

Augustyn Krzysztof Lorenc, Grzegorz Kaczor<sup>1</sup>  
Politechnika Krakowska

## Zwiększenie efektywności procesu kompletacji zamówień w wyniku optymalizacji rozmieszczenia produktów w magazynie z uwzględnieniem ich częstotliwości pobrań oraz gramatury

Współczesny rynek logistyczny jest szczególnie trudny z uwagi na duże nasycenie oraz często stosowane przez przedsiębiorstwa ceny dumpingowe, mające na celu doprowadzenie do upadku konkurencji. Takie działania wymuszają zmiany w technologii, procesach oraz w zarządzaniu, a także stałe podnoszenie kwalifikacji kadry pracowniczej. Przedsiębiorstwa dążą do restrukturyzacji działań w celu zwiększenia ich efektywności – zmniejszenia kosztów przy jednoczesnym zmniejszeniu czasu trwania poszczególnych procesów. Z punktu widzenia logistyki magazynowej jest to duże wyzwanie, co potwierdzają właściciele przedsiębiorstw, specjaliści z branży logistycznej oraz liczne publikacje [2], [4], [5], [6], [8]. Duży wpływ na efektywność procesów magazynowych ma zaplecze techniczne, wdrożone systemy informatyczne, kadra pracownicza, organizacja procesów oraz rozmieszczenie produktów w magazynie.

Artykuł porusza zagadnienie wpływu rozmieszczenia produktów w magazynie na proces kompletacji zamówień. W celu odpowiedniego ich usytuowania wykorzystywana jest analiza ABC oraz XYZ. Klasyczna analiza ABC skupia się na ilości sprzedawanego produktu lub ilości pobrań, natomiast analiza XYZ odzwierciedla poprawność prognoz – różnicę pomiędzy towarem magazynowanym, a wykorzystywanym. Analizy te mogą być zarówno wykonywane przez człowieka jak również systemy informatyczne, na przykład WMS, ERP. Mimo, że obie analizy są bardzo często omawiane w literaturze [4], [5], [6], [7], w postaci klasycznej nie są wystarczająco skuteczne. Muszą być zatem udoskonalane i wykonywane w oparciu o wielorakie kryteria wzajemnie połączone ze sobą.

Analiza ABC powinna odnosić się nie tylko do ilości sprzedawanego produktu czy ilości pobrań, ale także uwzględnić częstotliwość pobrań produktów z jednego punktu składowania oraz ich gramaturę. Częstotliwość pobrań ma szczególne znaczenie z uwagi na fakt, że w procesie kompletacji z jednego miejsca może być pobrana jedna lub kilka sztuk produktu. Jeżeli zatem traktowałoby się każde pobranie pojedynczej sztuki osobno, to w wypadku zamówień składających się z kilku sztuk produktu dochodziłby do przekłamań wyników z uwagi na zerową odległość od aktualnego miejsca do miejsca kolejnej

zbiórki. Zatem analiza nie będzie dawała wiarygodnych wyników. Kolejnym czynnikiem, jaki powinien być uwzględniony, jest gramatura składowanych produktów. W wypadku kompletacji często dochodzi do sytuacji, w której mały produkt został pobrany wcześniej niż większy. Zatem konieczne jest przełożenie produktu większego na dół nośnika lub zmianę kolejności pobierania produktów z regałów, aby nie doszło do uszkodzenia produktu. Oczywiście możliwe jest także zastosowanie kilkupoziomowych wózków kompletacyjnych, jednak poszczególne poziomy częściej są wykorzystywane do rozdzielania towaru w przypadku multikompletacji.

Rozmieszczenie produktów w magazynie powinno opierać się zatem nie tylko na ilości sprzedanych/pobranej produktów, ale także na częstotliwości pobrań z jednego miejsca wielu towarów jednocześnie oraz gramaturze produktu. W artykule została zaproponowana wielokryterialna analiza ABC uwzględniająca wyżej wspomniane aspekty.

### Wielokryterialna analiza ABC

Efektom analizy ABC jest przypisanie poszczególnym produktom grup według całkowitego udziału na podstawie sum narastających. Produkty dzieli się na grupy według:

- grupa A – od 0 do 75% wartości sum narastających
- grupa B – od 75% do 95% wartości sum narastających
- grupa C – od 95% do 100% wartości sum narastających.

Tab. 1. Dane wejściowe charakteryzujące produkty wykorzystywane do analizy ABC.

Lp.	Produkt	Ilość opakowań na jeden nośnik [paleta EURO]	Średnia ilość sztuk na jedno zamówienie	Wielkość sprzedaży w poszczególnych miesiącach [szt.]												
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1.	aa	120	3						1302							
2.	ee	50	2						203							
3.	dd	18	5						113	97						156
4.	jj	5	3		124				214					213		
5.	ff	24	5			187			87					1240		
6.	hh	66	4		150				201						1123	1304
7.	ii	78	15	1231	155		172		123			1420	201			
8.	bb	10	10		124		24		101		120		2	27	21	
9.	gg	35	10	81			138	131	187	179		214		189		
10.	cc	82	8	110	9	24	34	81	112	35	24	46	23			
			<b>SUMA</b>	1422	562	211	368	212	2643	311	144	1680	1679	1339	1481	

Źródło: opracowanie własne

<sup>1</sup> Mgr inż. A. K. Lorenc i mgr inż. G. Kaczor pracują w Instytucie Pojazdów Szynowych na Wydziale Mechanicznym Politechniki Krakowskiej (przyp. red.).

Tab. 2. Wyniki analizy ABC pod kątem wielkości sprzedaży

Lp.	Produkt	Liczba pobrań	Procentowa liczba pobrań	Sumy narastające	Grupa
1.	cc	10	22,22%	22,22%	A
2.	bb	7	15,56%	37,78%	
3.	gg	7	15,56%	53,33%	
4.	ii	6	13,33%	66,67%	
5.	hh	4	8,89%	75,56%	B
6.	dd	3	6,67%	82,22%	
7.	jj	3	6,67%	88,89%	
8.	ff	3	6,67%	95,56%	C
9.	aa	1	2,22%	97,78%	
10.	ee	1	2,22%	100,00%	

Źródło: opracowanie własne

Sposób wykonywania analizy ABC jest powszechnie znany oraz omawiany w wielu pozycjach literaturowych, dlatego w niniejszej publikacji przedstawiono tylko końcowe wyniki. Analizie poddane zostało dziesięć produktów o różnej wielkości sprzedaży, udziale ilościowym w zamówieniu oraz gramaturze. Dane bazowe do analizy zostały zestawione w tabeli 1.

Aby prawidłowo ustalić rozmieszczenie produktów w magazynie konieczne jest dokonanie wielokryterialnej analizy ABC. Pierwszym kryterium

Tab. 3. Wyniki analizy ABC pod kątem częstotliwości pobrań z jednego miejsca.

Lp.	Produkt	Łączna ilość sztuk	Średnia ilość sztuk na kompletację	Wskaźnik ilość pobrań	Procentowa liczba pobrań	Sumy narastające	Grupa
1.	hh	2778	3	926	29,13%	29,13%	A
2.	ff	1514	2	757	23,81%	52,95%	
3.	ii	3302	5	660,4	20,78%	73,72%	
4.	aa	1302	3	434	13,65%	87,37%	B
5.	jj	551	5	110,2	3,47%	90,84%	
6.	bb	419	4	104,75	3,30%	94,14%	
7.	gg	1119	15	74,6	2,35%	96,48%	C
8.	cc	498	10	49,8	1,57%	98,05%	
9.	dd	366	10	36,6	1,15%	99,20%	
10.	ee	203	8	25,375	0,80%	100,00%	

Źródło: opracowanie własne

Tab. 4. Wyniki analizy ABC pod kątem gramatury produktu.

Lp.	Produkt	Ilość opakowań na jeden nośnik [paleta EURO]	Procentowa liczba pobrań	Sumy narastające	Grupa
1.	jj	5	1,02%	1,02%	A
2.	bb	10	2,05%	3,07%	
3.	dd	18	3,69%	6,76%	
4.	ff	24	4,92%	11,68%	
5.	gg	35	7,17%	18,85%	
6.	ee	50	10,25%	29,10%	B
7.	hh	66	13,52%	42,62%	
8.	ii	78	15,98%	58,61%	
9.	cc	82	16,80%	75,41%	C
10.	aa	120	24,59%	100,00%	

Źródło: opracowanie własne

jest wielkość sprzedaży określona przez ilość pobrań produktów w okresie jednego miesiąca. Wielkość sprzedaży poszczególnych produktów została zestawiona w tabeli 1, natomiast wyniki analizy ABC pod tym kątem w tabeli 2.

Kolejnym kryterium, dla którego wykonano analizę ABC, jest częstotliwość pobrań z jednego miejsca. Jest ona zależna od ilości sztuk danego produktu przypadającej na kompletację. Aby dokonać analizy został wyliczony dodatkowy wskaźnik ilości pobrań odpowiadający ilorazowi łącznej ilości sztuk oraz średniej ilości sztuk przypadającej na pojedynczą kompletację. Wyniki analizy przedstawiono w tabeli 3.

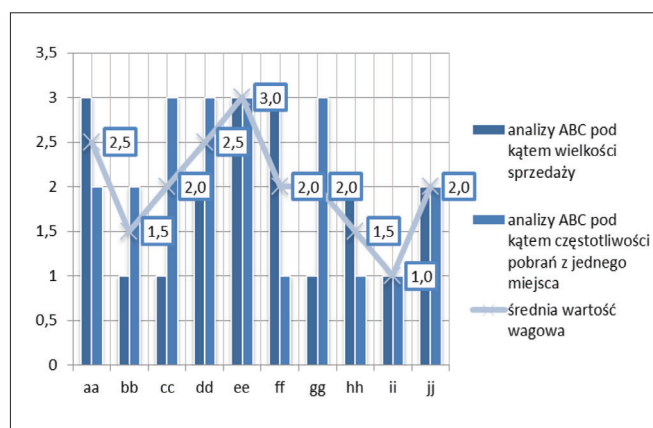
Ostatnim ważnym kryterium jest gramatura produktu. Na podstawie informacji na ten temat dokonano analizy ABC, jednak szeregując wyniki odwrotnie niż zazwyczaj – od najmniejszej do największej wartości. Pozwoliło to na przypisanie do grupy A największych produktów. W tym przypadku został zmieniony zakres przedziałów wartości odpowiadający za przypisanie produktu do grupy. Przyjęto wartości graniczne pomiędzy grupami jako 20% oraz 60%. Wyniki analizy przedstawiono w tabeli 4.

## Optymalizacja oraz przypisanie produktów do odpowiednich klas

W celu optymalizacji rozmieszczenia produktów w magazynie analizie poddano dwa warianty:

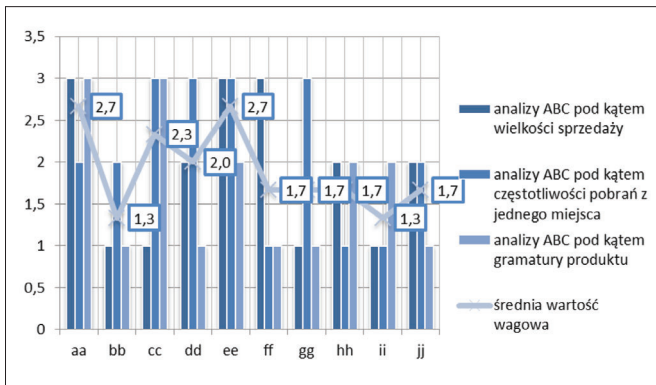
- wariant 1 polega na zestawieniu analizy ABC wykonywanej pod kątem łącznej ilości pobrań oraz ich częstotliwości
- wariant 2 polega na zestawieniu analizy ABC wykonywanej pod kątem łącznej ilości pobrań, częstotliwości oraz gramatury produktu.

W celu dokonania zestawienia dla obu wariantów przypisano wagę do każdej grupy przyjmując, że: grupa A – 1, grupa B – 2, grupa C – 3. Wyniki analizy dla wariantu 1 przedstawiono na rysunku 1, natomiast dla wariantu 2 na rysunku 2.



Rys. 1. Zestawienie analiz ABC dla wariantu 1.

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 2. Zestawienie analiz ABC dla wariantu 2.  
Źródło: opracowanie własne.



Rys. 3. Rozmieszczenie produktów w magazynie dla wariantu 1 oraz wariantu 2. Źródło: opracowanie własne.

W obu zestawieniach została obliczona średnia wartość współczynników wagowych przypisanych do danej grupy produktu i analizy. Wartość ta pozwala na przypisanie nowych grup do danego produktu będących odzwierciedleniem wyników wszystkich analiz wchodzących w skład zestawienia (tabela 6).

## Rozmieszczenie produktów w magazynie

Aby móc zaplanować rozmieszczenie produktów w magazynie niezbędne jest obliczenie ilości wymaganego miejsca składowania. Tą wartość obliczono na podstawie ilości opakowań mieszczących się na jednym nośniku (tabela 4) oraz ilości sprze-

danych produktów w danym miesiącu [1]. Zestawienie ilości nośników zaprezentowano w tabeli 5.

Na podstawie tabeli 5 stwierdzono, że maksymalnie wymagane będzie posiadanie 181 nośników przy założeniu, że popyt nie ulegnie zmianie. Jednak z uwagi na wahania popytu konieczne jest zapewnienie zapasowych miejsc składowania dla każdego produktu oraz rezerwowych – wolnych miejsc składowania. Dla magazynu przyjęto sposób składowania w regałach trzypoziomowych wraz z odpowiednim zapasem miejsca dla każdego produktu, co zostało zaprezentowane w tabeli 6.

Tab. 5. Zestawienie ilości nośników wymaganej do zmagazynowania produktów.

Lp.	Produkt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Łączna liczba nośników	Maksymalna ilość nośników
1.	aa	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	11	11
2.	bb	0	13	0	3	0	11	0	12	0	1	3	3	46	13
3.	cc	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	0	0	12	2
4.	dd	0	0	0	0	0	7	6	0	0	0	0	9	22	9
5.	ee	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5	5
6.	ff	0	0	8	0	0	4	0	0	0	52	0	0	64	52
7.	gg	3	0	0	4	4	6	6	0	7	0	6	0	36	7
8.	hh	0	3	0	0	0	4	0	0	0	0	18	20	45	20
9.	ii	16	2	0	3	0	2	0	0	19	3	0	0	45	19
10.	jj	0	25	0	0	0	43	0	0	0	43	0	0	111	43
	<b>SUMA</b>	<b>21</b>	<b>44</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>95</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>27</b>	<b>100</b>	<b>27</b>	<b>32</b>		<b>181</b>

Źródło: opracowanie własne

Tab. 6. Zestawienie ilości nośników wymaganej do zmagazynowania produktów z uwzględnieniem zapasów.

Lp.	Produkt	Maksymalna ilość nośników	Zapasy moduły	Ilość modułów magazynowych	Ilość kolumn	Nowa grupa (wariant 1)	Nowa grupa (wariant 1)
1.	aa	11	1	12	4	D	E
2.	bb	13	1	14	5	B	A
3.	cc	2	1	3	1	C	D
4.	dd	9	1	10	4	D	C
5.	ee	5	1	6	2	E	E
6.	ff	52	5	57	19	C	B
7.	gg	7	1	8	3	C	B
8.	hh	20	2	22	8	B	B
9.	ii	19	2	21	7	A	A
10.	jj	43	4	47	16	C	B
	<b>SUMA</b>	<b>181</b>	<b>19</b>	<b>200</b>	<b>69</b>		

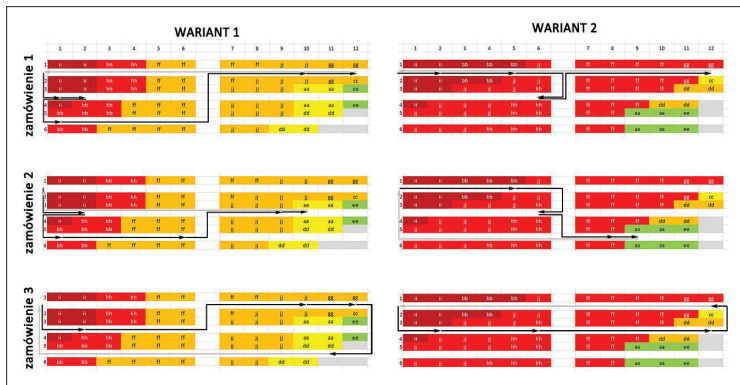
Źródło: opracowanie własne

Aby zmieścić wszystkie produkty konieczne jest zapewnienie 200 modułów magazynowych, czyli zaokrąglając – 69 trzypoziomowych jedno-modułowych regałów. Przyjęto zatem układ magazynu zawierający 6 rzędów po 12 regałów, co umożliwi przechowywanie produktów w 216 modułach (6 rzędów, 12 regałów, 3 poziomy).

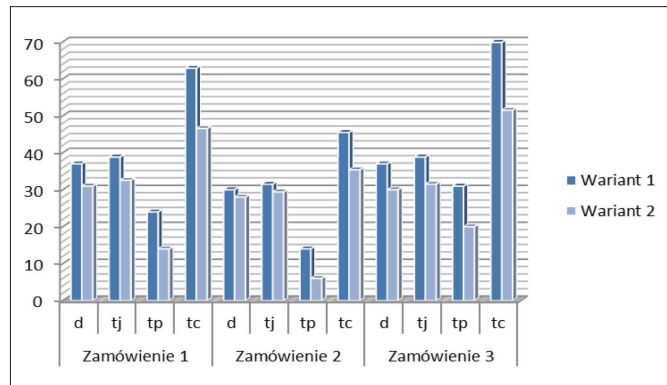
Na podstawie posiadanych danych o ilości miejsc wymaganych do składowania dla każdego produktu oraz przypisanej mu grupy dokonano rozmieszczenia produktów w magazynie dla obu analizowanych wariantów. Układ magazynu przedstawiono na rysunku 3.

W obu przypadkach zastosowano dodatkowy korytarz w połowie magazynu usprawniający przejście pomiędzy poszczególnymi rzędami regałów.

Na rysunku 3 kolorem zaznaczono grupy produktów (stosownie z oznaczeniem w tabeli 6) oraz opisano produkty znajdujące się na konkretnym regale. Pozostałe trzy nieopisane regały pełnią rolę rezerwowych.



Rys. 4. Ścieżki kompletacji poszczególnych zamówień dla obu wariantów rozmieszczenia produktów w magazynie. Źródło: opracowanie własne.



Rys. 5. Długość drogi oraz poszczególne czasy procesu kompletacji. Źródło: opracowanie własne.

## Porównanie procesów kompletacji dla analizowanych wariantów

Na potrzeby analizy obu zaproponowanych wariantów wyznaczono drogą losową trzy zamówienia będące kompletowane w omawianej firmie. Kompletacja tych zamówień składa się zawsze z pięciu typów produktu o różnej gramaturze. Ilość sztuk dla każdego zamówienia dobrano na podstawie średniej ilości sztuk przypadającej na zamówienie (tabela 1). W celu wyznaczenia optymalnej trasy ścieżki zbierek zastosowano metodę grafów [9], [3]. Kolejność kompletacji produktów ustalono w oparciu o najmniejszą odległość od strefy pakowania. Zestawienie tras dla obu wariantów zaprezentowano na rysunku 4.

Do obliczeń długości drogi oraz czasu przejazdu przyjęto następujące założenia:

- długość jednego regału (modułu magazynowego) wynosi 1,4 m, natomiast jego szerokość 0,7 m
- prędkość poruszania się magazyniera z wózkiem kompletacyjnym wynosi 0,75 m/s
- czas potrzebny na przełożenie jednego produktu w wózku wynosi 1 s
- czas pobrania produktu z regału został pominięty z uwagi na fakt takiej samej ilości pobrań w obu wariantach.

W oparciu o powyższe założenia obliczono odległość pomiędzy poszczególnymi punktami pobrań produktów z magazynu oraz ilość przełożeń produktów wymuszoną ich gramaturą, a wyniki zaprezentowano w tabeli 7.

W tabeli 8 zaprezentowano czasy przejazdu, przełożeń produktów znaj-

dujących się na wózku kompletacyjnym oraz łączny czas kompletacji. Dane zawarte w tabeli 8 zostały zaprezentowane w postaci graficznej na rysunku 5.

Na podstawie przedstawionych wyników można stwierdzić, że wielokryterialna analiza ABC uwzględniająca częstotliwość pobierania produktów oraz ich gramaturę pozwala nie tylko na skrócenie pokonywanej drogi w procesie kompletacji, ale

Tab. 7. Długość drogi kompletacji oraz ilość przełożeń towarów.

Wariant 1			Wariant 2		
Kolejność kompletacji produktów	Długość drogi	Ilość przełożeń	Kolejność kompletacji produktów	Długość drogi	Ilość przełożeń
<b>Zamówienie 1</b>					
ii	3,5	-	ii	2,8	-
hh	1,4	3	bb	4,2	3
bb	6,3	8	jj	0,0	8
jj	18,2	13	hh	6,3	3
cc	2,8	-	cc	11,9	-
powrót	18,2	-	powrót	18,2	-
<b>SUMA</b>	<b>50,4</b>	<b>24</b>	<b>SUMA</b>	<b>43,4</b>	<b>14</b>
<b>Zamówienie 2</b>					
hh	3,5	-	bb	7,0	-
bb	4,9	3	jj	0,0	3
ff	7,0	3	hh	6,3	-
jj	7,7	8	ff	6,3	3
aa	1,4	-	aa	1,4	-
powrót	17,5	-	powrót	18,2	-
<b>SUMA</b>	<b>42</b>	<b>14</b>	<b>SUMA</b>	<b>39,2</b>	<b>6</b>
<b>Zamówienie 3</b>					
ii	4,9	-	ii	3,5	-
hh	0,0	5	jj	0,0	5
jj	14,7	8	hh	5,6	5
cc	2,8	-	dd	9,8	10
dd	8,4	18	cc	4,9	-
powrót	21	-	powrót	18,2	-
<b>SUMA</b>	<b>51,8</b>	<b>31</b>	<b>SUMA</b>	<b>42</b>	<b>20</b>

Źródło: opracowanie własne

Tab. 8. Długość drogi oraz poszczególne czasy procesu kompletacji.

	Zamówienie 1				Zamówienie 2				Zamówienie 3			
	d	t <sub>j</sub>	t <sub>p</sub>	t <sub>c</sub>	d	t <sub>j</sub>	t <sub>p</sub>	t <sub>c</sub>	d	t <sub>j</sub>	t <sub>p</sub>	t <sub>c</sub>
<b>Wariant 1</b>	50,4	38,85	24	62,85	42	31,5	14	45,5	51,8	38,85	31	69,85
<b>Wariant 2</b>	43,4	32,55	14	46,55	39,2	29,4	6	35,4	48	31,5	20	51,5

Źródło: opracowanie własne

przede wszystkim na redukcję czasu przełożeń produktów na nośniku kompletacyjnym jeśli możliwe by było uszkodzenie produktów znajdujących się w dolnej części wózka w wyniku wpływu masy produktów umieszczonych na nich.

## Wnioski

W artykule została poruszona kwestia wpływu gramatury produktu na proces kompletacji zamówień. Zaproponowana metoda ma praktyczne zastosowanie w procesach magazynowych, a jej działanie zostało zweryfikowane w funkcjonującej firmie zajmującej się dystrybucją granulatów i produktów sypkich na terenie Unii Europejskiej. Firma ta składa w swoich magazynach produkty o wadze od 1 kg do 30 kg, pakowanych w worki oraz pudełka kartonowe, które są szczególnie podatne na uszkodzenia. Dlatego produkty małe powinny znajdować się na produktach dużych, umieszczonych na nośniku kompletacyjnym. W takim wypadku konieczne jest zastosowanie odpowiednich wózków dających możliwość kompletacji na kilku płaszczyznach lub układaniu towarów według ich gramatury. Jednak układanie produktów według gramatury wydłuża proces kompletacji z uwagi na konieczność przekładania towarów mniejszych na większe. Natomiast kompletacja według gramatury na kilku poziomach nie zawsze jest możliwa z uwagi na często stosowaną multikompletację.

Zaproponowana i przeanalizowana analiza, pozwoliła na ustalenie nowego rozmieszczenia produktów w magazynie, które w rezultacie okazało się bardziej efektywne. Nowe ułożenie produktów skróciło nieznacznie drogę pokonywaną w procesie kompletacji, natomiast pozwoliło znacznie zmniejszyć ilość przełożeń produktów na wózku.

Zaproponowana metoda planowania rozmieszczenia produktów pozwala na oszczędność do kilkunastu sekund w trakcie jednego procesu kompletacji. Biorąc pod uwagę ilość kompletacji wykonywanych przez firmę – prawie 200 zamówień dziennie – pozwala to na oszczędność prawie 20 godzin miesięcznie.

## Streszczenie

W niniejszym artykule zostało omówione zagadnienie rozmieszczenia produktów w magazynie w celu na usprawnienia procesu kompletacji zamówień. Potwierdzono, że większy wpływ na rozmieszczenie produktów ma częstotliwość pobrań kilku towarów jednocześnie z jednego punktu składowania niż łączna liczba pobrań każdej sztuki tegoż produktu. Ponadto w planowaniu rozmieszczenia produktów powinna być także uwzględniana ich gramatura. Pozwoli to zmniejszyć ryzyko

uszkodzenia ładunków oraz usprawnić proces kompletacji. W artykule wykazano, że analiza ABC uwzględniająca powyższe kryteria pozwala rozmieścić produkty w magazynie w taki sposób, aby skrócić całkowity czas kompletacji zamówień.

## Increasing the efficiency of order picking process by optimizing the placement of products in stock including the frequency of picking product and weight of the product

### Abstract

This article concerns a problem of disposition of stock in order to improve the order picking process. It was found that a greater impact on the placement of products is the picking frequency of several items at the same time from one point of storage than the total number of picking each piece of the same product. Moreover, in planning the placement of the products should also be taken into account their weight. This will reduce the risk of damage to cargo and improve the process of picking. The article shows that the ABC analysis, taking into account the above criteria can arrange the products in stock in such a way as to shorten the total time of picking.

### LITERATURA

1. Andrzejewicz P., Zając J., *Zapasy i magazynowanie, przykłady i ćwiczenia*, wyd. II, ILiM, Poznań 2011.
2. Chao-Hsien Pan J., Po-Hsun Shih, *Evaluation of the throughput of a multiple-picker order picking system with congestion consideration*, wyd. Elsevier, Computers & Industrial Engineering 55, 2008.
3. Chao-Hsien Pan J., Po-Hsun Shih, Ming-Hung Wu, *Storage assignment problem with travel distance and blocking considerations for a picker-to-part order picking system*, wyd. Elsevier, Computers & Industrial Engineering 62, 2012.
4. Krystek J., *Analiza procesu magazynowania w magazynie wysokiego składowania, XIII K. K. Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie*, Tom 1, Zakopane 2011, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2011.
5. Krzyżaniak S., Cyplik P., *Zapasy i magazynowanie*, Tom I, ILiM, Poznań 2007.
6. Markusik S., *Infrastruktura logistyczna w transporcie*, Tom II *Infrastruktura punktowa – magazyny, centra logistyczne i dystrybucji, terminale kontenerowe*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010.
7. Niemczyk A., *Zapasy i magazynowanie*, Tom II, ILiM, Poznań 2007.
8. René de Koster, Tho Le-Duc, Kees Jan Roodbergen, *Design and control of warehouse order picking: A literature review*, wyd. Elsevier, European Journal of Operational Research 182, 2007.
9. Theys C., Bräysy O., Dullaert W., Raa B., *Using a TSP heuristic for routing order pickers in warehouses*, wyd. Elsevier, European Journal of Operational Research 200, 2010.

## Twoje adresy internetowe

[www.e-fakty.pl](http://www.e-fakty.pl)

[www.logistyka.net.pl](http://www.logistyka.net.pl)  
internetowy serwis branżowy

najświeższe informacje, ciekawe opracowania