t. LXXII ▪ nr 9/2020 ▪ DOI 10.33226/1231-2037.2020.9.1

Dr hab. inż. Adam Redmer
Politechnika Poznańska
ORCID: 0000-0003-2154-232X
e-mail: adam.redmer@put.poznan.pl

Problem *make or buy* w odniesieniu do flot wózków widłowych

The Make or Buy problem considering forklift fleets

Streszczenie

Celem artykułu jest prezentacja modelu matematycznego pozwalającego na wybór polityki flotowej w odniesieniu do wózków widłowych. Jako podstawę rozważań przyjęto analizę *make or buy*, pozwalającą na ustalenie, czy flota wózków ma być flotą własną (kupioną, leasingowaną, kredytowaną), czy obcą (wynajętą krótko- lub długoterminowo). Problem *make or buy* zostaje w artykule rozszerzony do postaci *make and buy*, a więc do rozwiązań mieszanych, złożonych po części z floty własnej, po części z obcej. Całość przedstawiono z uwzględnieniem całkowitych, rocznych kosztów eksploatacji wózków widłowych w przedsiębiorstwie, w tym kosztów specyficznych dla wynajmu wózków widłowych, a więc czynszu, który stanowi koszt stały. Zaproponowany w artykule kompleksowy model matematyczny pozwala precyzyjnie oszacować wskazane koszty. Rozważania uzupełniono dokładnym przykładem obliczeniowym, pokazującym zastosowanie proponowanego modelu dla rzeczywistych danych oraz szczegółowymi i konkretnymi wnioskami dotyczącymi wyboru polityki flotowej dla wózków widłowych.

Słowa kluczowe:
transport wewnętrzny, flota, wózek widłowy, *make or buy*, outsourcing

Abstract

The aim of the paper is to present the mathematical model for the selection of the fleet acquisition strategy considering forklifts. The basis for the presented considerations constitutes the Make or Buy analysis, allowing for a decision if it should be a company's own, in-house fleet (bought, leased, credited), or outside one (short- or long-term rented). The discussed Make or Buy problem is extended in the paper to its Make and Buy version that takes into account mixed solutions, i.e. fleets composed of company's own and outside forklifts at the same time. All the above taking into account a total, annual fleet exploitation costs, including components specific for forklifts rental, where rental fees constitute fixed costs. The comprehensive mathematical model presented in the paper allows for the precise calculation of the indicated total, annual fleet exploitation costs. The paper is completed with a broad and detailed computational experiment presenting practical application of the model using a real-life input data. The detailed and precise conclusions concerning the selection of a forklift fleet acquisition strategy are drown as well.

Keywords:
internal transport, fleet, forklift, make or buy, outsourcing

JEL: C610, D230, L140

Wprowadzenie — istota problemu

Problem *make or buy* (MoB) to decyzja, czy korzystniejsze jest wykonywanie danej rzeczy, czynności lub procesu wewnątrz firmy (opcja *make*), czy jej zakup u zewnętrznego dostawcy (opcja *buy*) (Probert, 1997; Redmer, Kiciński i Rybak, 2014; Zenz, 1994). Jest to decyzja polegająca na porównaniu alternatywnych kosztów wykonawstwa własnego/wewnętrznego z kosztami wykonawstwa obcego/zewnętrznego (Besanko, 2003; Coase, 1937).

Problem MoB jest nierozerwalnie związany z koncepcją outsourcingu, stanowiąc jej centralny element. M. Trocki definiuje outsourcing jako przedsięwzięcie polegające na wydzieleniu ze struktury organizacyjnej przedsiębiorstwa macierzystego realizowanych przez nie funkcji i przekazanie ich do realizacji innym podmiotom gospodarczym (Trocki, 2001). Outsourcing prowadzi przede wszystkim do koncentracji na kluczowych kompetencjach firmy oraz do obniżenia kosztów i/lub podniesienia jakości wyrobów bądź usług oferowanych klientom. Całość z wykorzystaniem usług, półproduktów, produktów lub

komponentów, jakie oferuje rynek, czyli zewnętrzni dostawcy, zamiast ich samodzielnej realizacji bądź wytwarzania, co wymaga zaangażowania zasobów, takich jak ludzie, kapitał, czas, umiejętności/kompetencje i inne.

Jednakże tylko opcja 100% *buy* może wiązać się z decyzją o przekazaniu całego procesu w outsourcing, zaś rozwiązania pośrednie lub częściowe typu *make and buy* (MaB), gdzie udział opcji *buy* jest większy niż 0% i mniejszy niż 100%, określane są jako *subcontructing* lub inaczej podwykonawstwo (Ivanaj i Masson Franzil, 2006; Matejun, 2006), choć używa się tu także wielu innych określeń, takich jak: *concurrent*, *plural*, *paralel*, *mixed* czy *hybrid sourcing* lub *pseudo-make* (Medina Serrano, González Ramírez i Gascó Gascó, 2018). Przy czym wskazany wyżej procent, w jakim firma korzysta z podwykonawstwa, prowadzący w skrajnym przypadku (100%) do outsourcingu, nie odnosi się do zakresu wydzielanych funkcji (ten aspekt definiują rodzaje outsourcingu — pełny i selektywny, inaczej całkowity i częściowy), ale do skali/udziału potrzeb zaspokajanych w ramach poszczególnych opcji *make* i/lub *buy*. Natomiast outsourcing pełny to zlecenie kompleksowej obsługi wybranego obszaru działalności przedsiębiorstwa, zaś selektywny — jedynie części owego obszaru (Cecelak, 2013; Matejun, 2006).

Istotę problemu MoB tłumaczy bardzo wiele teorii. Dwie podstawowe i istotnie różne to teoria kosztów transakcyjnych (*transaction costs theory* — TCT lub *transaction cost economics* — TCE) (Coase, 1937; Williamson, 1979) oraz ekonomia neoklasyczna (*neoclassical economics* — NCE) (Jevons, 1879; Menger, 1871). Pierwsza z nich (TCT/TCE) tłumaczy sens stosowania jedynie rozwiązań skrajnych, tj. opcji 100% *make* lub 100% *buy*, a więc istotę problemu MoB jako takiego (Parmigiani, 2003; Parmigiani, 2007; Stojanovic, Nikolicic i Milicic, 2011). Nie tłumaczy natomiast rozwiązań pośrednich lub inaczej częściowych, a więc *de facto* problemu MaB, co czyni z kolei druga z tych teorii (NCE) (Puranam, Gulati i Bhattacharya, 2013).

Jako jeden z pierwszych na sens stosowania w biznesie rozwiązań typu MaB wskazał M.E. Porter w 1980 r. (Porter, 1980). Porter postrzega MaB jako alternatywę dla strategii integracji pionowej, ale co ważniejsze, także jako alternatywę dla MoB, tłumacząc jej wartość przede wszystkim lepszym wykorzystaniem zasobów. Według Portera firmy stosują MaB, kiedy wyczerpują się ich własne moce przerobowe, nie pozwalając na pełne zaspokojenie zapotrzebowania zgłaszanego z rynku. Wówczas zapotrzebowanie takie zaspokajane jest na drodze podwykonawstwa, co według Portera oznacza w praktyce zaspokojenie większości potrzeb najczęściej zasobami własnymi, a zakup z rynku jedynie pozostałej, brakującej części. Takie tłumaczenie sensu MaB wydaje się wręcz oczywiste. Owa „brakująca część" zasobów niezbędnych do zaspokojenia popytu wynika wprost ze zmienności zapotrzebowania (np. sezonowości) i może być utożsamiana z tzw. szczytami obciążeń. Mimo to są autorzy wskazujący na brak praktycznych dowodów wiążących istotę MaB ze zmiennością obciążeń i lepszym wykorzystaniem posiadanych zasobów (Stojanovic, Nikolicic i Milicic, 2011).

Metody rozwiązywania problemu *make or buy*

Istnieją jakościowe (Dębińska-Cyran i Gubała, 2005; Min, 1998; Stencel, 2015; Trocki, 2001; Twaróg, 2004) i ilościowe (Dębińska-Cyran i Gubała, 2005; Hines, 2004; Jacobs i Chase, 2010; Romanow, 2003; Stencel, 2015) metody rozwiązywania problemu MoB. Obie grupy metod bazują na tych samych podstawach, tj. oszacowaniu i porównaniu jakości (mierzonej np. punktowo) lub kosztów całkowitych pełnej realizacji zapotrzebowania na dane działanie (np. transport), w ramach opcji *make* lub opcji *buy* w założonym horyzoncie czasu (najczęściej jednego roku) (Redmer, Kiciński i Rybak, 2014).

Najbardziej podstawowa metoda ilościowa rozwiązania problemu MoB to analiza progu rentowności, w której okresowe koszty całkowite oblicza się według wzoru 1.

$$K_C(x) = k_W^s + k_W^z \cdot x + k_O^z \cdot (P - x), \tag{1}$$

gdzie:

$K_C(x)$ — koszty całkowite zaspokojenia potrzeb przedsiębiorstwa w danym horyzoncie czasowym analizy dla danej wartości x [zł/…, np. rok],

P — wielkość potrzeb przedsiębiorstwa w danym horyzoncie czasowym analizy […/…, np. rok],

x — wielkość potrzeb przedsiębiorstwa zaspokajana we własnym zakresie (opcja *make*) — […/…, np. rok], $x \in \langle 0, P \rangle$,

k_W^s — koszty własne, stałe zaspokojenia potrzeb przedsiębiorstwa o wielkości x w danym horyzoncie czasowym analizy (opcja *make*) [zł/…, np. rok],

k_W^z — koszty własne, zmienne zaspokojenia jednostkowych potrzeb przedsiębiorstwa (opcja *make*) [zł/…],

k_O^z — koszty obce, zmienne zaspokojenia jednostkowych potrzeb przedsiębiorstwa (opcja *buy*) [zł/…].

Trzeba jednak zwrócić uwagę na to, że wszystkie metody jakościowe oraz większość metod ilościowych, w tym analiza progu rentowności w przedstawionej powyżej postaci (wzór 1), pozwalają na roz-

wiązanie problemu MoB, nie zaś MaB, a więc wskazanie jako lepszej (bardziej opłacalnej) jednej z dwóch opcji — *make* lub *buy*. A jest tak dlatego, że zazwyczaj porównaniu podlegają dwie liczby, ocena jakości opcji *make* i ocena jakości opcji *buy*, albo koszty opcji *make* i koszty opcji *buy*. W efekcie jedna z tych liczb będzie mniejsza, co doprowadzi do wskazania jednej z dwu opcji poza przypadkiem, kiedy liczby te będą dokładnie równe lub choćby porównywalne co do wartości. Wówczas nie tyle nie pozwala to na podjęcie decyzji, ile wskazuje na dowolność wyboru. Jest to sytuacja decyzyjna bardziej elastyczna (z tego punktu widzenia korzystna), aczkolwiek wskazująca na brak możliwości uzyskania korzyści jakościowych czy kosztowych. Obie opcje, *make* i *buy*, skutkują podobną jakością i generują podobne koszty (i z tego punktu widzenia niekorzystna).

Ponadto w przypadku analizy progu rentowności zależność $K_c(x)$, tj. zależność kosztów całkowitych od wielkości potrzeb przedsiębiorstwa zaspokajanych we własnym zakresie (zależność opisana wzorem 1) jest liniowa, a więc wartość minimalna wystąpi na jednym z końców przedziału zmienności wielkości x, tj. albo dla $x = 0$ (100% *buy*) albo dla $x = P$ (100% *make*). Zatem także i tu jako lepsza (bardziej opłacalna) wskazana zostanie tylko jedna z dwóch opcji. Aby możliwe było wyznaczenie rozwiązania mieszanego MaB, konieczne jest uwzględnienie zmienności zapotrzebowania w czasie (np. jego sezonowości) i/lub różnych, najlepiej rozłącznych, typów owego zapotrzebowania (np. wózków widłowych o różnym przeznaczeniu). Wówczas możliwe jest znalezienie rozwiązania typu MaB (Redmer, Kiciński i Rybak, 2014). Uwzględnienie w analizach zmienności zapotrzebowania w czasie przekłada się na zapewnienie dostępności wózków własnych, a mówiąc inaczej, na stałą liczebność floty własnej przez cały horyzont czasowy analizy (np. rok), przy zmiennej w czasie liczbie wózków obcych — zmiennej w przyjętych okresach analizy (np. miesiąc, tydzień), równoważnych okresom wynajmu i przekładających się na odpowiadający im poziom kosztów.

Druga kwestia to uwzględniane w analizie składniki kosztowe. Klasyczne ujęcie problemu MoB zakłada uwzględnienie następujących składników (Stojanovic, Nikolicic i Milicic, 2011):

- kosztów stałych i zmiennych opcji *make*,
- kosztów zmiennych opcji *buy*.

Ujęcie takie, spotykane wielokrotnie w literaturze (Seyedhosseini, Mohammadipour i Ashtiani, 2012; Teeravaraprug i Potcharathitikull, 2018), jak widać pomija koszty stałe opcji *buy*. A brak konieczności ponoszenia tych właśnie kosztów to jedna z podstawowych zalet outsourcingu, który pozwala na o wiele bardziej elastyczne dostosowywanie mocy przerobowych (produkcyjnych, usługowych) do potrzeb (popytu) i tym samym lepsze ich wykorzystanie. To właśnie lepsze wykorzystanie zasobów, jak wspomniano wcześniej, stanowi według Portera o przewadze MaB nad MoB i wręcz tłumaczy sens MaB. Tymczasem opcja *buy* w przypadku flot wózków widłowych to wynajem krótko- lub długoterminowy (gotówka, kredyt, leasing to formy finansowania opcji *make*). Wynajem zaś wiąże się z czynszem, a więc kosztem stałym. Nie jest to jednak jedyny koszt stały wykorzystania obcych wózków widłowych. Drugi stały składnik kosztowy opcji *buy* to transport wynajętego wózka od dostawcy do przedsiębiorstwa i z powrotem, po zakończeniu okresu wynajmu.

I to właśnie uwzględnienie w analizie MoB/MaB tego, specyficznego dla flot wózków widłowych aspektu, tj. występowania kosztów stałych w opcji *buy* jest celem prezentowanych w niniejszym artykule badań.

Model matematyczny problemu *make and buy* dla flot wózków widłowych

Proponowany model matematyczny (wzór 2) problemu MaB, uwzględniający zmienność w czasie zapotrzebowania na pracę wózków widłowych oraz opisaną wcześniej specyfikę naliczania kosztów obcych (opcji *buy*) dla krótko- i długoterminowego wynajmu wózków, pozwala na oszacowanie całkowitych kosztów realizacji zapotrzebowania na pracę wózków w horyzoncie czasowym analizy I (złożonym z okresów analizy $i = 1, 2, 3, \ldots$, np. miesięcy czy tygodni), przy założonym odsetku potrzeb przewozowych (czasu pracy wózków) realizowanych we własnym zakresie $\%P_W^{MAX}$, gdzie $\%P_W^{MAX}$ stanowi odpowiednik wielkości x we wzorze 1.

$$K_C(\%P_W^{MAX}) = \sum_{i=1}^{I}\left(Min\{P^{MAX}\cdot\%P_W^{MAX}, P_i\}\cdot k_W^w + \left\lceil\frac{Max\{P_i - P^{MAX}\cdot\%P_W^{MAX},0\}}{W_W}\right\rceil\cdot k_O^d + Max\{P_i - P^{MAX}\cdot\%P_W^{MAX},0\}\cdot k_O^w\right) + \left\lceil\frac{P^{MAX}\cdot\%P_W^{MAX}}{W_W}\right\rceil\cdot k_W^d + \left(\left\lceil\frac{Max\{P_1 - P^{MAX}\cdot\%P_W^{MAX},0\}}{W_W}\right\rceil + \sum_{i=2}^{I}\left|\left\lceil\frac{Max\{P_i - P^{MAX}\cdot\%P_W^{MAX},0\}}{W_W}\right\rceil - \left\lceil\frac{Max\{P_{i-1} - P^{MAX}\cdot\%P_W^{MAX},0\}}{W_W}\right\rceil\right|\right)\cdot k_O^t, \quad (2)$$

gdzie:

$K_C(\%P_W^{MAX})$ — koszty całkowite realizacji zapotrzebowania na pracę wózków widłowych w horyzoncie czasowym analizy I dla danej wartości $\%P_W^{MAX}$ [zł/…, np. rok],

$\%P_W^{MAX}$ — odsetek maksymalnego zapotrzebowania na pracę wózków widłowych realizowany flotą własną (opcja *make*) — **zmienna decyzyjna** [%], $\%P_W^{MAX} \in \langle 0, 100 \rangle$,

I — horyzont czasowy analizy [np. rok],

i — okres analizy; $i = 1, 2, 3, \ldots, I$ [np. miesiąc, wówczas $I = 12$, czy tydzień, wówczas $I = 52$ lub w uproszczeniu 48, 1 miesiąc = 4 tygodnie],

P_i — zapotrzebowanie na pracę wózków widłowych (popyt) w okresie analizy i [m-g/…, np. miesiąc, tydzień],

P^{MAX} — maksymalne zapotrzebowanie na pracę wózków widłowych (popyt) w horyzoncie czasowym analizy I; $P^{MAX} = Max\{P_i\}$ [m-g/…, np. miesiąc, tydzień],

W_w — przeciętna, rzeczywista wydajność jednego wózka widłowego pracującego w warunkach danego przedsiębiorstwa, wyrażona w tych samych jednostkach miary, co zapotrzebowanie na pracę wózków widłowych (popyt) i uwzględniająca zmianowość pracy (łącznie dla wszystkich zmian) [m–g/…, np. miesiąc, tydzień],

k_W^w — koszty jednostkowe wykorzystania (zmienne) floty własnej na jeden wózek widłowy (opcja *make*) [zł/m-g],

k_W^d — koszty pełnej dostępności (stałe) floty własnej na jeden wózek widłowy w horyzoncie czasowym analizy I (opcja *make*) [zł/wózek/…, np. rok],

k_O^w — koszty jednostkowe wykorzystania (zmienne) floty obcej na jeden wózek widłowy (opcja *buy*) [zł/m-g],

k_O^d — koszty pełnej dostępności (stałe, głównie czynsz) floty obcej na jeden wózek widłowy w okresie analizy i (opcja *buy*) [zł/wózek/…, np. miesiąc, tydzień],

k_O^t — koszty transportu jednego wózka widłowego floty obcej od dostawcy do przedsiębiorstwa lub z powrotem, w jedną stronę (opcja *buy*) [zł/wózek/transport],

m-g — maszynogodzina,

$\lceil \ldots \rceil$ — symbol zaokrąglenia w górę do najbliższej liczby całkowitej,

$|\ldots|$ — symbol wartości bezwzględnej, moduł liczby rzeczywistej,

$Min\{\ldots\}$ — minimalna wartość elementów zbioru wymienionych w nawiasie,

$Max\{\ldots\}$ — maksymalna wartość elementów zbioru wymienionych w nawiasie.

Koszty całkowite realizacji zapotrzebowania na pracę wózków widłowych (wzór 2) obejmują następujące składowe:

- koszty wykorzystania wózków własnych, stanowiące iloczyn kosztów jednostkowych (k_W^w) i pracy wykonanej przez te wózki, będącej mniejszą ($Min\{\ldots\}$) z dwu wartości — ich maksymalnej sumarycznej wydajności lub zapotrzebowania;
- koszty dostępności wózków obcych, stanowiące iloczyn kosztów jednostkowych (k_O^d) i zaokrąglonej w górę ($\lceil \ldots \rceil$) liczby owych wózków, wynikającej z ilorazu większej ($Max\{\ldots\}$) z dwu wartości — niezrealizowanego flotą własną zapotrzebowania na pracę wózków lub zera, o ile ta pierwsza jest ujemna, oraz jednostkowej wydajności wózka;
- koszty wykorzystania wózków obcych, stanowiące iloczyn kosztów jednostkowych (k_O^w) i pracy wykonanej przez te wózki będącej większą ($Max\{\ldots\}$) z dwu wartości — zapotrzebowania na ich pracę lub zera;
- koszty dostępności wózków własnych, stanowiące iloczyn kosztów jednostkowych (k_W^d) i zaokrąglonej w górę ($\lceil \ldots \rceil$) liczby owych wózków, wynikającej z ilorazu zapotrzebowania na ich pracę oraz jednostkowej wydajności wózka;
- koszty transportu wózków obcych, stanowiące iloczyn kosztów jednostkowych (k_O^t) i sumy wózków przywiezionych od dostawcy do przedsiębiorstwa i odwiezionych z przedsiębiorstwa do ich dostawcy, sumy obejmującej liczbę wózków obcych potrzebnych w pierwszym okresie analizy ($i = 1$) oraz liczbę wózków wynikającą z wartości bezwzględnej ($|\ldots|$) zmian liczebności floty obcej w kolejnych okresach analizy ($i = 2, 3, \ldots, I$) w stosunku do okresów je poprzedzających ($i - 1$), w tym wzrost (początki wynajmu, a więc wózki przywiezione) lub spadek (końce wynajmu, a więc wózki odwiezione).

Należy podkreślić, że trzy pierwsze składowe są obliczane dla poszczególnych okresów analizy i (np. miesiąca, tygodnia) oraz sumowane do horyzontu czasowego analizy I (np. roku).

W proponowanym modelu problemu MaB opcja *buy* realizowana w 100% jest utożsamiana z outsourcingiem procesu eksploatacji floty wózków widłowych. Nie jest to jednak outsourcing pełny, a raczej outsourcing selektywny/częściowy, gdyż użytkowanie wózków widłowych i tak pozostaje po stronie firmy. Wynika to z tego, że opcja *buy* z praktycznego punktu widzenia może być realizowana wyłącznie na drodze wynajmu wózków widłowych w najbardziej zaawansowanym przypadku, choć w praktyce rzadkim, wraz z operatorem. Dla porównania w transporcie zewnętrznym możliwy jest pełny out-

sourcing, który w transporcie wewnętrznym oznaczałby outsourcing całości procesów magazynowych czy produkcyjnych, w ramach których wykorzystywane są wózki widłowe.

Przykład zastosowania proponowanego modelu matematycznego — eksperyment obliczeniowy

Dane do analizy

Zaproponowany model matematyczny problemu MaB dla flot wózków widłowych zastosowano na przykładzie rzeczywistych danych rynkowych (tabela 1 — wartości pogrubione stanowią dane wykorzystane wprost w analizach, parametry kosztowe modelu), dotyczących czołowych wózków widłowych z przeciwwagą o udźwigu 2,0–3,0 t i wysokości podnoszenia 3,0–6,0 m (maszt typu triplex). W analizie uwzględniono wózki z napędem elektrycznym (E), gazowym (LPG) i Diesla (ON). Uwzględniono wózki nowe i używane oraz — co najważniejsze — wózki własne (opcja *make*) i wynajmowane (opcja *buy*).

Uwzględniono wynajem w układzie miesięcznym i tygodniowym. Układ tygodniowy uproszczono do 12 miesięcy po 4 tygodnie każdy, co daje w efekcie 48 tygodni, aczkolwiek koszty dostępności przeliczono tak, by ich suma odpowiadała okresowi jednego roku.

Przyjęto zmienność zapotrzebowania na pracę wózków na poziomie +/–20% w stosunku do średniej liczby maszynogodzin (m-g) dla układu miesięcznego. Natomiast określając zmienność zapotrzebowania na pracę dla układu tygodniowego, bazowano na wynikach koordynowanego przez firmę Röhlig Suus badania (Szczyty kosztują, 2014), według którego w polskiej gospodarce obserwowane są cykliczne, comiesięczne spiętrzenia obciążeń wynoszące 202% średniej i trwające ok. 4,4 ostatnich dni każdego mie-

Tabela 1

Dane wejściowe do analizy make or/and buy dla wózków widłowych

Typ	[-]	czołowy	czołowy	czołowy	czołowy	czołowy	czołowy	czołowy	czołowy	czołowy
Udźwig	[t]	2,0-3,0	2,0-3,0	2,0-3,0	2,0-3,0	2,0-3,0	2,0-3,0	2,0-3,0	2,0-3,0	2,0-3,0
Wysokość podnoszenia	[m]	3,0-6,0	3,0-6,0	3,0-6,0	3,0-6,0	3,0-6,0	3,0-6,0	3,0-6,0	3,0-6,0	3,0-6,0
Napęd	[-]	elektryczny	elektryczny	elektryczny	ON	ON	ON	LPG	LPG	LPG
Stan	[-]	nowy	używany	-	nowy	używany	-	nowy	używany	-
Forma pozyskania	[-]	zakup	zakup	wynajem	zakup	zakup	wynajem	zakup	zakup	wynajem
Wiek w chwili zakupu	[rok]	0	5	-	0	5	-	0	5	-
Okres eksploatacji	[rok]	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Wiek w chwili sprzedaży	[rok]	5	10	-	5	10	-	5	10	-
Czas pracy na 1 zmianę	[m-g*/zmianę]	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Czas pracy na rok (1 zmiana)	[m-g/rok]	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
Cena zakupu	[zł]	100 000 zł	30 000 zł	0 zł	120 000 zł	40 000 zł	0 zł	90 000 zł	45 000 zł	0 zł
Cena sprzedaży	[zł]	30 000 zł	15 000 zł	0 zł	40 000 zł	20 000 zł	0 zł	45 000 zł	40 000 zł	0 zł
Cena wynajmu na miesiąc	[zł/miesiąc]	0 zł	0 zł	3 000 zł	0 zł	0 zł	3 500 zł	0 zł	0 zł	3 000 zł
Cena wynajmu na tydzień	[zł/tydzień]	0 zł	0 zł	1 000 zł	0 zł	0 zł	1 200 zł	0 zł	0 zł	1 000 zł
Koszt kapitału	[%/rok]	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%
Koszt kapitału	[zł/rok]	3 000 zł	900 zł	0 zł	3 600 zł	1 200 zł	0 zł	2 700 zł	1 350 zł	0 zł
Ubezpieczenie (majątkowe, OC - All risk)	[zł/rok]	1 000 zł	300 zł	0 zł	1 200 zł	400 zł	0 zł	900 zł	450 zł	0 zł
Przeglądy konserwacyjne/okresowe (planowe)	[zł/rok]	3 000 zł	3 000 zł	0 zł	3 000 zł	3 000 zł	0 zł	3 000 zł	3 000 zł	0 zł
UDT	[zł/rok]	200 zł	200 zł	0 zł	200 zł	200 zł	0 zł	200 zł	200 zł	0 zł
Wynagrodzenie brutto brutto operatora	[zł/miesiąc]	3 500 zł	3 500 zł	3 500 zł	3 500 zł	3 500 zł	3 500 zł	3 500 zł	3 500 zł	3 500 zł
Osprzęt (widły, przesuw boczny, wolny skok, obrotnice, paletyzery, pozycjonery, chwytaki, ...)	[zł]	6 500 zł	6 500 zł	0 zł	6 500 zł	6 500 zł	0 zł	6 500 zł	6 500 zł	0 zł
Naprawy (nieplanowane)	[zł/rok]	2 000 zł	4 000 zł	0 zł	2 500 zł	5 000 zł	0 zł	2 500 zł	5 000 zł	0 zł
Zużycie energii elektrycznej	[kWh/m-g]	7	7	7	0	0	0	0	0	0
Cena energii elektrycznej	[zł/kWh]	0,55 zł	0,55 zł	0,55 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
Zużycie ON	[l/m-g]	0	0	0	2,5	2,5	2,5	0	0	0
Cena ON	[zł/l]	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	5,00 zł	5,00 zł	5,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł
Zużycie LPG	[kg/m-g]	0	0	0	0	0	0	2,5	2,5	2,5
Cena LPG	[zł/kg]	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	0,00 zł	4,30 zł	4,30 zł	4,30 zł
Cena baterii trakcyjnej	[zł]	10 000 zł	10 000 zł	0,00 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł	0 zł
Trwałość baterii trakcyjnej (liczba ładowań)	[-]	1500	1500	1500	0	0	0	0	0	0
Czas pracy baterii trakcyjnej	[m-g]	5	5	5	0	0	0	0	0	0
Opony	[zł/rok]	4 000 zł	4 000 zł	0,00 zł	4 000 zł	4 000 zł	0,00 zł	4 000 zł	4 000 zł	0 zł
Koszt transportu (w jedną stronę, dowóz lub odbiór)	[zł]	0 zł	0 zł	500 zł	0 zł	0 zł	500 zł	0 zł	0 zł	500 zł
Koszty stałe (wynajem w układzie miesięcznym)	[zł/rok]	**69 700 zł**	**55 900 zł**	78 000 zł	**72 500 zł**	**57 300 zł**	84 000 zł	**64 300 zł**	**54 500 zł**	78 000 zł
Koszty stałe (wynajem w układzie tygodniowym)	[zł/rok]			94 000 zł			104 400 zł			94 000 zł
Koszty stałe (wynajem w układzie miesięcznym)	[zł/miesiąc]	5 808 zł	4 658 zł	**6 500 zł**	6 042 zł	4 775 zł	**7 000 zł**	5 358 zł	4 542 zł	**6 500 zł**
Koszty stałe (wynajem w układzie tygodniowym)	[zł/tydzień]	1 500 zł	1 200 zł	**2 000 zł**	1 500 zł	1 200 zł	**2 200 zł**	1 300 zł	1 100 zł	**2 000 zł**
Koszty zmienne	[zł/rok]	12 220 zł	14 220 zł	4 620 zł	21 500 zł	24 000 zł	15 000 zł	19 400 zł	21 900 zł	12 900 zł
Koszty zmienne	[zł/m-g]	**10,20 zł**	**11,90 zł**	**3,90 zł**	**17,90 zł**	**20,00 zł**	**12,50 zł**	**16,20 zł**	**18,30 zł**	**10,80 zł**
Koszty całkowite	[zł/rok]	81 920 zł	70 120 zł	82 620 zł	94 000 zł	81 300 zł	99 000 zł	83 700 zł	76 400 zł	90 900 zł
Koszty jednostkowe	[zł/m-g]	68 zł	58 zł	69 zł	78 zł	68 zł	83 zł	70 zł	64 zł	76 zł

KOSZTY ZMIENNE KOSZTY STAŁE

m-g — maszynogodzina

Źródło: opracowanie własne.

siąca. W analizach przyjęto uproszczenie w postaci 200% wzrostu obciążeń w każdym czwartym, ostatnim tygodniu każdego miesiąca. W efekcie dla układu tygodniowego zmienność zapotrzebowania na pracę wózków wyniosła +190/–64% w stosunku do średniej liczby maszynogodzin.

Analizy odniesiono do zapotrzebowania na średnim poziomie ok. 10 wózków widłowych pracujących w systemie jednozmianowym, średnio 4 m-g dziennie, co daje ok. 1200 m-g rocznie na jeden wózek i jest spójne z typowymi ograniczeniami intensywności użytkowania wózków wynajmowanych.

Analiz dokonano z wykorzystaniem arkusza kalkulacyjnego MS Excel 2016 dla 12 kombinacji danych wejściowych różniących się:

- rodzajem napędu: elektryczny (E), gazowy (LPG) i Diesla (ON),
- stanem wózka w chwili zakupu (tylko opcja *make*): nowe (n) i używane (u),
- wynajmem w układzie (tylko opcja *buy*): miesięcznym (m) i tygodniowym (t).

Przyjęto 3-literowe oznaczenie każdej z kombinacji danych wejściowych, w efekcie strategii flotowej, chociaż nie zakładano pełnej wymienności poszczególnych strategii, czyli np. niekoniecznie wózek z napędem elektrycznym musi być alternatywą dla wózka z silnikiem Diesla, a tym bardziej odwrotnie. Przykładowo, oznaczenie Enm odnosi się do wózków własnych z napędem elektrycznych (E), nowych (n) porównywanych z wózkami obcymi wynajmowanymi w układzie miesięcznym (m).

Wyniki analizy

Uzyskane wyniki prezentują tabele 2 i 3 (całość) oraz rysunki 1, 2, 3 i 4 (wybrane kombinacje danych wejściowych — Enm i Ent).

Przeprowadzona analiza wrażliwości wykazała generalną stabilność uzyskiwanych wyników wobec zmian pięciu podstawowych parametrów kosztowych ($k_W{}^w$, $k_W{}^d$, $k_O{}^w$, $k_O{}^d$ i $k_O{}^t$) proponowanego modelu matematycznego. Wyniki pozostają stabilne dla co najmniej 25% zakresu zmian owych parametrów kosztowych, tak in plus, jak in minus. A stabilność ta dochodzi w niektórych przypadkach nawet do 50% granicy zmian.

Jak widać wyniki zaprezentowane w tabeli 2 są realnie spójne. Wyjątek stanowi kombinacja danych wejściowych Ent. Tutaj wartości takich wielkości, jak: odsetek zapotrzebowania na pracę wózków realizowany flotą własną, liczba wózków własnych, średnia liczba wózków obcych oraz średni stopień wykorzystania czasu pracy wózków własnych, wyraźnie odstają od pozo-

Tabela 2

Wyniki analizy *make and buy* dla wózków widłowych — rozwiązania optymalne dla poszczególnych strategii flotowych

	Kombinacja danych wejściowych — strategia flotowa											
	Enm	**Ent**	**Eum**	**Eut**	**ONnm**	**ONnt**	**ONum**	**ONut**	**LPGnm**	**LPGnt**	**LPGum**	**LPGut**
Odsetek zapotrzebowania na pracę wózków realizowany flotą własną (*make*) — $\%Pw^{MAX}$ [%]	80	40	80	50	80	50	80	50	80	50	80	50
Koszty całkowite — K_C ($\%Pw^{MAX}$) [tys. zł/rok]	886	1043	774	930	1012	1179	891	1056	907	1064	837	992
Liczba wózków własnych (*make*)	10	8	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Średnia liczba wózków obcych (*buy*)	1,2	3,0	1,2	1,8	1,2	1,8	1,2	1,8	1,2	1,8	1,2	1,8
Oszczędność w stosunku do 100% *make* [%]	7	39	4	30	7	35	4	26	6	34	4	27
Oszczędność w stosunku do 100% *buy* [%]	10	20	27	34	12	22	27	36	16	24	25	32
Średni stopień wykorzystania czasu pracy wózków własnych (*make*) [%]	92	93	92	84	92	84	92	84	92	84	92	84
Średni stopień wykorzystania czasu pracy wózków obcych (*buy*) [%]	62	67	62	91	62	91	62	91	62	91	62	91

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 3

Wyniki analizy *make and buy* dla wózków widłowych — uśrednione wartości optymalne dla poszczególnych elementów składowych strategii flotowej

	Element składowy strategii flotowej						
	E	**ON**	**LPG**	**n**	**u**	**m**	**t**
Odsetek zapotrzebowania na pracę wózków realizowany flotą własną (*make*) — $\%Pw^{MAX}$ [%]	63	65	65	63	65	80	48
Koszty całkowite — K_C ($\%Pw^{MAX}$) [tys. zł/rok]	908	1035	950	1015	928	885	1044
Liczba wózków własnych (*make*)	10	10	10	10	10	10	10
Średnia liczba wózków obcych (*buy*)	1,8	1,5	1,5	1,7	1,5	1,2	2,0
Oszczędność w stosunku do 100% *make* [%]	20	18	18	21	17	5	32
Oszczędność w stosunku do 100% *buy* [%]	23	24	24	17	28	20	28
Średni stopień wykorzystania czasu pracy wózków własnych (*make*) [%]	90	88	88	90	88	92	86
Średni stopień wykorzystania czasu pracy wózków obcych (*buy*) [%]	71	77	77	73	76	62	87

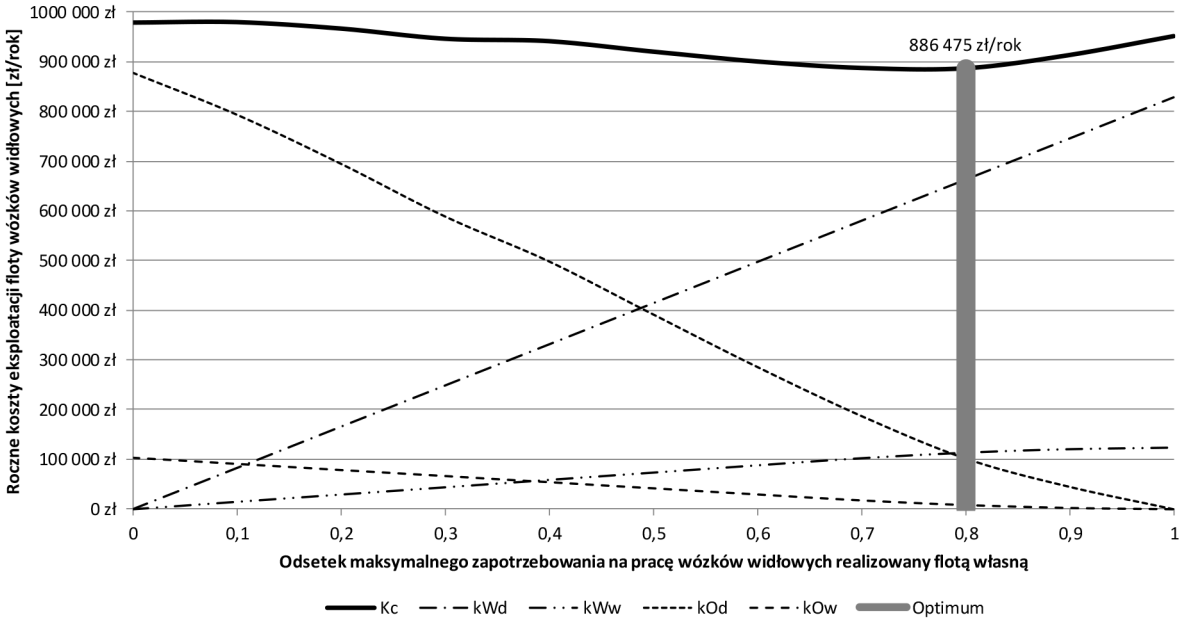
Źródło: opracowanie własne.

stałych. Jest to jedyny przypadek, dla którego analiza wrażliwości wykazała niską stabilność uzyskanych wyników. Okazały się one realnie wrażliwe na dwa z przywołanych pięciu parametrów kosztowych, tj. $k_O{}^d$ i $k_W{}^d$. Wystarczył niewielki wzrost wartości $k_O{}^d$, z 2100 (według tabeli 1) na 2120 zł/tydzień (ok. 1%) oraz niewielki spadek $k_W{}^d$, z 69 700 (według tabeli 1) na 69 070 zł/rok (również ok. 1%), by uzyskane wyniki pokryły się z tymi dla pozostałych kombinacji danych wejściowych, czyli relacja *make*/*buy* kształtowała się na poziomie 50%/50% (wynajem w układzie tygodniowym — t), a liczba wózków własnych wynosiła 10, obcych zaś średnio 1,8. Ten wynik pozostał już stabilny.

Drobnego komentarza wymaga też liczba wózków widłowych. Tu w przypadku wózków własnych jest to liczba stała w całym horyzoncie czasowym analizy *I* (rok) — stąd liczby całkowite. Natomiast w przypadku wózków obcych liczba ta zmienia się (lub może się zmieniać, włączając w to 0, brak wózków obcych) dla każdego okresu analizy *i* (miesiąc, tydzień). W efekcie w horyzoncie czasowym analizy *I* liczba wózków obcych została uśredniona i przyjmuje wartości niecałkowite.

Rysunek 1

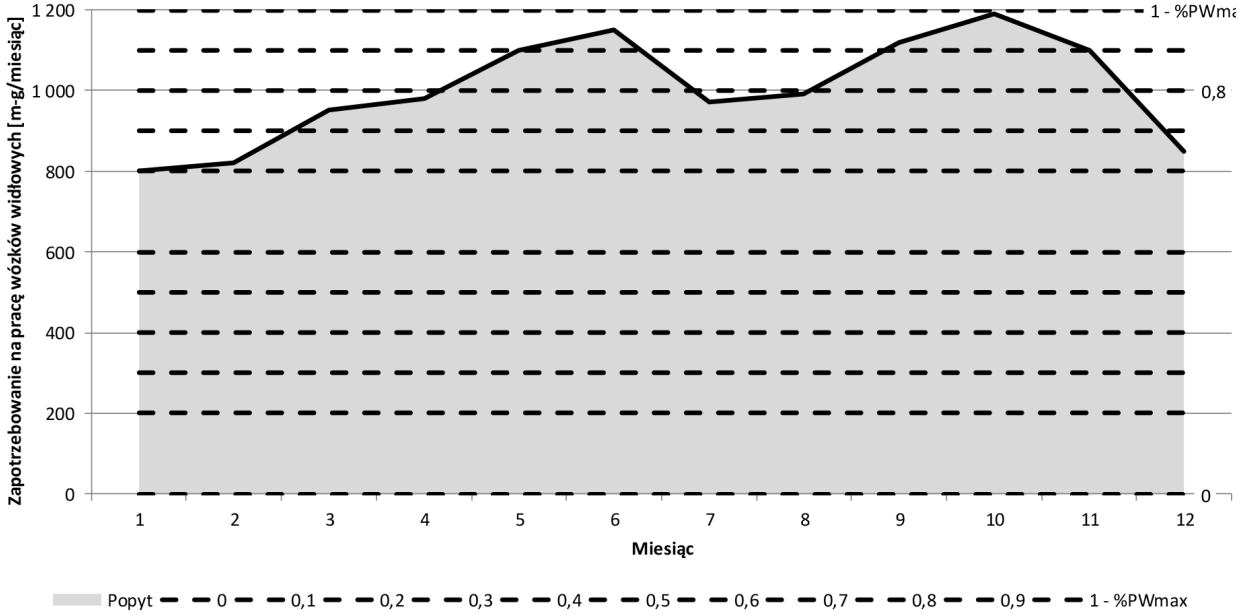
Zależność całkowitych kosztów zaspokojenia zapotrzebowania na pracę wózków widłowych K_C ($\%P_W{}^{MAX}$) w horyzoncie czasu *I* od stopnia wykorzystania opcji *make* (własnej floty) — przypadek nowych wózków z napędem elektrycznym i wynajmu w układzie miesięcznym (Enm)



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 2

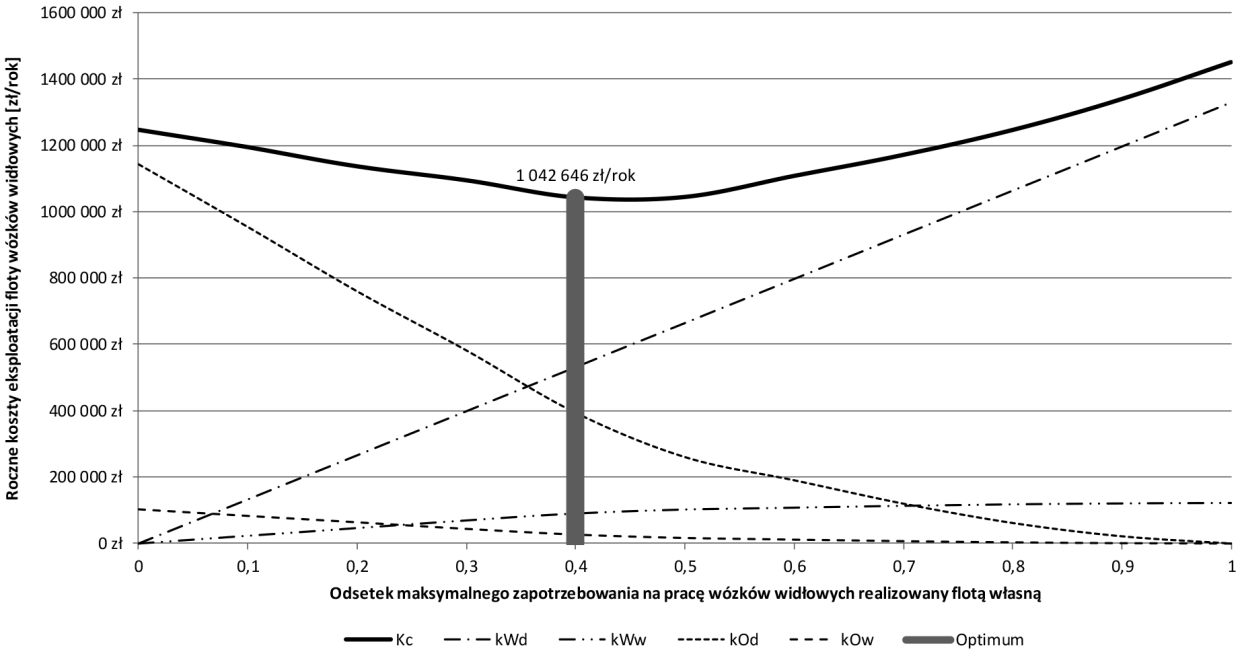
Zapotrzebowanie (popyt) na pracę wózków widłowych i wydajność własnej floty w zależności od stopnia wykorzystania opcji *make* ($\%P_W^{MAX}$) — przypadek nowych wózków z napędem elektrycznym i wynajmu w układzie miesięcznym (Enm)



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 3

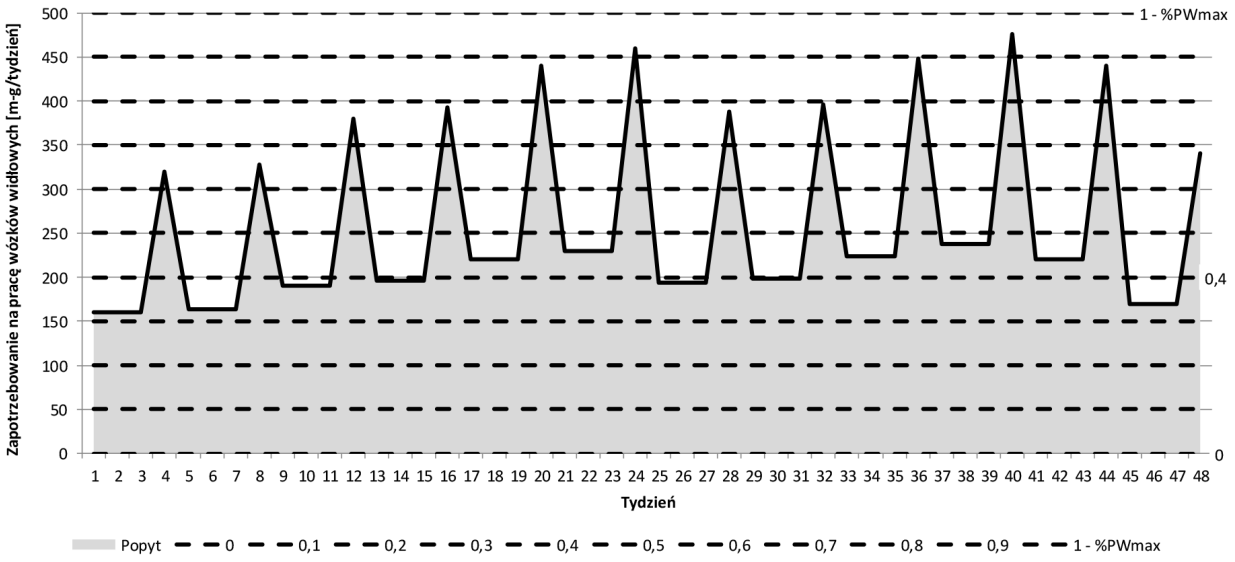
Zależność całkowitych kosztów zaspokojenia zapotrzebowania na pracę wózków widłowych K_C ($\%P_W^{MAX}$) w horyzoncie czasu *I* od stopnia wykorzystania opcji *make* (własnej floty) — przypadek nowych wózków z napędem elektrycznym i wynajmu w układzie tygodniowym (Ent)



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 4

Zapotrzebowanie (popyt) na pracę wózków widłowych i wydajność własnej floty w zależności od stopnia wykorzystania opcji *make* ($\%P_W^{MAX}$) — przypadek nowych wózków z napędem elektrycznym i wynajmu w układzie tygodniowym (Ent)



Źródło: opracowanie własne.

Wnioski z analizy

Wyniki uzyskane z przeprowadzonej analizy (tabele 2 i 3 oraz rysunki 1, 2, 3 i 4) pozwalają na wyprowadzenie szeregu istotnych dla strategii eksploatacji flot wózków widłowych wniosków (w odniesieniu do kosztów owej eksploatacji):

- rozwiązanie mieszane MaB jest istotnie korzystniejsze od rozwiązania MoB, czyli wykorzystania w 100% opcji *make* lub *buy* (średnio o 21%);
- rozwiązanie mieszane MaB jest istotnie korzystniejsze dla opcji *buy* (wynajmu) w układzie miesięcznym niż tygodniowym (średnio o 18%);
- rozwiązanie mieszane MaB jest bardziej elastyczne dla opcji *buy* (wynajmu) w układzie miesięcznym niż tygodniowym, zmiany wartości całkowitych kosztów zaspokojenia zapotrzebowania na pracę wózków widłowych K_C ($\%P_W^{MAX}$) w zależności od stopnia wykorzystania opcji *make* ($\%P_W^{MAX}$) są istotnie mniejsze (rozwiązanie optymalne dla wynajmu w układzie miesięcznym jest średnio lepsze, tańsze o ok. 12% od opcji skrajnych, tj. 100% *make* lub 100% *buy*, zaś dla wynajmu w układzie tygodniowym opcje skrajne są droższe aż o 30% od optimum);
- korzystanie z wynajmu w układzie tygodniowym wymaga bezwzględnie stosowania rozwiązania MaB (opcja 100% *buy* jest tu zdecydowanie nieopłacalna ze względu na wyższe koszty czynszu i transportu wózków widłowych do i z przedsiębiorstwa);
- stosowanie rozwiązania MaB z opcją *buy* w postaci wynajmu w układzie tygodniowym, jakkolwiek w optymalnym rozwiązaniu wymaga pokrycia tylko ok. 50% zapotrzebowania na pracę wózków widłowych flotą wózków własnych (w przypadku wynajmu w układzie miesięcznym jest to ok. 80%), nie redukuje jednak liczebności floty własnej;
- stosując rozwiązanie MaB z opcją *buy* w postaci wynajmu w układzie miesięcznym, trzeba być świadomym realnie niskiego stopnia wykorzystania czasu pracy wynajętych wózków (średnio 62%), opcja ta pozwala jednak na realnie wysokie wykorzystanie wózków własnych (92%), wynajem w układzie tygodniowym zrównuje wykorzystanie wózków własnych i obcych (średnio ok. 86%);
- rozwiązanie mieszane MaB jest także korzystniejsze (średnio o ponad 9%), dla opcji *make* w przypadku korzystania z floty wózków używanych, w analizie były to wózki 5-letnie;
- w efekcie najkorzystniejsza strategia flotowa dla wózków widłowych to MaB z opcją *make* bazującą na wózkach używanych, zaś z opcją *buy* na wynajmie w układzie miesięcznym przy zachowaniu proporcji opcji *make* do *buy* w zakresie stopnia realizacji zapotrzebowania na pracę wózków na

poziomie ok. 80%/20% (strategia tańsza od wszystkich pozostałych średnio o 17%).

Omawiając uzyskane wyniki prezentowane w ujęciu ilościowym, a dokładniej kosztowym, warto zwrócić uwagę na to, że rozwiązania problemu MoB/MaB niosą za sobą także szereg efektów pozaekonomicznych (tak in plus, jak i in minus) dla strategii eksploatacji flot wózków widłowych. I tak, opcja *make* skutkuje zazwyczaj:

- wyższymi wymaganiami kapitałowymi/inwestycyjnymi (często wobec niepewności co do przyszłej sytuacji firmy i rynku);
- wyższą elastycznością operacyjną eksploatacji, a zwłaszcza użytkowania wózków (w tym ich natychmiastową dostępnością i brakiem ograniczeń co do maksymalnego czasu pracy);
- pełnym zakresem zadań administracyjno-organizacyjnych i odpowiedzialnością za ich realizację (ryzyko zarządcze i jego koszty po stronie firmy).

Z kolei opcja *buy* przynosi:

- niższe wymagania kapitałowe/inwestycyjne (często obciążone mniejszym ryzykiem);
- niższą elastyczność operacyjną eksploatacji, a zwłaszcza użytkowania wózków (ograniczona dostępność, przeznaczenie i maksymalny czas pracy);
- mniejszy zakres zadań administracyjno-organizacyjnych i mniejszą odpowiedzialność za ich realizację (ryzyko zarządcze i jego koszty poza firmą, po stronie dostawcy usługi/wózków);
- ograniczoną kontrolę nad jakością eksploatacji wózków (zwłaszcza ich obsługiwania);
- utratę doświadczenia w eksploatacji wózków widłowych.

Podsumowanie

Jak pokazano w artykule, problemy MoB/MaB dla flot wózków widłowych różnią się istotnie od standardowych sformułowań spotykanych w literaturze czy praktyce. Oczywistym i koniecznym do uwzględnienia czynnikiem przy przechodzeniu od sformułowania MoB do sformułowania MaB jest zmienność zapotrzebowania (popytu) w czasie (np. sezonowość), natomiast mniej oczywistym i zupełnie nierozpoznanym w literaturze aspektem jest obecność kosztów stałych (dostępności) po stronie opcji *buy*, co może podważać istotę stosowania rozwiązania MaB, choć — jak wykazano w analizach — nie musi. Ów składnik kosztowy na pewno w znaczący sposób obniża korzyści płynące ze stosowania opcji *buy* w przypadku flot wózków widłowych, a opcję 100% *buy* czyni całkowicie nieefektywną. Niemniej zawsze należy mieć tu na uwadze cele stawiane sobie przez przedsiębiorstwo. Nie wyklucza to zatem sytuacji, w której firma, po przeprowadzaniu analiz, jest skłonna płacić więcej za wynajem wózków widłowych po to, by skupić się na istocie swojej działalności (*core business*), którą nie jest logistyka wewnętrzna, a np. produkcja czy handel. Ważne jednak, aby firma taka była świadoma kosztów podejmowanych decyzji, a na ich oszacowanie pozwala proponowany model matematyczny.

Model ten, jak każdy inny, stanowi pewne uproszczenie rzeczywistości. Pomija/upraszcza m.in. dwa zjawiska, dwie kwestie. Po pierwsze, analiza opcji *buy* jest prowadzona na tym samym poziomie dokładności czasowej (tydzień, miesiąc) zarówno w odniesieniu do wynajmu (okresu, za jaki naliczany jest czynsz), jak i do zmienności zapotrzebowania na pracę wózków widłowych (popytu). Tymczasem w praktyce przy wynajmie w układzie miesięcznym popyt zmienia się i tak w układzie tygodniowym. Po drugie, również analiza opcji *buy* prowadzona jest rozłącznie dla każdego z przyjętych okresów wynajmu. Tymczasem wynajem tygodniowy dla 4 i więcej tygodni z rzędu mógłby przechodzić w wynajem miesięczny (w zakresie stawek czynszu), a nawet w inne dłuższe okresy wynajmu (np. kwartalny). Oba te przypadki będą stanowiły przedmiot dalszych badań i tym samym kierunek dalszych prac celem rozwoju i udoskonalenia proponowanego modelu matematycznego problemu MaB dla flot wózków widłowych.

Bibliografia/References

Besanko, D. (2003). *Economics of Strategy*, 3rd ed. John Wiley & Sons.

Cecelak, J. (2013). Outsourcing jako źródło rozwoju przedsiębiorstwa. *Zeszyty Naukowe PWSZ w Płocku, seria Nauki Ekonomiczne, XVIII*, 43–53.

Coase, R. H. (1937). The nature of the firm. *Economica*, *4*(16), 386–405.

Dębińska-Cyran, I., Gubała, M. (2005). *Podstawy zarządzania transportem w przykładach*. Poznań: Wydawnictwo ILiM.

Hines, T. (2004). *Supply Chain Strategies*. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.

Ivanaj, V., Masson Franzil, Y. (2006). *Outsourcing logistics activities: a transaction cost economics perspective*. Materiały konferencyjne z: XVeme Conférence Internationale de Management Stratégique. Annecy/Geneve.

Jacobs, F. R., Chase, R. B. (2010). *Operations and Supply Management*. *The Core*. New York: McGraw-Hill/Irwin.

Jevons, W. S. (1879). *The theory of political economy*, 2nd ed. Londyn: Macmillan & Co.

Matejun, M. (2006). Rodzaje outsourcingu i kierunki jego wykorzystania. *Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej, seria Organizacja i Zarządzanie*, *42*(989), 19–36.

Medina Serrano, R. González Ramírez, M. R., Gascó Gascó, J. L. (2018). Should we *make or buy*? An update and review. *European Research on Management and Business Economics*, (24), 137–148. https://doi.org/10.1016/j.iedeen.2018.05.004
Menger, C. (1871). *Grundsätze der Volkswirtschaftslehre*. Vienna: Braumüller.
Min, H. (1998). A personal-computer assisted decision support system for private versus common carrier selection. *Transportation Research Part E*, *34*(3), 229–241. https://doi.org/10.1016/s1366-5545 (98) 00006-4
Parmigiani, A. E. (2003). *Concurrent sourcing: When do firms both make and buy?*, doktorat. Michigan: University of Michigan.
Parmigiani, A. E. (2007). Why do firms both *make* and *buy*? An investigation of concurrent sourcing. *Strategic Management Journal*, *28*(3), 285–311. https://doi.org/10.1002/smj.580
Porter, M. E. (1980). *Competitive strategy: Techniques for analyzing industries and competitors*. New York: Free Press.
Probert, D. (1997). *Developing a make or buy: Strategy for manufacturing business*. IET.
Puranam, P. Gulati, R., Bhattacharya, S. (2013). How much to *make* and how much to *buy*? An analysis of plural sourcing strategies. *Strategic Management Journal*, *34*(10), 1145–1161. https://doi.org/10.1002/smj.2063
Redmer, A. Kiciński, M., Rybak, R. (2014). Zarządzanie samochodowym taborem ciężarowym — metody. *Gospodarka Materiałowa i Logistyka*, (4), 11–18.
Romanow, P. (2003). *Zarządzanie transportem przedsiębiorstw przemysłowych*. Poznań: Wydawnictwo WSL.
Seyedhosseini, S. M. Mohammadipour, F., Ashtiani, M. G. (2012). *make* or *buy* strategy decision making in supply quality chain. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, (3), 413–422. https://doi.org/10.5267/j.ijiec.2011.12.005
Stencel, E. (2015). *Analiza systemu logistycznego dystrybucji wybranej grupy produktów piwowarskich Kompanii Piwowarskiej*. Projekt inżynierski, Politechnika Śląska, Gliwice.
Stojanovic, D. Nikolicic, S., Milicic, M. (2011). Transport fleet sizing by using *make* and *buy* decision-making. *Economic Annals*, *LVI*(190), 77–102. https://doi.org/10.2298/eka1190077s
Szczyty kosztują (2014). *Pierwsze ogólnopolskie badanie szczytów przewozowych*, 16.10.2014, pozyskano z http://www.szczytykosztuja.pl (1.09.2020).
Teeravaraprug, J., Potcharathitikull, T. (2018). *Make* or *buy* decision making with the consideration of inventory cost. *International Journal of Engineering & Technology*, *7*(2.28), 29–32. https://doi.org/10.14419/ijet.v7i2.28.12877
Trocki, M. (2001). *Outsourcing*. Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne.
Twaróg, J. (2004). Logistyczne wskaźniki oceny transportu w przedsiębiorstwie produkcyjnym. *Logistyka*, (2), 27–30.
Williamson, O. E. (1979). Transaction-cost economics: The governance of contractual relations. *Journal of Law and Economics*, *22*(2), 233–261. https://doi org/10.1086/466942
Zenz, G. J. (1994). *Purchasing and the management of materials*, 7th ed. New York-Chichester: Wiley.

Dr hab. inż. Adam Redmer

Wykładowca Politechniki Poznańskiej, szkoleniowiec i doradca biznesowy w zakresie logistyki. Obszar zainteresowań i doświadczeń: logistyka (transport i magazynowanie), w tym: analizy i optymalizacja; zarządzanie taborem; zarządzanie zapasami; modelowanie matematyczne i projektowanie systemów dystrybucji; analiza procesowa i przebudowa procesów gospodarczych. Współpracownik Sieci Badawczej Łukasiewicz — Instytutu Logistyki i Magazynowania, ABC Akademii, Centrum Edukacji Logistycznej — CEL, Akademii Menedżera, Akademii Zarządzania, ECR Polska, WYG Consulting, szkół wyższych (WSL i Wyższa Szkoła Zawodowa „Kadry dla Europy"). Autor ponad 50 publikacji, licznych projektów badawczych, doradczych i szkoleniowych.

Dr hab. inż. Adam Redmer

Lecturer, trainer and business consultant in logistics, Poznan University of Technology. The scope of interests and experience: logistics (transportation and warehousing), including: analysis and optimization, fleet management, inventory management, mathematical modeling and design of distribution networks, business process analysis and redesign. Cooperation with: Lukasiewicz Research Network / Institute of Logistics and Warehousing, ABC Academy, Center of Logistics Education — CEL, Managers Academy, Management Academy, ECR Poland, WYG Consulting, high schools (WSL and Higher Vocational School "Kadry dla Europy"). Author of over 50 publications, numerous research, consulting and training projects.

Klub książki PWE

Z myślą o swoich Czytelnikach Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne stworzyło **Klub książki PWE**.
W ramach członkostwa w Klubie proponujemy następujące udogodnienia i korzyści:
✔ szybkie zakupy;
✔ zakupy z rabatem;
✔ informacje o nowościach, promocjach, konkursach.

Po więcej informacji zapraszamy na stronę PWE: **www.pwe.com.pl**