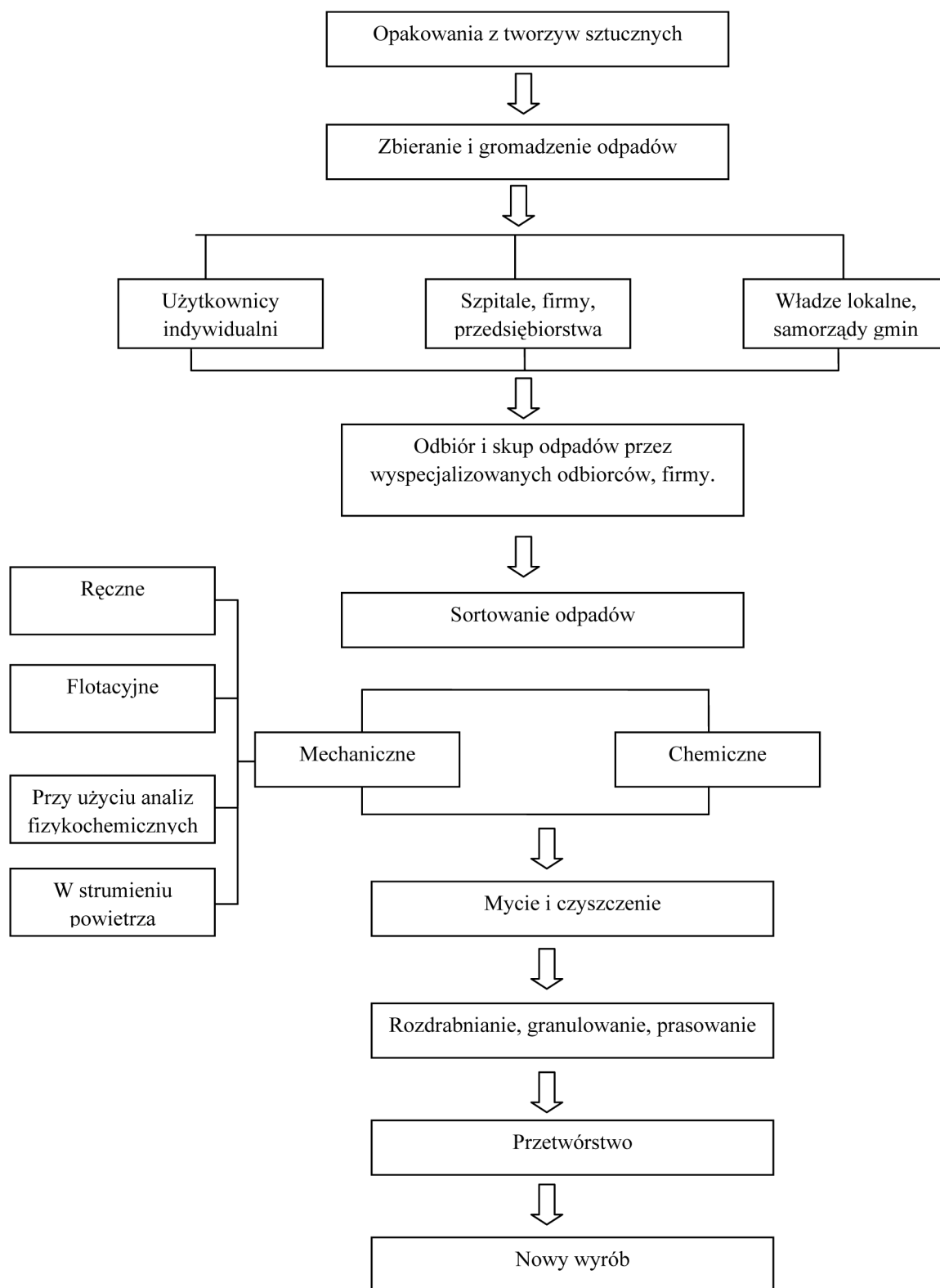
Ogólnie recykling dzieli się na trzy rodzaje:

1. Ponowne zastosowanie polegające na wykorzystaniu produktów lub materiałów w celu otrzymania tego samego wyrobu.
2. Inne zastosowanie, które polega na wykorzystaniu produktów lub materiałów w celu otrzymania innego wyrobu. Zastosowanie odpadów do otrzymania innego typu produktu wymaga w większości przypadków odpowiedniej obróbki chemicznej, fizycznej lub biologicznej.
3. Ponowne zużytkowanie polegające na odzyskiwaniu ze śmieci odpadów chemicznych, następnie ponownego ich wprowadzania do produkcji (<http://www.recyklingorganizacjaodzysku.com>).

Ze względu na technologię procesu wyróżnia się trzy metody recyklingu: recykling materiałowy, chemiczny i energetyczny. Poniżej dokonano charakterystyki poszczególnych metod recyklingu w odniesieniu do opakowań wykonanych z tworzyw sztucznych.

Recykling materiałowy

Recykling materiałowy jest najbardziej popularną i najlepszą z metod odzysku polimerowych odpadów opakowaniowych w procesie zarządzania łańcuchem dostaw oraz powtórnego ich wykorzystania do otrzymania nowych wyrobów, często o innym przeznaczeniu. Metoda ta polega na odzyskiwaniu tworzywa sztucznego (surowiec wtórny) i ponownym jego przetwarzaniu. Recykling materiałowy jest najlepszą metodą usuwania odpadów opakowaniowych z tworzyw sztucznych ze środowiska i obejmuje opakowania otrzymane z PE, PP, PS, PET, PCV oraz ich mieszanin. Odzysk tworzyw sztucznych oraz ponowne ich wykorzystanie wymaga szeregu następujących po sobie czynności. Jednym z najważniejszych etapów jest zbieranie i gromadzenie odpadów polimerowych (Kozłowski, 2008). Bardzo dużą rolę ma tutaj świadomość społeczeństwa. 1 lipca 2013 roku weszła w życie ustawa o zmianie ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach, zgodnie z którą o segregacji śmieci decyduje mieszkaniec, a nie władze gminy (ustawa o zmianie ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach, 2011). Natomiast w przypadku przedsiębiorców regulacje prawne w zakresie gospodarki odpadami nakładają na każdą firmę produkcyjną oraz każdą jednostkę organizacyjną, bez względu na rodzaj i wielkość produkcji, obowiązek



Źródło: opracowanie własne.

prowadzenia gospodarki odpadami zgodnie z wymaganiami wynikającymi z przepisów ochrony środowiska (ustawa Prawo ochrony środowiska, 2001).

Na rysunku 2 przedstawione zostały poszczególne etapy logistyki zwrotnej w zakresie ponownego wykorzystania zużytych opakowań z tworzyw sztucznych.

Ważnym etapem procesów logistyki zwrotnej jest sortowanie odpadów opakowaniowych na grupy jednorodne polimerowo, tak aby w jednej grupie znajdowały się zużyte opakowania otrzymane z tego samego polimeru. W celu uproszczenia recyklingu wprowadzone są kody oznaczenia różnych materiałów, które składają się z trójkąta uformowanego z trzech strzałek z grotami skierowanymi zgodnie z ruchem wskazówek zegara. Wewnątrz trójkąta znajduje się liczba oznaczająca kod polimeru użytego do produkcji, a pod trójkątem umieszczany jest jego skrót literowy (www.plasticseurope.pl). W tabeli 2 przedstawiono kody podstawowych polimerów syntetycznych stosowanych do produkcji tworzyw sztucznych.

Tabela 2

Oznaczenia wybranych tworzyw sztucznych

Znak	Symbol	Nazwa	Znak	Symbol	Nazwa
	PET	Poli(tereftalan etylenu)		PP	Polipropylen
	HDPE	Polietylen wysokiej gęstości		PS	Polistyren
	PVC	Poli(chlorek winylu)		OTHER	Poliamid (PA), poliwęglan (PC), ABS (kopolimer akrylonitryl-butadien-styren)
	LDPE	Polietylen niskiej gęstości			

Źródło: www.plasticseurope.pl

Recykling chemiczny

Inną metodą recyklingu stosowaną w procesach logistyki zwrotnej opakowań z tworzyw sztucznych jest recykling chemiczny. Recykling ten, inaczej zwany recyklingiem surowcowym, polega na rozpadzie materiału polimerowego do związków małocząsteczkowych, które mogą być ponownie użyte do otrzymania nowych tworzyw. Natomiast powstające podczas procesu odpady mogą być dodawane do paliw i smarów. Zaletą recyklingu chemicznego jest możliwość przeróbki tworzyw sztucznych bez uprzedniej ich segregacji. Wadą tej metody są wysokie koszty procesu wynikające ze stosowania skomplikowanych instalacji oraz konieczności stosowania wysokich ciśnień oraz temperatur (<http://www.recyklingorganizacjaodzysku.com>).

Recykling energetyczny

Recykling energetyczny, czyli termiczne przetwarzanie odpadów, jest kolejną metodą postępo-

wania z odpadami opakowaniowymi w procesach logistyki zwrotnej i polega na ich spalaniu, które przeprowadza się w spalarniach odpadów. Proces ten trwa około dwóch godzin i przebiega w temperaturze 1000°C, natomiast ciepło uzyskiwane podczas spalania może być wykorzystywane do produkcji energii elektrycznej lub ciepłej. Dużą zaletą recyklingu energetycznego jest to, że w trakcie procesu objętość odpadów zmniejsza się o około 90%, a ich masa maleje o około 40–60%. Natomiast wadą tej metody są powstające podczas procesu spalania gazy odlotowe, które zawierają wiele szkodliwych i toksycznych związków (np. dioksany i furany) dla zdrowia ludzi oraz dla środowiska. Recyklingowi energetycznemu mogą być poddawane opakowania wykonane z poli-

etylenu i polipropylenu (Stachurek, 2012). Natomiast w przypadku opakowań z poli(chlorku winylu) podczas procesu spalania powstaje chlor i chlorowódor, związki szkodliwe dla człowieka. W Szwajcarii recykling energetyczny jest bardzo popularną metodą postępowania z odpadami, w tym odpadami opakowaniowymi, gdzie około 90% ulega spaleni (Tworzywa sztuczne, 2012).

Odzysk odpadów opakowaniowych

W tabeli 3 przedstawiono metody odzysku odpadów opakowaniowych w zależności od rodzaju tworzywa, z jakiego zostały wyprodukowane, oraz przykłady ich ponownego zastosowania.

Podsumowanie

Problematyka recyklingu i gospodarki odpadami jest bardzo istotnym problemem współczesnej logi-

Tabela 3

Przykłady ponownego wykorzystania tworzyw sztucznych otrzymanych w wyniku odzysku materiału z zużytych opakowań polimerowych

Rodzaj tworzywa użytego do otrzymania opakowań	Metoda odzysku	Rodzaj otrzymanego materiału	Zastosowanie
Polietylen i polipropylen	recykling materiałowy	regranulat	opakowania, kanistry, pojemniki na detergenty, wiadra, kontenery na odpady, worki na śmieci, taśmy, skrzynki, doniczki, meble ogrodowe, rury kanalizacyjne
Poli(tereftalan etylenu)	recykling materiałowy	regranulat włókna	folie pokryciowe i przekładowe, butelki i opakowania detergentów, części samochodowe, części konstrukcyjne mebli odzież, dywany, szczotki, sznurki, wypełnienie kurtek, poduszek, materacy, śpiworów
Polistyren	recykling chemiczny		dodatek do betonu, środek spulchniający dodawany do gleby i kompostu
Poliwęglan	recykling materiałowy	regranulat	butelki, części samochodowe

Zródło: Opracowanie własne na podstawie

styki odwrotnej. Przedstawione w niniejszej publikacji rozważania pozwoliły na dokonanie analizy recyklingu opakowań z tworzyw sztucznych z punktu widzenia procesów logistyki odwrotnej.

Proces odzysku opakowań z tworzyw sztucznych to działanie polegające na ponownym wykorzystaniu w całości lub części odpadów bądź odzyskaniu z odpadów na przykład energii czy materiałów, które ponownie mogą być wykorzystane. W przypadku logistyki odwrotnej szczególnie interesujące jest określenie możliwości odzyskiwania możliwie maksymalnej części tychże odpadów opakowaniowych.

Do najbardziej popularnych i najczęściej stosowanych metod odzysku odpadów opakowaniowych zalicza się recykling materiałowy polegający na odzyskiwaniu ze zużytego opakowania surowca, recykling chemiczny polegający na przekształcaniu związków wielkocząsteczkowych w związki małowcząsteczkowe i recykling energetyczny, czyli termiczne przekształcanie odpadów prowadzące do pozyskiwania energii elektrycznej lub cieplnej. Należy podkreślić, że odzysk opakowań będzie zawsze prowadził do zmniejszenia ilości odpadów składowanych na wysypiskach śmieci (Stachurek, 2012).

Literatura

- Chan, F.T.S., Chan, H.K. (2008). A survey on reverse logistics system of mobile phone industry in Hong Kong. *Management Decision*, 46 (5), 702–708.
- Domagała, T., Wolniak, R. (2014). Odwrócony łańcuch dostaw. *Logistyka*, (1), 24–27.
- Domagała, T., Wolniak, R. (2013). Reverse supply chain. *Management Systems in Production Engineering*, (4), 3–7.
- Dyrektywa 2004/12/WE Parlamentu Europejskiego i Rady UE z dnia 11 lutego 2004 r. zmieniająca dyrektywę 94/62/WE w sprawie opakowań i odpadów opakowaniowych.
- Dyrektywa 94/62/WE Parlamentu Europejskiego i Rady Europy z dnia 20 grudnia 1994 r. w sprawie opakowań i odpadów opakowaniowych.
- Ficoń, K. (2008). *Logistyka ekonomiczna*. Warszawa: Bell Studio.
<http://www.recyklingorganizacjaodzysku.com>
- Korczak, J. (2012). Logistyka odwrotna. *Logistyka*, (5), 584–588.
- Kozłowski, M. (red.). (2006). *Recykling tworzyw sztucznych w Polsce i w Europie*. Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej.
- Kruczek, M., Żebrudski, Z. (2011). Doskonalenie struktury łańcucha dostaw z wykorzystaniem koncepcji Lean. *Logistyka*, (2), 355–362.
- Kwok, H.L., Yiming, W. (2009). Reverse logistics in the electronic industry of China: a case study. *Supply Chain Management. An International Journal*, (6), 447–465.
- Li, X., Olorunniwo, F. (2008). An exploration of reverse logistics practices in three companies. *Supply Chain Management. An International Journal*, 13 (5), 381–386.
- Mroziński, A. (2009). *Recykulacja tworzyw sztucznych w Polsce i Europie*. Bydgoszcz: Koło Naukowe TOPgarn Wydział Mechaniczny, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy.
- Rogers, D.S., Tibben-Lembke, S. (1998). *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices*, University of Nevada. Center for Logistics Management, Reverse Logistics Executive Council.
- Rogers, D.S., Tibben-Lembke, R.S. (2001). An overview of reverse logistics practices. *Journal of Business Logistics*, 22 (1), 22–28.
- Rutkowski, K., Beier, F.J. (1993). *Logistyka*. Warszawa: SGH.

- Spasówka, E., Rudnik, E. (1999). Możliwości wykorzystania węglowodanów w produkcji biodegradowalnych tworzyw sztucznych. *Przemysł Chemiczny*, (9).
- Srivastava, S.K. (2008). Network design for reverse logistics. *Omega*, 36 (4), 535–48.
- Stachurek, I. (2012). Problemy z biodegradacją tworzyw sztucznych w środowisku. Katowice: *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Zarządzania Ochroną Pracy*, 8 (1).
- Szołtysek, J. (2009). *Logistyka zwrotna*. Poznań: Instytut Logistyki i Magazynowania.
- Szostak-Kotowa, J. (1997). *Biodegradacja termoplastycznych tworzyw sztucznych stosowanych w opakowalnictwie*. Kraków: Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej, (487).
- Tworzywa sztuczne — fakty 2012. *Analiza produkcji, zapotrzebowania oraz odzysku tworzyw sztucznych w Europie w roku 2011*. Raport europejskich producentów tworzyw sztucznych i ich partnerów PlasticsEurope (wyd. 21).
- Ustawa o odpadach z dnia 27 kwietnia 2001 r. (DzU nr 62, poz. 628; art. 5).
- Ustawa o odpadach z dnia 14 grudnia 2012 r. (DzU 2013, nr 0, poz. 21).
- Ustawa z dnia 1 lipca 2011 r. o zmianie ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach oraz niektórych innych ustaw (DzU nr 152, poz. 897).
- Ustawa z dnia 11 maja 2001 r. o opakowaniach i odpadach opakowaniowych (DzU nr 63, poz. 638 ze zm.).
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. — Prawo ochrony środowiska (DzU nr 62, poz. 627 ze zm.).
- www.plasticseurope.pl
- Załącznik do ustawy z dnia 11 maja 2001 r. (DzU nr 63, poz. 639).



www.pwe.com.pl

PWE poleca

Praktyka i teoria zarządzania projektami koncentruje się przede wszystkim na problemach i rozwiązaniach dynamicznych, czyli przebiegu projektów; problemy i rozwiązania statyczne, czyli organizacji realizacji projektów, rzadziej są przedmiotem rozważań. Dzieje się tak ze szkodą dla rezultatów projektów, niewłaściwe rozwiązania organizacyjne są bowiem częstymi przyczynami ich niepowodzeń. Problemom organizacji projektowej jest poświęcona niniejsza książka. Jej celem jest przedstawienie zarówno podstaw teoretycznych, problemów praktycznych, jak i propozycji rozwiązań organizacji projektowej. Publikacja składa się z pięciu części.

- Część I zawiera wprowadzenie do organizacji projektowej.
- W części II jest omówione funkcjonowanie organizacji macierzystej, czyli realizującej projekt.
- Część III zawiera przegląd modelowych rozwiązań organizacji projektowej.
- Część IV dotyczy specjalnych zagadnień organizacji projektowej.
- Część V jest poświęcona projektowaniu organizacji projektowej.

Zarządzanie samochodowym taborem ciężarowym — przykłady

Freight Fleet Management — the examples

Niniejszy artykuł jest trzecim z cyklu artykułów, jakie autorzy analizują tematykę zarządzania samochodowym taborem ciężarowym. Artykuł ten prezentuje pięć przykładów zastosowania ilościowych (optymalizacyjnych) metod rozwiązywania wybranych problemów zarządzania taborem. W artykule zaprezentowano przykłady rozwiązania następujących problemów: Make or Buy (MOB), liczebność/kompozycja taboru, wymiana taboru, przydział pojazdów do zadań przewozowych oraz marszrutyzacja (ang. *vehicle routing problem* — VRP). W przypadku każdego z problemów dokonano jego definicji oraz zaprezentowano dane wejściowe i uzyskane rezultaty, w tym rozwiązanie optymalne na tle rozwiązania losowego.

Słowa kluczowe:

Make or Buy, liczebność/kompozycja taboru, wymiana pojazdów, przydział pojazdów, marszrutyzacja.

The paper is the third one from the series of three papers that the Authors dedicate to the freight fleet management topic. The paper presents five examples of the application of quantitative (optimization) methods to selected fleet management problems. The following fleet management problems are considered: Make or Buy problem, fleet sizing/composition problem, vehicle replacement problem, assignment of vehicles to transportation tasks, and the VRP. All the selected problems are carefully defined. Moreover, input and output data (obtained solutions) are presented, including optimal solutions compared to random ones.

Key words:

Make or Buy, fleet sizing/composition, vehicle replacement, vehicle assignment, VRP.

Wprowadzenie

Zarządzanie taborem samochodowym, jak wykazali autorzy w dwu wcześniejszych artykułach (Redmer, Kiciński i Rybak, 2013; Redmer, Kiciński i Rybak, 2014), realizowane jest na wszystkich poziomach zarządzania (strategicznym, taktycznym i operacyjnym), w wielu obszarach (eksploatacji, użytkowania i obsługiwanego), na wielu stanowiskach (specjalisty ds. floty samochodowej, menedżera floty samochodowej, kierownika działu transportu, specjalisty ds. administracji flotą samochodową i innych), obejmuje wiele, różnorodnych zadań (raportowanie i sprawozdawczość, zarządzanie eksploatacją floty samochodowej, kontrolę stanu technicznego pojazdów, rozliczanie szkód komunikacyjnych, optymalizowanie i analizowanie kosztów związanych z taborem i bardzo wiele innych) oraz wykorzystuje wiele

różnych technik/metod zarządzania (intuicyjne, jakościowe i ilościowe). I jakkolwiek w literaturze przedmiotu dotyczących technik/metod zarządzania, dedykowanych obszarowi zarządzania taborem samochodowym jest bardzo wiele (Beaujon i Turnquist, 1991; Laporte, 1992; Nakagawa, 1984; Toth i Vigo, 2002), o tyle droga od opisu teoretycznego, do praktycznego zastosowania poszczególnych technik/metod jest długa i kręta. Wielu autorów opisuje proponowane przez siebie metody bardzo pobieżnie, nie podając przy tym żadnych przykładów, albo prezentując przykłady całkowicie oderwane od praktyki, rzeczywistych danych. Zatem, by przybliżyć metody opisane we wcześniejszym artykule autorów (Redmer, Kiciński i Rybak, 2014), w niniejszym zaprezentowano przykładowe problemy z zakresu zarządzania taborem (bazując na realnych danych) oraz ich rozwiązanie z zastosowaniem wspomnianych metod.

Zastosowanie metod zarządzania taborem na przykładzie wybranych problemów

Make or Buy (tabor własny czy obcy?)

Przykład problemu Make or Buy (MoB) dotyczy uniwersalnego transportu krajowego realizowanego pojazdami wysokotonażowymi (ciągniki siodłowe z 24t naczepami typu plandeka). Przedsiębiorstwo, celem realizacji owych przewozów, eksploatuje własny tabor w liczbie 22 zestawów drogowych. Pozwala to na realizację około 80% przewozów we własnym zakresie. Pozostałe 20% przewozów realizowane jest przy wykorzystaniu zewnętrznych przewoźników, z którymi rozliczenie następuje na bazie całkowitej liczby wykonanych kilometrów (krótkie, lokalne trasy).

Oceny zasadności obecnego rozwiązania transportowego przedsiębiorstwa oraz ewentualnego innego podziału przewozów pomiędzy pojazdy własne (opcja Make), a obce (opcja Buy), dokonano na podstawie wartości całkowitych kosztów zaspokojenia potrzeb przewozowych przedsiębiorstwa w okresie analizy I dla danej wartości $\%P_W^{MAX}$, przy założeniu stopnia zaspokojenia potrzeb przewozowych przedsiębiorstwa we własnym zakresie na poziomie od 0 do 100% maksymalnych obciążeń przewozowych ($\%P_W^{MAX}$) odnotowanych w podokresach i horyzontu czasowego analizy I.

Do przeprowadzenia obliczeń wykorzystano wzór numer (1) zaprezentowany w artykule pt.: „Zarządzanie samochodowym taborem ciężarowym — metody” (Redmer, Kiciński i Rybak, 2014), przekształcony do postaci:

$$K_C(\%P_W^{MAX}) = \sum_{i=1}^I \left[\text{Min} \{ P_i^{MAX} \cdot \%P_W^{MAX}, P_i \} k_W^w + \text{Max} \{ P_i - P_i^{MAX} \cdot \%P_W^{MAX}, 0 \} k_O \right] + \left[\frac{P_W^{MAX} \cdot \%P_W^{MAX}}{W_W} \right] \cdot k_W^d$$

oraz następujące dane:

horyzont czasowy analizy $I = 12$ (miesiąc),
 okres analizy
 wielkość potrzeb przewozowych
 w kolejnych okresach okresu i
 maksymalna wielkość potrzeb przewozowych występująca
 w horyzoncie czasowym analizy I
 odsetek maksymalnych potrzeb przewozowych realizowany
 tabor „własny”
 przeciętna wydajność rzeczywista taboru „własnego”
 (jednego pojazdu)
 Koszty jednostkowe wykorzystania (zmienne)
 taboru „własnego”
 koszty pełnej dostępności (stałe) taboru „własnego”,
 jednego pojazdu, w całym horyzoncie czasowym analizy I
 koszty jednostkowe zakupu usługi transportowej na rynku

Jak wynika z rysunku 1, w opisanym przypadku, korzystne jest zredukowanie stopnia realizacji potrzeb przewozowych przedsiębiorstwa tabor „własny” z 80 do ok. 60% (co przekłada się na redukcję liczebności taboru własnego z 22 do 16 pojazdów) oraz przekazywanie nie 20, a 40% przewozów przewoźnikom zewnętrznym. Redukcja taka powinna skutkować obniżeniem całkowitych kosztów transportu o ok. 150 000 zł rocznie (spadek kosztów z 5,92 na 5,77 mln. zł rocznie, co stanowi 2,6%). Wytyczony w ten sposób kierunek zmian nie wymaga nakładów inwestycyjnych od przedsiębiorstwa, a uzyskany pozytywny efekt finansowy będzie w praktyce większy o wpływy ze sprzedaży 6 pojazdów (co jedynie częściowo uwzględniono w analizach, jako spadek kosztów dostępności, kosztów stałych eksploatowanego taboru). Rozwiązanie losowe niniejszego problemu generuje średnio całkowite koszty transportu na poziomie 5,98 mln zł rocznie (wartość średnia wyznaczona dla wszystkich innych, niż optymalny, odsetek potrzeb przewozowych przedsiębiorstwa realizowanych tabor „własny”), co stanowi koszt wyższy od optymalnego o 3,7%.

Liczebność/kompozycja taboru

Przykład problemu ustalania liczebności taboru dotyczy uniwersalnego transportu krajowego realizowanego dwoma typami pojazdów (skrzyniowymi, tzw. solo o ładowności 14t — I_1 oraz ciągnikami siodłowymi z 24t naczepami typu plandeka — I_2). Zapotrzebowanie (popyt) na przewozy realizowane

i = 1 (miesiąc),
 P_i = wg tabeli 1 (km/miesiąc),
 P_W^{MAX} = 238 000 (km/miesiąc),
 $\%P_W^{MAX}$ = 0 do 100 (%),
 W_W = 9 000 (km/miesiąc),
 k_W^w = 1,65 (zł/km),
 k_W^d = 100 000 (zł/rok),
 k_O = 2,8 (zł/km przebiegu).

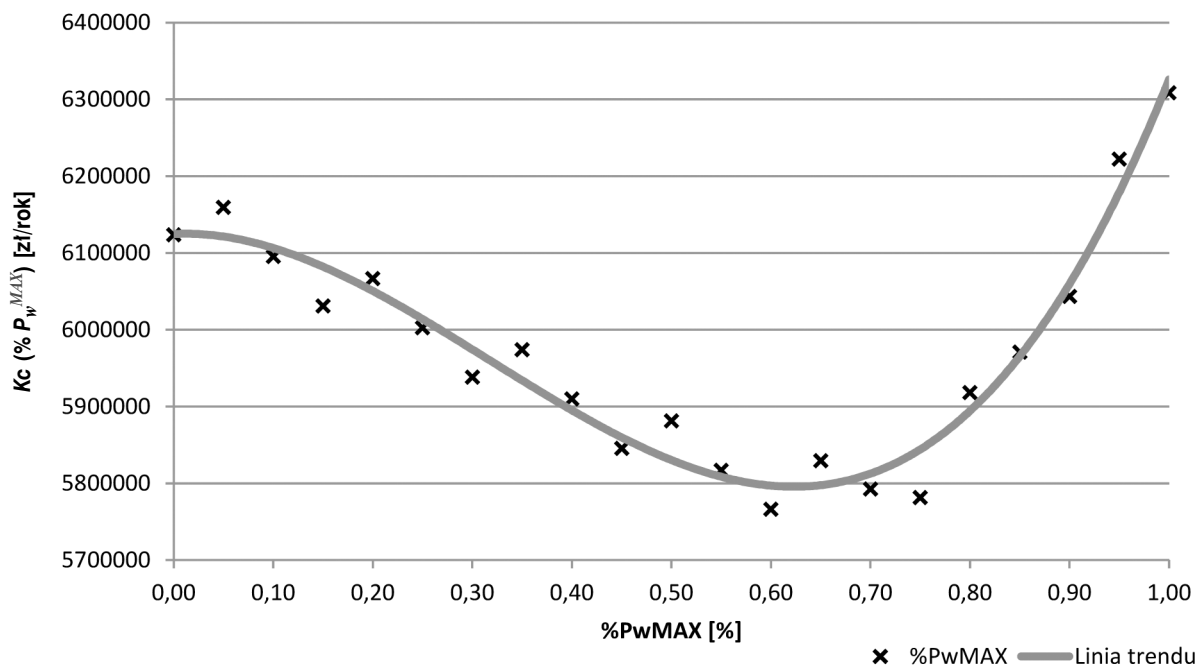
Tabela 1

Wielkość potrzeb przewozowych (popytu) występująca w podokresie i okresu analizy/(tys. km/miesiąc)

	Podokres analizy i											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Popyt	137	137	175	181	168	197	183	221	238	201	179	170

Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 1

Zależność całkowitych kosztów zaspokojenia potrzeb przewozowych przedsiębiorstwa K_C ($\% P_W^{MAX}$) w okresie analizy i od stopnia wykorzystania opcji make (taboru własnego)

Źródło: opracowanie własne.

przez przedsiębiorstwo podzielono na trzy typy, ze względu na, wyrażoną w tonach, wielkość zamówień składanych przez klientów (przewozy do 6t — P_1 , 6 do 14t — P_2 oraz 14 do 24t — P_3).

Oceny optymalnej, odpowiadającej potrzebom przedsiębiorstwa, kompozycji (liczebności) taboru dokonano na podstawie stopnia wykorzystania wydajności (możliwego do zrealizowania przebiegu) taboru $K_p(l_j)$, przy założeniu takiej liczebności l_j owych dwóch typów pojazdów (l_1 i l_2), która w pełni zaspokaja potrzeby przewozowe przedsiębiorstwa. W efekcie, liczba pojazdów typu l_1 może się zmieniać od 0 do 45, zaś l_2 od 0 do 40 pojazdów.

Ponadto, uwzględniono zakres wydajności pojazdu typu j , określający jego możliwości przewozowe w odniesieniu do poszczególnych rodzajów popytu i . Innymi słowy, określający, jaka część wydajności (możliwego do zrealizowania przebiegu) pojazdu typu j może zostać przeznaczona na realizację przewozów typu i , przy uwzględnieniu wzajemnego do-

pasowania pojazdu i popytu. W analizowanym przypadku pod uwagę wzięto relację ładowności pojazdu oraz wielkości zamówień w ramach danego rodzaju popytu. Dla przykładu (tab. 2) pojazd 24-tonowy może w pełni realizować przewozy wysokotonażowe, bo niezależnie od tego, czy stanowiące ich podstawę zamówienia, to zamówienia 14, czy 24t, możliwe jest zaplanowanie sensownej trasy (czy to 2, czy 1 punktowej). Z kolei, gdyby pojazd ten miał realizować przewozy niskotonażowe, do 6t, wówczas ma to sens ewentualnie dla zamówień o wielkości 6t lub prawie 6t, dających 4-ro punktową trasę (w analizowanym przypadku zamówienia takie stanowiły 10% wszystkich zamówień typu 1, czyli 0 – 6t).

Do przeprowadzenia obliczeń wykorzystano wzór numer (2) zaprezentowany w artykule pt.: „Zarządzanie samochodowym taboru ciężarowym — metody” (Redmer, Kiciński i Rybak, 2014) oraz następujące dane:

okres analizy
 liczba typów popytu i
 liczba typów pojazdów j
 wielkość potrzeb przewozowych (popytu) typu i w okresie analizy
 przeciętna wydajność rzeczywista jednego pojazdu typu j w okresie analizy
 zakres wydajności pojazdu typu j , określający jego możliwości przewozowe w odniesieniu do poszczególnych typów popytu i

$= 1$ (rok),
 $I = 3$ (-),
 $J = 2$ (-),
 $P_1 = 437\,400$ (km/rok),
 $P_2 = 1\,093\,500$ (km/rok),
 $P_3 = 2\,187\,000$ (km/rok),
 $W_1 = 85\,000$ (km/rok),
 $W_2 = 100\,000$ (km/rok),
 $zW_{ij} =$ wg tabeli 2 (-).

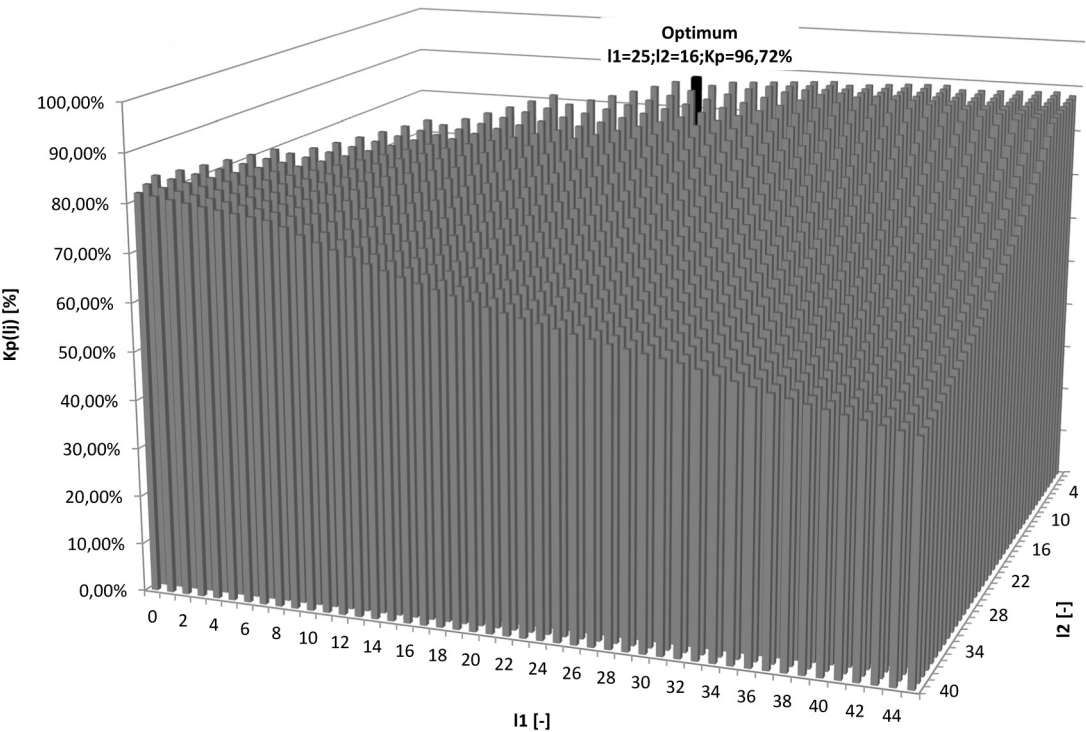
Tabela 2
 Zakres wydajności pojazdu typu j , określający jego możliwości przewozowe w odniesieniu do popytu typu i (-)

Typ pojazdu j	Typ popytu i		
	1 (0 ÷ 6t)	2 (6 ÷ 14t)	3 (14 ÷ 24t)
1 (14t)	0,8	1,0	0,5
2 (24t)	0,1	0,5	1,0

Źródło: opracowanie własne.

Jak wynika z rysunku 2, w opisanym przypadku, korzystne jest skomponowanie taboru z 25 pojazdów typu 1 (14t) oraz 16 pojazdów typu 2 (24t). Rozwiązanie takie w pełni zaspokaja potrzeby przewozowe przedsiębiorstwa oraz powinno zapewnić wysoki stopień wykorzystania możliwości przewozowych pojazdów, ich przebiegu (na poziomie niemal 97%). Oczywiście w praktyce, ów wskaźnik wykorzystania taboru może okazać się niższy, ale zakładając błąd systematyczny prowadzonych analiz, niższy wskaźnik wystąpi też przy innych, potencjalnych kompozycjach taboru.

Rysunek 2
 Zależność stopnia wykorzystania $KP(I_j)$ rzeczywistej wydajności (przebiegu) taboru złożonego z pojazdów typu 1 w liczbie I_1 oraz pojazdów typu 2 w liczbie I_2



Źródło: opracowanie własne.

Uogólniając rozwiązanie i przyjmując, że satysfakcjonujące jest uzyskanie wskaźnika wykorzystania na poziomie minimum 95%, można stwierdzić, że taborów powinien się składać odpowiednio z pojazdów typu 1 i typu 2 w liczbie: 23 i 18 lub 24 i 17 lub 26 i 16 lub 27 i 15 lub 28 i 14, czy wreszcie owych 25 i 16. Czyli 23 do 28 pojazdów 14-tonowych oraz odpowiednio dobranej liczby 14 do 18 pojazdów 24-tonowych.

Rozwiązanie losowe niniejszego problemu skutkuje średnim stopniem wykorzystania możliwości przewożonych pojazdów, ich przebiegu, na poziomie ok. 75% (wartość średnia wyznaczona dla wszystkich innych, niż optymalny, kombinacji liczebności pojazdów typu 1 i typu 2 z przedziału od 0 do odpowiednio 45 i 40 pojazdów, takich kombinacji, które w pełni zaspokajają potrzeby przewozowe przedsiębiorstwa), co stanowi stopień wykorzystania niższy od optymalnego o niemal 23%.

Wymiana taboru

Przykład problemu wymiany taboru dotyczy nowego ciągnika siodłowego o normie emisji spalin EURO5, użytkowanego w transporcie międzynarodowym i pozyśkanego na drodze 5-cioletniego leasingu finansowego.

Oceny zasadności wymiany analizowanego ciągnika siodłowego dokonano na podstawie wartości zdyskontowanych kosztów jednostkowych jego eksploatacji przy założeniu wymiany w wieku od 36 do 120 miesięcy (od 3 do 10 lat).

Do przeprowadzenia obliczeń wykorzystano wzór numer (3) zaprezentowany w artykule pt.: „Zarządzanie samochodowym taborom ciężarowym — metody” (Redmer, Kiciński i Rybak, 2014) oraz następujące dane:

horyzont czasowy analizy
okres analizy
wiek pojazdu w chwili wymiany
całkowite koszty pozyskania pojazdu ponoszone w kolejnych okresach analizy i
wartość księgowa brutto pojazdu (cena zakupu netto)
stopa amortyzacji pojazdu w kolejnych okresach analizy i
stopa podatkowa
koszty stałe eksploatacji pojazdu w wieku t ponoszone w kolejnych okresach analizy i

jednostkowe koszty zmienne eksploatacji pojazdu w wieku t ponoszone w kolejnych okresach analizy i
intensywność użytkowania (przebieg) pojazdu w wieku t w kolejnych okresach analizy i

wartość rynkowa (sprzedaży) netto pojazdu w wieku $t = t_p$

stopa procentowa — cena kapitału

Jak wynika z rysunku 3, w opisanym przypadku, korzystne jest zakończenie eksploatacji analizowanego ciągnika siodłowego wraz z końcem okresu leasingu, to jest po 60 miesiącach (5 latach), ewentualnie pozostawienie go w taborze na jeszcze jeden, kolejny rok (zależnie od formy leasingu i zapisów zawartych w umowie leasingowej). Odnosząc się do sprawy precyzyjnie, optymalny okres eksploatacji pojazdu to dokładnie 66 miesięcy. Stąd 5 lub 6 lat eksploatacji stanowi rozwiązanie najlepsze. Dalsza eksploatacja pojazdu, powyżej 6 roku jest nieopłacalna, przynajmniej przy założeniu pracy pojazdu w przewozach międzynarodowych.

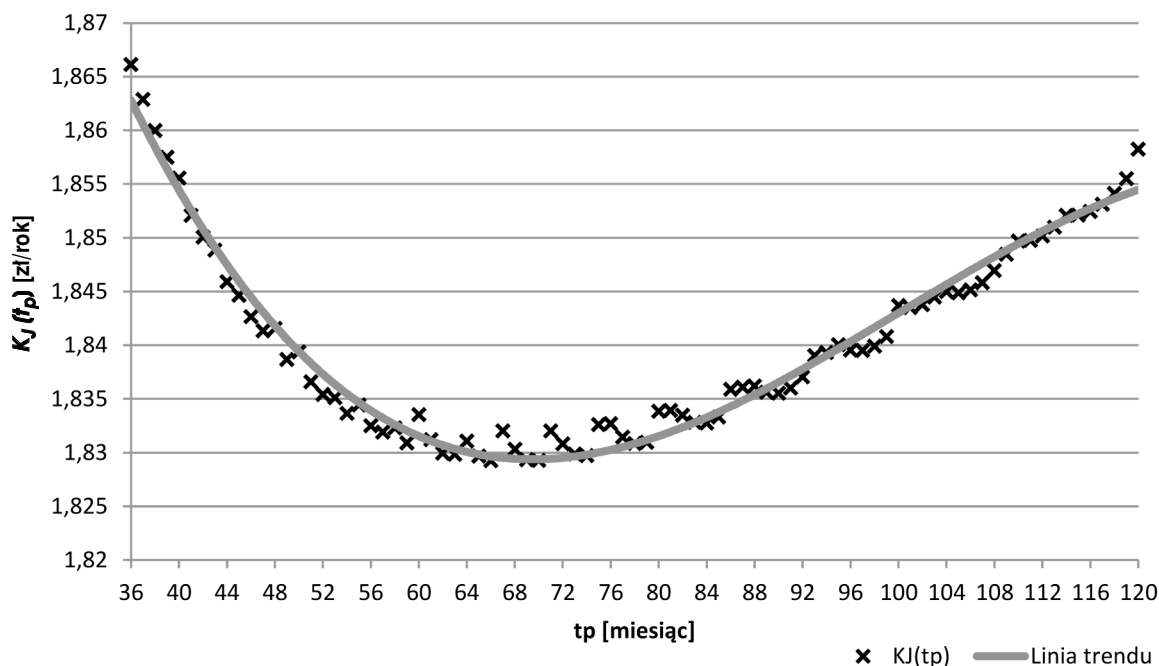
Rozwiązanie losowe niniejszego problemu generuje średnio wartość zdyskontowanych kosztów jednostkowych eksploatacji analizowanego pojazdu na poziomie wyższym od optymalnego o 0,6% (wartość średnia wyznaczona dla wszystkich innych, niż optymalny, okresów eksploatacji pojazdu z założonego przedziału czasowego). I jakkolwiek różnica ta może wydawać się niewielka, to pod uwagę należy wziąć, że dotyczy ona kosztów każdego kilometra przebiegu pojazdu w całym okresie jego eksploatacji, co np. przy rentowności polskich firm transportowych na poziomie zaledwie kilku procent, jest już znaczące (ponadto koszty te są zdyskontowane, w efekcie ich wartości mają charakter czysto analityczny, zaś rzeczywiste oszczędności z tytułu prawidłowego, optymalnego zaplanowania wymiany taboru powinny być istotnie większe).

Odnośnie, stanowiącego podstawę obliczeń, wzoru numer (3) zaprezentowanego w artykule

I	=	1200 (miesiąc),
i	=	1 (miesiąc),
tp	=	od 3 do 120 (miesiąc),
P_i	=	6 000 (zł/miesiąc),
WKB	=	325 000 (zł),
SA_i	=	0,0117 (–/miesiąc; 14% rocznie),
SP	=	0,19 (–),
$KEs_i(t)$	=	1 500 (zł/miesiąc), dla pojazdu nowego i malejące w tempie 0,25% miesięcznie,
$KEz_i(t)$	=	2,6 (zł/km), dla pojazdu nowego i rosnące w tempie 0,17% miesięcznie,
$IU_i(t)$	=	12 000 (km/miesiąc), dla pojazdu nowego i malejąca w tempie 0,2% miesięcznie,
$S_i(t = t_p)$	=	50% WKB po 36 miesiącach eksploatacji pojazdu nowego i malejąca w tempie 0,4% miesięcznie,
r	=	0,001 (–/miesiąc; co w przybliżeniu odpowiada wartości inflacji rocznej na poziomie 1,3%).

Rysunek 3

Zależność zdyskontowanych kosztów jednostkowych eksploatacji pojazdu od jego wieku t_p w chwili wymieniany



Źródło: opracowanie własne.

pt.: „Zarządzanie samochodowym taborem ciężarowym — metody” (Redmer, Kiciński i Rybak, 2014), warto dodać, że iloczyn wielkości WKB , SA_i oraz SP (tj. odpowiednio wartości księgowej brutto i stopy amortyzacji pojazdu oraz stopy podatkowej), stanowi tzw. „tarczę podatkową”, która w przypadkach innych, niż zakup gotówkowy i leasing finansowy, form pozyskania pojazdu naliczana może być niekoniecznie na podstawie wartości księgowej brutto i stopy amortyzacji pojazdu, ale np. sumy części kapitałowej i odsetkowej rat leasingowych (leasing operacyjny), czy kredytowych.

Przydział pojazdów do zadań

Przykład problemu przydziału pojazdów do zadań dotyczy taboru złożonego z 10 zestawów drogowych, w skład których wchodzi ciągniki siodłowe różnych marek, o normie emisji spalin od EURO3 do EURO5 i mocy silnika od 480 do 620 KM. Dla

tych pojazdów zdefiniowano 10 zadań przewozowych, zróżnicowanych pod względem całkowitej długości trasy oraz jej przebiegu (teren płaski oraz teren górzysty, drogi powiatowe, krajowe klasy A, S, GP i P).

Przydziału analizowanego taboru (pojazdów i) do zadań przewozowych (j) dokonano z uwzględnieniem, wyznaczonego w ostatnim roku, średniego zużyciu paliwa przez poszczególne ciągniki siodłowe w terenie płaskim oraz górzystym, zużycia dodatku AdBlue (dotyczy pojazdów z normą emisji spalin EURO4 i EURO5) oraz aktualnych opłat za przejazd płatnymi odcinkami dróg w Polsce. Przydziału dokonano tak, by zminimalizować całkowite koszty K_c realizacji owych 10 zadań przewozowych.

Do przeprowadzenia obliczeń wykorzystano wzór numer (4) zaprezentowany w artykule pt. „Zarządzanie samochodowym taborem ciężarowym — metody” (Redmer, Kiciński i Rybak, 2014), przekształcony do postaci:

$$K_C(x_{ij}) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left(\underbrace{c_i^{ON} \cdot \frac{z_i^{ONG} \cdot l_j^g + z_i^{ONp} \cdot l_j^p}{100} + c_i^{AS} \cdot l_j^{AS} + c_i^{GGP} \cdot l_j^{GGP} + c^{AB} \cdot z_{ij}^{AB}}_{c_{ij}} \right) \cdot x_{ij}$$

oraz następujące dane:

liczba pojazdów i

$n = 10 (-)$,

liczba zdań przewozowych j

$n = 10 (-)$,

jednostkowa cena zakupu ON

$= c^{ON} 5,20 \text{ (zł/litr)}$,

jednostkowa cena zakupu AdBlue

$c^{AB} = 2,40 \text{ (zł/litr)}$,

długość trasy zadania przewozowego j składającego się z odcinka przebiegającego w terenie płaskim l_j^p

$l_j =$ od 245 do 810 (km), w zależności od zadania przewozowego j od 16 do 100% długości trasy przebiega w terenie górzystym,

oraz górzystym $l_j^g (l_j = l_j^p + l_j^g)$

jednostkowa cena przejazdu drogami krajowymi klasy A i S

$c_i^{AS} =$ od 0,27 do 0,46 (zł/wozokilometr) w zależności od normy emisji spalin,

jednostkowa cena przejazdu drogami krajowymi klasy G i GP

$c_i^{GGP} =$ od 0,21 do 0,37 (zł/wozokilometr) w zależności od normy emisji spalin

średnie zużycie paliwa przez pojazd i w terenie płaskim

$z_i^{ONp} =$ od 31,3 do 35,6 (litr/100km),

w zależności od marki ciągnika siodłowego,

średnie zużycie paliwa przez pojazd i w terenie górzystym

$z_i^{ONG} =$ od 44,5 do 50,2 (litr/100km),

w zależności od marki ciągnika siodłowego,

średnie zużycie AdBlue przez pojazd i przy realizacji zadania j

$z_{ij}^{AB} =$ od 0 do 5% zużycia ON lub od 0 do 1,6 (litr/100km).

W efekcie uzyskano macierz kosztów przydziału i -tego pojazdu do realizacji j -tego zadania, którą przedstawiono w tabeli 3.

tek ten wynosi średnio 50%). Zwiększone koszty realizacji zadania, z tytułu zakupu dodatku AdBlue (pojazdy o wyższych normach emisji spalin), rekom-

Tabela 3

Koszty całkowite c_{ij} realizacji j -tych zadań przewozowych przez i -te pojazdy (zł)

Nr pojazdu i	Koszt realizacji zadania przewozowego j									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1*	1 782	1 492	1 700	1 388	1 048	1 036	939	938	693	460
2	1 892	1 586	1 820	1 471	1 129	1 111	1 017	1 005	749	490
3	1 754	1 437	1 741	1 361	1 023	1 027	916	925	672	435
4	1 746	1 450	1 708	1 355	1 036	1 027	933	927	685	444
5	1 718	1 445	1 657	1 333	1 038	1 016	940	919	690	448
6	1 794	1 490	1 750	1 393	1 063	1 053	956	951	703	457
7*	1 762	1 483	1 672	1 372	1 043	1 027	937	930	692	459
8	1 856	1 541	1 807	1 442	1 096	1 087	984	982	724	472
9**	1 674	1 406	1 570	1 307	972	963	866	874	644	434
10**	1 689	1 417	1 585	1 319	979	971	872	881	649	437

* — pojazdy z normą EURO 4, ** — pojazdy z normą EURO 5

Źródło: opracowanie własne.

Jak wynika z rysunku 4, w opisanym przypadku, przydział pojazdów do zadań zależy tak od parametrów taboru, jak i cech poszczególnych zadań. I tak, pojazdy, które spełniają normy emisji spalin EURO4 i EURO5 przydzielane są do zadań przewozowych, w których długie odcinki tras w znacznej części przebiegają drogami płatnymi (pojazdy 1, 7, 9 i 10 realizujące odpowiednio zadania przewozowe 7, 6, 3 i 5, w przypadku których drogi płatne to średnio 79% długości trasy, w przypadku pozostałych zadań odse-

pensowane są mniejszymi stawkami za przejazd drogami płatnymi. W rozwiązaniu optymalnym koszty dodatku AdBlue wyniosły 81 zł, czyli 0,7% kosztów całkowitych.

Dla porównania, rozwiązanie, w którym pojazdy o najmniejszym średnim spalaniu przydzielane są do realizacji zadań przewozowych o najdłuższych trasach (pozornie logiczne), generuje całkowite koszty transportu na poziomie 11 367 zł, co stanowi koszt wyższy od optymalnego o 1,58%. Z kolei zakładając,

Rysunek 4

Optymalny przydział pojazdów do zadań o koszcie całkowitym $K_c = 11\,190$ zł

Nr pojazdu i										
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
Zadanie przewozowe j^*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	810/56/12/25	740/74/32/0	640/12/70/8	640/44/0/31	500/56/40/40	460/37/65/0	450/56/71/22	430/37/0/70	345/43/0/87	245/30/0/41

(*) - zapis 810/56/12/25 oznacza: długość trasy zadania przewozowego / % długości trasy zadania przewozowego w terenie górzystym / % długości trasy zadania przewozowego drogami A i S / % długości trasy zadania przewozowego drogami G i GP

Źródło: opracowanie własne.

że pojazdy spełniające wyższą normę emisji spalin przydzielane są do zadań, w których sumaryczna długość płatnych odcinków dróg jest największa, otrzymujemy rozwiązanie o całkowitych kosztach transportu na poziomie 11 308 zł, czyli wyższych od poziomu optymalnego o 1,05%. Rozwiązanie losowe niniejszego problemu generuje średnio całkowite koszty transportu na poziomie 11 383 zł (wartość średnia wyznaczona dla wszystkich innych, niż optymalny, przydział pojazdów do zadań), co stanowi średnio koszt wyższy od optymalnego o 1,7%.

Planowanie tras pojazdów

Przykład problemu planowania tras (marszrutyzacji), dla zagadnienia rozwożkowego, dotyczy taboru złożonego z 3 zestawów drogowych, w skład których wchodzi ciągniki siodłowe wraz z naczepami o jednakowej pojemności wyrażonej w paletach. Taborem tym wykonywany jest transport zamówionego przez klientów ładunku. Miejsce załadunku zlokalizowane jest w bliskim sąsiedztwie „bazy” przedsiębiorstwa transportowego (dla uproszczenia w analizach pominięto tę odległość). Dla rozważanego przypadku zdefiniowano 9 klientów (punktów rozładunku), o zróżnicowanym popycie wyrażonym w paletach.

Do przeprowadzenia obliczeń wykorzystano wzór numer (5) zaprezentowany w artykule pt. „Zarządzanie samochodowym taborem ciężarowym — metody” (Redmer, Kiciński i Rybak, 2014) oraz następujące dane:

„koszt” przejazdu drogą e

(odległość pomiędzy punktami i oraz j)

wielkość popytu zgłaszana przez klienta i

ładowność (pojemność) pojedynczego zestawu drogowego

Lokalizację klientów względem „bazy” oraz ich numerację przedstawiono na rysunku 5. Oprócz tego, założono, że każdy przewóz musi zostać wykonany w ciągu jednego dnia, a pojazd wyrusza z „bazy” zlokalizowanej w Poznaniu oraz powraca do niej, po dostarczeniu ładunku do poszczególnych klientów.

Dla tak zdefiniowanych klientów optymalne rozwiązanie przedstawiono w tabeli 4. Poszczególnym zestawom drogowym przyporządkowano różną liczbę klientów — dla zestawu 1 — dwóch klientów, dla zestawu 2 — czterech klientów, dla zestawu 3 — trzech klientów.

Wprowadzenie niewielkiej, losowej zmiany w rozwiązaniu optymalnym, np. poprzez zmianę marszruty dla zestawu nr 2 na: Baza — klient 7 — klient 3 — klient 1 — klient 4 — Baza, powoduje pogorszenie kryterium długości trasy o 30 km, czyli o 7,3%.

Jak podkreślano w artykule pt. „Zarządzanie samochodowym taborem ciężarowym — metody” (Redmer, Kiciński i Rybak, 2014), problem planowania tras (marszrutyzacji) należy do problemów NP-trudnych optymalizacji kombinatorycznej (ang. NP-hard problems) — liczba potencjalnych rozwiązań problemu wzrasta nieliniowo. Oprócz tego, należy podkreślić, że liczba poszukiwanych dróg wchodzących w skład optymalnych marszrut pojazdów rośnie wraz z liczbą pojazdów oraz liczbą obsługiwanych klientów (rys. 6). Przykładowo, dla problemu, w którym ładunek rozwożony jest przez 2 pojazdy do 10 klientów, liczba poszukiwanych dróg wynosi 12. Natomiast dla podwojonej liczby pojazdów i klientów wartość ta wzrasta do 24.

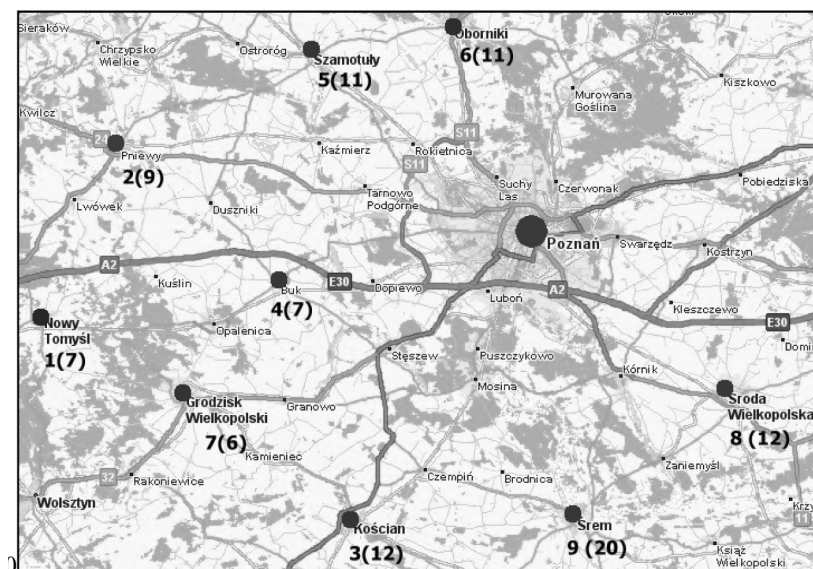
$ce(c_{ij})$ = od 21 do 103 (kilometr),

q_i = od 6 do 20 (paleta),

Q = 33 (paleta).

Rysunek 5

Lokalizacje „bazy” oraz poszczególnych klientów (w nawiasach podano zapotrzebowanie wrazone w paletach)



Źródło: opracowanie własne.

Tabela 4

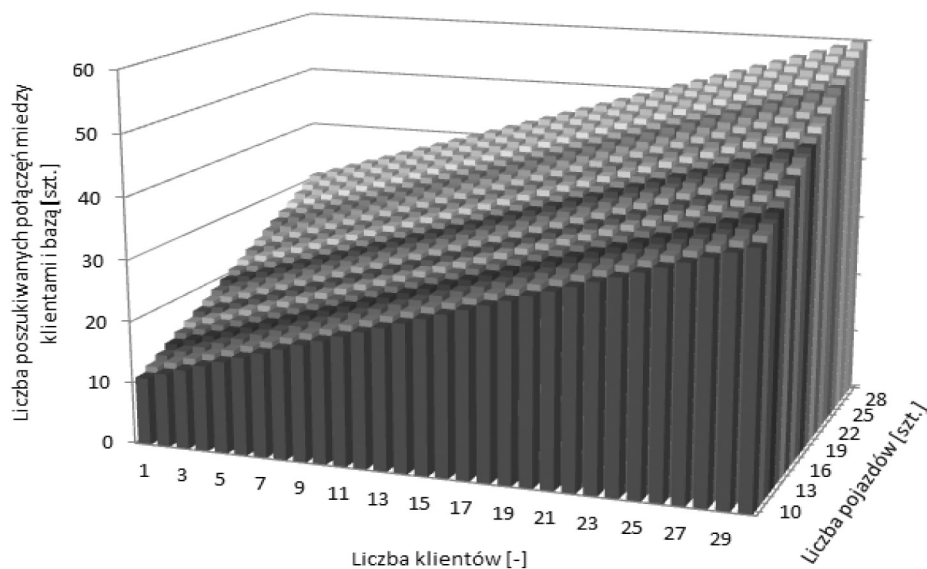
Rozwiązanie optymalne rozważanego problemu planowania tras (marszrutyzacji)

Nr zestawu <i>i</i>	Trasa przejazdu (marszruta)	Długość trasy (km)	Liczba palet (–)
1	Baza — klient 8 — klient 9 — Baza	103	32
2	Baza — klient 3 — klient 7 — klient 1 — klient 4 — Baza	174	32
3	Baza — klient 6 — klient 5 — klient 2 — Baza	135	31
	Razem:	412	95

Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 6

Zależność liczby poszukiwanych dróg (bezpośrednich połączeń pomiędzy klientami, w tym „bazą”) od liczby pojazdów oraz klientów



Źródło: opracowanie własne.

Rozwiązanie losowe niniejszego problemu generuje średnio sumaryczną długość tras na poziomie 510 km (wartość średnia wyznaczona dla wszystkich innych, niż optymalny plan tras), co stanowi koszt wyższy od optymalnego o 23,8%.

Podsumowanie

Jak pokazano w artykule pt.: „Zarządzanie samochodowym taborem ciężarowym — metody” (Redmer, Kiciński i Rybak, 2014), metod zarządzania ciężarowym taborem samochodowym jest bardzo wiele i są one bardzo różnorodne. Rodzi się zatem pytanie, czy ich stosowanie może przynieść efekty? Powyższe przykłady zastosowania ilościowych metod zarządzania taborem do wybranych problemów pokazały, że uzyskiwane rozwiązania optymalne, z jednej strony, są trudne do ustalenia intuicyjnego, z drugiej zaś logiczne i lepsze od rozwiązań losowych o 0,6 do ponad 23%. Najbardziej podatnymi na usprawnienia okazały się problemy kompozycji taboru oraz marszrutyzacji, jakkolwiek należy mieć na uwadze, że uzyskiwany

efekt zależy w dużym stopniu od charakterystyki (parametrów) rozwiązywanego problemu oraz tego, że akurat oceny rozwiązań tych właśnie problemów nie dokonano na bazie kosztu (wielkości finansowej). Ma to, zdaniem autorów, odzwierciedlenie w praktyce — optymalizacja pozwala na polepszenie w większym stopniu kryteriów nieekonomicznych (np. stopnia wykorzystania), przy jednocześniej mniejszej poprawie kryteriów ekonomicznych (np. kosztów).

Bazując na powyższych obserwacjach, w opinii autorów, zasadne jest stosowanie ilościowych (optymalizacyjnych) metod do zarządzania taborem, jakkolwiek ich praktyczne zastosowanie, w konkretnym przypadku, wymaga jednak szeregu dostosowań.

Niniejszy artykuł kończy serię trzech, opublikowanych na łamach „Gospodarki Materialowej i Logistyki”, artykułów poświęconych zarządzaniu samochodowym taborem ciężarowym z zastosowaniem metod ilościowych. Dwa poprzednie to „Zarządzanie samochodowym taborem ciężarowym — istota i zakres” (Redmer, Kiciński i Rybak, 2013) oraz „Zarządzanie samochodowym taborem ciężarowym — metody” (Redmer, Kiciński i Rybak, 2014).

Literatura

- Beaujon, G.J. Turnquist, M.J. (1991). A model for fleet sizing and vehicle allocation. *Transportation Science*, 25 (1), 19–45.
- Laporte, G. (1992). The Vehicle Routing Problem: An overview of exact and approximate algorithms. *European Journal of Operational Research*, 59, 345–358.
- Nakagawa, T. (1984). A summary of discrete replacement policies. *European Journal of Operational Research*, 17, 382–392.
- Redmer, A. Kiciński, M. Rybak, R. (2013). Zarządzanie samochodowym taborem ciężarowym — istota i zakres. *Gospodarka Materialowa i Logistyka*, (7), 13–20.
- Redmer, A. Kiciński, M. Rybak, R. (2014). Zarządzanie samochodowym taborem ciężarowym — metody. *Gospodarka Materialowa i Logistyka*, (4), 11–18.
- Toth, P. Vigo, D. (2002). *The vehicle routing problem*. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics.

Zespół recenzentów miesięcznika „Gospodarka Materialowa i Logistyka” w 2014 r.:

- **prof. dr hab. Piotr Blaik** — Uniwersytet Opolski
- **prof. dr hab. Marek Ciesielski** — Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu
- **prof. dr hab. Marek Fertsch** — Politechnika Poznańska
- **prof. dr hab. Danuta Kisperska-Moroń** — Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach
- **prof. dr hab. Joaniejusz Nazarko** — Politechnika Białostocka
- **prof. dr hab. Maria Nowicka-Skowron** — Politechnika Częstochowska
- **prof. dr hab. Agnieszka Skowrońska** — Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
- **prof. dr hab. inż. Anna Sobotka** — Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
- **prof. dr.-Ing. Frank Straube** — Technische Universität Berlin
- **prof. dr hab. inż. Jacek Szoltysek** — Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach
- **prof. dr hab. Maciej Szymczak** — Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu
- **prof. dr hab. inż. Jan Szymshal** — Politechnika Śląska w Katowicach
- **prof. dr hab. Maciej Urbaniak** — Uniwersytet Łódzki