

Stanisław KRAWCZYK¹, Michał JAKUBIAK²

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, Katedra Logistyki
53-345 Wrocław, ul. Komandorska 118/120
email: ¹stanislaw.krawczyk@ue.wroc.pl
email: ²michal.jakubiak@ue.wroc.pl

ROLA KOMISJONOWANIA W STEROWANIU PRZEPLYWAMI PRODUKTÓW

Streszczenie:

Komisjonowanie to proces obserwowany we wszystkich typach węzłów logistycznych. Charakteryzuje się ono dużą pracochłonnością i koniecznością sprawnej organizacji czynności stanowiących jego elementy. Na podstawie obserwacji funkcjonowania rzeczywistego magazynu operatora logistycznego został opracowany model pozwalający analizować sposoby przemieszczania magazyniera kompletującego ładunki i ich alokację w strefie kompletacyjnej. Celem badań było sprawdzenie, jaki wpływ na całkowity czas komisjonowania ma wybór strategii rozmieszczania produktów na półkach i strategii przemieszczania magazyniera dokonującego kompletacji ładunków. Celem pośrednim było rozpoznanie udziału procentowego czasów operacji występujących w procesie komisjonowania.

Słowa kluczowe: komisjonowanie, magazynowanie, heurystyczne metody wyznaczania tras.

1. KONCEPCJE KOMISJONOWANIA

Silna presja konkurencji w dostawach produktów wymusza poszukiwanie możliwości usprawnień na każdym etapie ich przepływów w łańcuchach dostaw. W standardowych rozważaniach przepływy są identyfikowane przez drogi przemieszczania ładunków od punktu ich wysłania do miejsc przeznaczenia. Z licznych badań prowadzonych w różnych ośrodkach naukowych wynika, że należy większą uwagę zwrócić na operacje w magazynach i miejscach przeładunków, w których jest dokonywane kompletowanie ładunków, przy czym techniczne operacje powinny być dopełnione czynnościami związanymi z przygotowaniem i wydawaniem dokumentów i dyspozycji. Proces łączący operacje techniczne kompletacji z czynnościami administracyjnymi dotyczącymi przygotowania zleceń wydania i powiązanych z przejmowaniem odpowiedzialności prawnej za prawidłowość kompletacji jest określany mianem komisjonowania. Poszukiwanie usprawnień w procesie komisjonowania wymaga, zatem uwzględnienia aspektów technicznych jak i organizacyjnych. Czas dokonania kompletacji zależy, bowiem nie tylko od sprawności środków transportowych i urządzeń pomocniczych wykorzystywanych przy kompletowaniu, ale również od przyjętej koncepcji dokonywania kompletacji oraz obsługi wydawanych zleceń. Wymaga to zmiany podejścia do tworzenia modeli komisjonowania. W standardowych wersjach podstawowym celem kompletacji jest wyznaczenie najkrótszej drogi przemieszczania kompletowanego ładunku. Na postać modelu wpływa wtedy przede wszystkim sposób wyznaczania drogi magazyniera dokonującego kompletacji. Pragnąc uwzględnić wpływ dyspozycji organizacyjnych, należy w modelach kompletowania przenieść uwagę na czasy dokonywania poszczególnych operacji w procesie komisjonowania. Dotyczy to w szczególności czasów operacji, które zależą od przyjętej koncepcji dokonywania kompletowania.

W literaturze są prezentowane trzy podstawowe koncepcje organizacji kompletacji [1]:

- 1) kompletowanie pojedynczych zamówień (ang. *strict-order picking*),
- 2) łączenie zamówień (ang. *batch picking*),
- 3) kompletowanie strefowe (ang. *zone picking*).

Kompletowanie pojedynczych zamówień jest dokonywane w przypadkach, gdy zadanie kompletacji jest powierzane jednemu pracownikowi. Jest to przypadek, w którym można korzystać z modeli kompletacji odwołujących się do wyznaczania najkrótszej drogi przemieszczania.

Interesującym z praktycznego punktu widzenia jest zadanie łączenia zamówień i kompletacji łącznej, w którym problem decyzyjny przenosi się na wskazanie, które zamówienia należy łączyć do wspólnej kompletacji. Po utworzeniu wspólnego zamówienia zadanie sprowadza się formalnie do kompletacji zamówienia pojedynczego. Uzyskanie końcowego wyniku wymaga jednak uwzględnienia dodatkowych operacji w strefie tworzenia ładunku do wysyłki, których czas realizacji ma istotny wpływ na moment zakończenia kompletacji.

Kompletowanie strefowe jest koncepcją, w której najpierw dokonuje się dekompozycji zadania przez podział magazynu na obszary operacji kompletacji. Przyjmuje się, że w każdym obszarze zlecenie otrzymuje jeden pracownik, który dokonuje kompletacji produktów z przydzielonego mu obszaru. Uproszczenie zadania kompletacji przez ograniczenie do operacji w strefie wymaga przeniesienia uwagi na dokonanie połączenia zestawów częściowych zamówienia klienta w strefie tworzenia ładunku do wysyłki [10]

Uważna obserwacja zadań kompletacji w praktyce wskazuje na jeszcze inne źródło potencjalnych usprawnień przepływów przez węzeł logistyczny jakim jest magazyn. Zadania kompletacji są rozpatrywane przy założeniu, że znane jest rozmieszczenie produktów na miejscach składowania. Czy jest to założenie, którego nie można naruszyć? Poszerzone spojrzenie na problematykę komisjonowania sugeruje, że należy odróżnić przypadki, gdy miejsca składowania są rzeczywiście jednoznacznie określone i niezmiennie oraz takie, w których możemy je rozpatrywać jako zmienne decyzyjne. W drugim z wymienionych przypadków można postawić pytanie, czy wyboru zasady składowania nie da się połączyć z doбором koncepcji kompletowania. Z przeprowadzonych badań wynika, że często jest to możliwe do realizacji, a brak zainteresowania wynika jedynie z niedostrzegania powiązań między procesami dostaw do magazynu z procesami wydań. Rozpoznanie takiej możliwości jest odrębnym zadaniem związanym z określaniem zasad sterowania przepływami produktów w łańcuchach dostaw. Przyjąwszy, że celem zasadniczym jest realizacja dostaw do klientów końcowych w jak najkrótszym czasie, można formułować cele pośrednie odnoszące się do organizacji przyjęć do magazynu i doboru miejsc składowania produktów tak, aby zadanie kompletacji było częściowym i pozytywnie sprzężonym z zadaniem określonym przez cel główny. Dostrzeżenie takiej możliwości otwiera nową klasę zadań optymalizacyjnych w przepływach produktów w łańcuchach dostaw.

W każdej z wymienionych klas zadań występuje problem wyznaczania tras przemieszczania z punktu pobrania zlecenia kompletacji do miejsc lokalizacji produktów i po ich pobraniu do punktu tworzenia ładunku do wysyłki. Jest to problem, który z matematycznego punktu widzenia należy do tzw. NP – zupełnych grupujących zadania komiwojażera [12]. Dlatego w praktyce do rozwiązywania zadań wyznaczania tras kompletowania są wykorzystywane algorytmy heurystyczne pozwalające dostatecznie szybko uzyskiwać rozwiązania zbliżone do dokładnych [11].

2. CZASY OPERACJI W PROCESIE KOMISJONOWANIA

Systemy komisjonowania typu „człowiek-do-produktu” (z ang. *picker-to-part*), w których główną rolę odgrywa człowiek, stanowią najpopularniejszą formę kompletacji zamówień. Swoją popularność zawdzięczają względnie ekonomicznym tzn. mniejszymi kosztami wdrożenia oraz tym, iż w przeciwieństwie do strategii automatycznych typu AS/RS sprawdzają się dobrze wtedy, gdy należy kompletować stosunkowo dużo artykułów o różnych wymiarach.

Modelowanie pracy magazyniera dokonującego komisjonowania wymaga uwzględnienie kilku składowych, z których jedne są operacjami aktywnymi jak pobieranie produktów czy przemieszczanie a inne pasywnymi jak np. postoje. Całkowity czas procesu komisjonowania musi być rozpatrywany jako suma czasów operacji aktywnych i pasywnych. Jest to zagadnienie, które dopiero od niedawna jest omawiane w literaturze. Tabela 1 przedstawia podstawowe składowe komisjonowania wyrażone przez czasy ich trwania lub wykonywania [9].

Tabela. 1 Główne grupy czasowe procesu komisjonowania

Podstawowe grupy czasowe komisjonowania	Opis
Czas bazowy	Czas przeznaczony na czynności związane z przygotowaniem do procesu kompletacji - czytanie zamówienia, ułożenie trasy przejazdu, przygotowanie wózka widłowego i jednostki transportowej (np. palety) do drogi.
Czas drogi	Czas potrzeby na przebycie określonej drogi pomiędzy punktami przyjęcia zlecenia, miejscami pobrania i punktem wydania towaru
Czas przestojów	Czas poświęcony przez magazyniera na poszukiwanie zamówionego towaru, kontrolę zestawionego zamówienia ze zleceniem kompletacyjnym, opisanie i ostateczne przeliczenie palet wchodzących w skład zamówienia
Czas podjęcia towaru	Czas potrzebny na podniesienie oraz opuszczenie wideł wózka widłowego, uchwycenie towaru oraz położenie go na jednostkę transportową np. paletę.
Czas czynności dodatkowych	Czas związany z czynnościami zapewniającymi bezpieczeństwo i higienę pracy. Orz oczekiwanie na środki transportu, dodatkowe informacje dotyczące zamówień

Źródło: opracowanie na podstawie [9].

Na podstawie badań przeprowadzonych w magazynach operatorów logistycznych w Niemczech uzyskano wyniki, jaki jest procentowy udział poszczególnych czasów w czasie całkowitego komisjonowania. Wyniki przedstawione w tabeli 2 stały się podstawą porównań w naszych badaniach.

Tabela. 2. Udział procentowy czasów operacji w całkowitym czasie komisjonowania

Podstawowe grupy czasowe komisjonowania	Procentowy udział w czasie komisjonowania
Czas bazowy	5-10%
Czas drogi	około 50%
Czas przestojów	10-25%
Czas podjęcia towaru	25-35%
Czas czynności dodatkowych	Zależny od uwarunkowań przedsiębiorstwa

Źródło: opracowanie na podstawie [9].

Z tabeli 2 odczytujemy, że dominującą składową czasową dla komisjonowania jest czas przemieszczeń, który stanowi około 50% czasu całkowitego. Nie dziwi więc fakt, iż naukowcy i praktycy logistyki swoje szczególne zainteresowanie kierują w stronę zagadnień związanych z minimalizacją czasu potrzebnego na przebycie określonej drogi pomiędzy punktami przyjęcia zlecenia, miejscami pobrania i punktem wydania towaru [7]. Warto jednak zauważyć, że procentowy udział czasu drogi pokonywanej przez magazyniera jest co prawda największy, ale około 50% czasu całego procesu zajmują inne operacje, które są

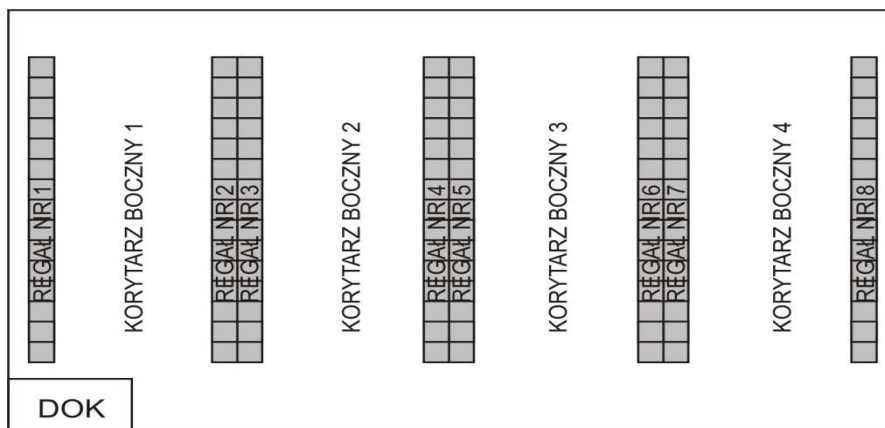
pomijane w standardowych modelach komisjonowania. Dopiero szczegółowa analiza wszystkich czynności wykonywanych przez pracownika podczas zestawiania i formowania zamówień pozwala nam na dokładny obraz wydajności systemu komisjonowania przyjętego przez dane przedsiębiorstwo.

3. OPIS PROBLEMU BADAWCZEGO

Opisywany problem dotyczy magazynu operatora logistycznego zajmującego się obsługą logistyczną produktów pochodzących z różnych firm produkcyjnych i handlowych, które wykonywanie podstawowych procesów magazynowych zlecają firmie zewnętrznej. Jest to obiekt, którego główne funkcje ograniczają się do przyjęcia, składowania, komisjonowania oraz wydania towarów. Pomieszczenie przeznaczone na magazyn, wynajmowane jest przez operatora logistycznego od dewelopera i mieści się na terenie Górnego Śląska. Magazyn składa się z kilku stref. Wspólną dla wszystkich dostaw jest przestrzeń przeznaczona na przyjmowanie i wydawanie towarów. Największy obszar magazynu – strefa składowania, podzielona jest na kilka mniejszych podstref, w których w każdej z osobna magazynuje się towar od konkretnego dostawcy. Zachowana jest reguła - jedna podstrefa równa się jedna firma. Towary pochodzące od różnych dostawców są przechowywane na regałach paletowych cztero oraz pięciorzędowych. Pomiędzy regałami występują korytarze boczne o szerokości 4 metrów. Magazyn prócz miejsc przeznaczonych do składowania towarów, posiada obszar, w którym następuje złożenie produktów skompletowanych do wysyłki. W wyodrębnionych dokach mających jednakowe wymiary: szerokość 6 m i długość 15 m są odkładane palety przeznaczone do wysyłki, które po oznakowaniu są ładowane do podstawianych pod bramę wjazdową pojazdów.

Przeprowadzone badania i symulacje komisjonowania zostały przeprowadzone na produktach producenta wytwarzającego odżywkę dla dzieci. U producenta są tworzone jednostki transportowe na europaletach i w tej postaci są transportowane do magazynu operatora logistycznego, skąd bez zmiany postaci ładunku są dostarczane do różnych hurtowni na terenie całej Polski. Dopiero w hurtowniach następuje przepakowanie produktów na mniejsze jednostki opakowaniowe.

W interesującej nas strefie składowania ładunków producenta odżywek możliwe jest równoczesne składowanie 1200 europalet. Są one składowane na 15 regałach mających po cztery półki, każdy po 38 metrów długości. Komisjonowane są ładunki złożone z całych palet. Jest to zatem najprostszy przypadek komisjonowania. Na rysunku 1 zamieszczony jest rzut poziomy przedstawiający uproszczony widok na strefy składowania palet z odżywkami.



Rys. 1 Rzut poziomy na strefę magazynu przeznaczoną dla producenta odżywek dla dzieci.

Źródło: Opracowanie własne.

W okresie prowadzenia badań dostarczane palety były lokowane według zasady najbliższego wolnego miejsca. Przyjmowano, że dzięki systemowi Qguar wykorzystywanemu jako składowa systemu WMS, który rejestruje miejsca składowania każdej palety, można bez trudu szybko odnajdować i komisjonować palety przeznaczone dla klientów. Magazynier dokonujący komisjonowania miał pełną swobodę przemieszczania w trakcie komisjonowania.

Proces komisjonowania rozpoczyna się w momencie otrzymania przez magazyniera zlecenia kompletacyjnego i kończy odłożeniem wszystkich palet wymienionych w zleceniu na polu odkładczym. Zakres zlecenia kompletacyjnego jest określony przez ładowność standardowej naczepy samochodowej i wynosi 33 palety. Każda paleta jest pobierana pojedynczo z miejsca składowania.

W modelu symulacyjnym komisjonowania przyjęto:

1. Na podstawie danych historycznych z ponad 200 zleceń kompletacyjnych sporządzono klasyfikację ABC produktów biorąc pod uwagę częstość występowania indeksów produktowych na zleceniach. Klasę A tworzyły produkty występujące jako pozycje w co najmniej 75% zleceń, klasę B – występujące w około 15 %, a klasę C – pozostałe produkty. Po sprawdzeniu wielkości zamówień okazało się, że zamówienia produktów klasy A stanowiły około 18%, klasy B – 22%, a klasy C – około 60% ogólnej ilości zamawianych produktów.
2. Każdy cykl kompletacji rozpoczyna się i kończy w miejscu składowania (punkt D na rysunkach).
3. Na czas dokonania kompletacji składają się czasy: bazowy, drogi, podjęcia palety z półki, przestojów i innych czynności dodatkowych. Szczegółowe omówienie wymienionych czasów przedstawia tabela 2.
4. Podstawą porównań jest odniesienie do sytuacji, gdy komisjonowanie jest dokonywane przy założeniu, że palety są już ułożone zgodnie z zasadą najbliższego wolnego miejsca składowania.
5. W zadaniu rozmieszczania palet uwzględniamy trzy wymiary. Określenie lokalizacji oznacza podanie numeru regału, numeru półki i wskazania miejsca na półce.
6. Dane techniczne m.in. normy czasu pracy, operatora wózka widłowego, prędkość wózka widłowego (7km/h) oraz czas uchwytu palety, podniesienia i opuszczenia wideł itp zostały zaczerpnięte z opracowania [3].

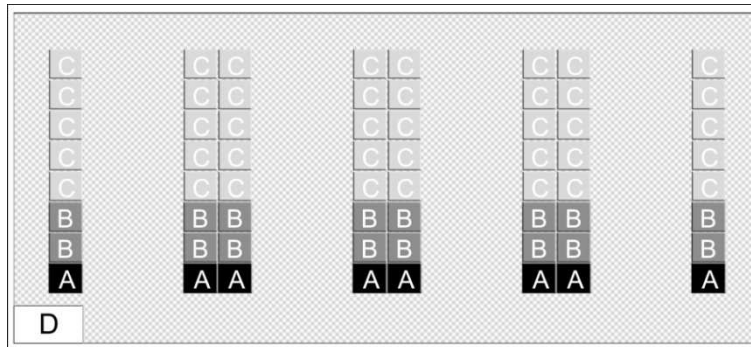
Celem symulacji było sprawdzenie, jaki wpływ na czas pełnego kompletowania zamówienia mają:

- a) strategii rozmieszczania palet przy ich wprowadzaniu do składowania,
- b) zasady lokalizacji palet na półkach zgodnie z opracowanymi klasyfikacjami ABC,
- c) strategii przemieszczania w trakcie kompletowania.

4. STRATEGIE ROZMIESZCZANIA PALET

W literaturze są rozpatrywane cztery podstawowe strategie rozmieszczania produktów, które w języku angielskim określane są mianem strategii *Volume – based storage* [2, s.534-544]. Ich ideę przedstawimy na rysunkach odwołując się wykorzystywanej w naszych badaniach do klasyfikacji ABC. Przyjmując określoną strategię, w pierwszej kolejności dokonujemy składowania produktów klasy A, potem składowujemy produkty klasy B i na końcu produkty klasy C.

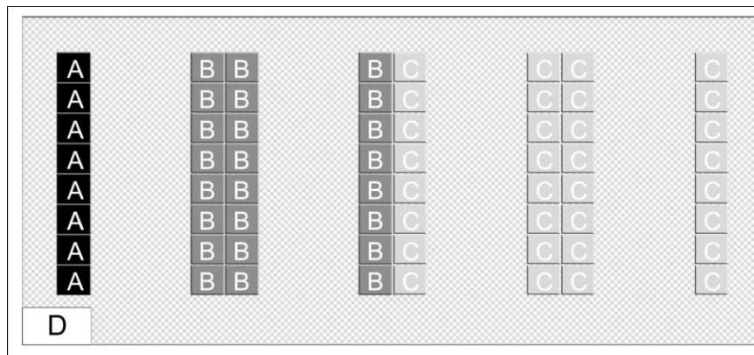
Strategia *Across – Aisle storage* przedstawiona na rys. 2 zakłada rozpoczynanie składowania od półek najbliższej korytarza głównego i przechodzenie do półek w głąb korytarzy bocznych.



Rys. 2. Strategia Across – Aisle storage

Źródło: opracowanie własne na podstawie [1]

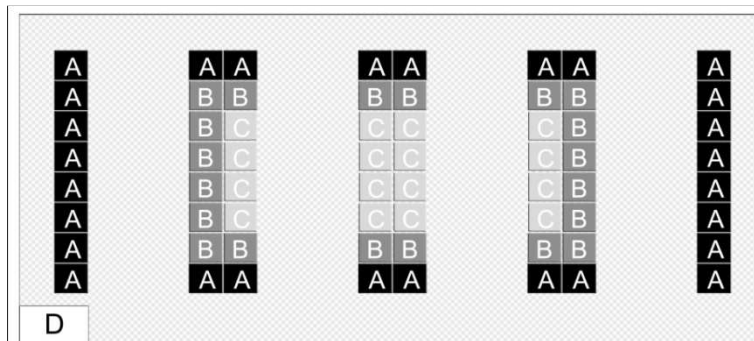
Strategia *Within – Aisle storage* przedstawiona na rys. 3 zakłada rozpoczęcie składowania od regału położonego najbliższego miejsca składowania (punkt D). Po wypełnieniu tego regału następuje lokowanie w następnym i kolejnych rzędach.



Rys. 3. Strategia Within – Aisle storage

Źródło: opracowanie własne na podstawie [1]

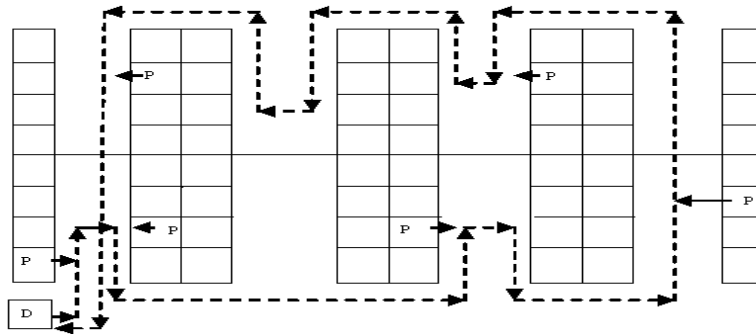
W strategii *Perimeter storage* lokalizacja produktów jest dokonywana zgodnie z zasadą wgłębiania się we wnętrze przestrzeni składowania. W przypadkach, gdy rozmieszczenie regałów zapewnia dostęp do półek z każdej strony, najpierw dokonuje się składowania na regałach zewnętrznych oraz na półkach znajdujących się z przodu i z tyłu magazynu. Po ich wypełnieniu następuje składowanie zgodnie z tą samą regułą na wolnych półkach wnętrza przestrzeni magazynu.



Rys. 4. Strategia Perimeter storage

Źródło: opracowanie własne na podstawie [1]

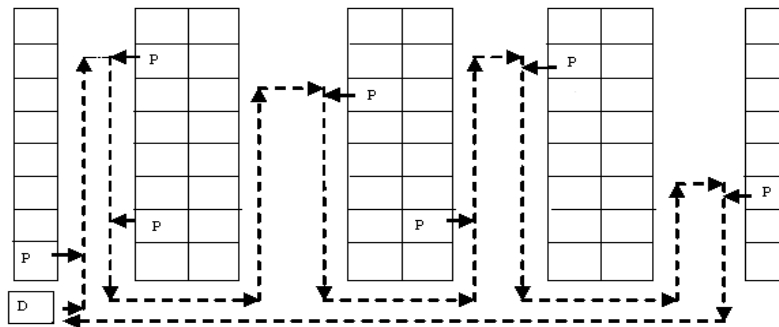
drogi powrotnej magazyniera. Schemat przemieszczania zgodnie ze strategią *midpoint* przedstawia rys. 7.



Rys. 7. Strategia *Midpoint*

Źródło: opracowanie własne na podstawie [1]

Strategia *Return* zakłada przemieszczanie magazyniera wzdłuż korytarza aż do miejsca, w którym jest pobierany ostatni produkt z danego rzędu, po czym powraca do korytarza głównego i pobiera produkty z kolejnego rzędu. Przemieszczenie zgodne z tą strategią ilustruje rys. 8.



Rys. 8. Strategia *Return*

Źródło: opracowanie własne na podstawie [1]

W praktyce przy wyznaczaniu tras wykorzystuje się algorytmy heurystyczne, które pozwalają szybko uzyskać wyniki zbliżone do dokładnych. Wyznaczanie tras optymalnych ma znaczenie w magazynach, w których komisjonowanie jest dokonywane z wykorzystaniem nowoczesnych urządzeń sterowanych komputerowo.

W symulacjach analizowano kombinacje strategii umieszczania palet i przemieszczania magazyniera, czyli 12 wariantów komisjonowania.

6. WYNIKI BADAŃ

Dla przeprowadzenia symulacji wykorzystano specjalnie opracowany program napisany w języku Java. Główna funkcja *main* programu pobiera dane znajdujące się w pliku wejściowym i oblicza czasy potrzebne na kompletację zamówień według trzech, zaimplementowanych w oddzielnych klasach, algorytmów heurystycznych wyznaczania tras: *Traversal*, *Return*, *Midpoint*.

W programie istnieje możliwość tworzenia zamówień losowo oraz symulacji wielu wariantów alokacji towarów w magazynie. Informacje, zapisywane i generowane w programie, mają postać tablicy czterowymiarowej, przedstawiającej odzwierciedlenie

różnych sytuacji w magazynie. Dla celów symulacji zostało wygenerowanych 1000 zamówień.

Pierwszym punktem badania, była analiza czasów komisjonowania przy założeniu, że towary są składowane zgodnie z zasadami przyjętymi jako obowiązujące.

Symulacja na podstawie 1000 losowo wygenerowanych zamówień obejmowała czasy potrzebne do przebycia drogi pomiędzy dokiem, a miejscem składowania towaru znajdującego się na liście kompletacyjnej oraz powrót do miejsca wysyłki. Symulacji poddany również został czas przeznaczony na podjęcie palety z miejsca składowania, aż do momentu ruchu wózka widłowego. Pozostałe składowe czasów, które tworzą łączny czas komisjonowania, zostały uzyskane w trakcie obserwacji około 100 przypadków realizacji zamówień w magazynie. Tabela 5. zawiera szczegółowy zapis uzyskanych wyników.

Tabela. 5 Czasy przypadające na proces komisjonowania oraz ich procentowy udział przy rozłożeniu towarów losowo

Czasy przypadające na proces komisjonowania	Heurystyczne strategie wyznaczania tras					
	Traversal		Return		Midpoint	
	min	% udział	min	% udział	min	% udział
Czas bazowy	1,5000	3,4%	1,5000	3,2%	1,5000	2,3%
Czas drogi	29,3734	66,5%	31,9209	68,3%	51,8166	77,8%
Czas przestojów	2,1200	4,8%	2,1200	4,5%	2,1200	3,2%
Czas podjęcia towaru	10,9922	24,9%	10,9922	23,5%	10,9922	16,5%
Czas czynności dodatkowych	0,2000	0,5%	0,2000	0,4%	0,2000	0,3%
Czas komisjonowania	44,1856	100,0%	46,7331	100,0%	66,6288	100,0%

Źródło: Opracowanie własne na podstawie badań w firmie

Następnie przeprowadzono symulacje na 1000 losowo wygenerowanych zamówieniach, w których elementem kluczowym był sposób rozłożenia towarów w magazynie przy wykorzystaniu różnych strategii rozmieszczania produktów na półkach. Normy techniczne operacji zostały zachowane bez zmian.

Tab. 6 Czasy przypadające na proces komisjonowania oraz ich procentowy udział przy rozmieszczeniu zgodnie ze strategią within-aisle storage

Czasy przypadające na proces komisjonowania	Strategie wyznaczania tras					
	Traversal		Return		Midpoint	
	min	% udział	min	% udział	min	% udział
Czas bazowy	1,5000	3,4%	1,5000	3,2%	1,5000	2,2%
Czas drogi	29,5747	67,3%	31,7874	68,8%	54,0223	79,0%
Czas przestojów	2,1200	4,8%	2,1200	4,6%	2,1200	3,1%
Czas podjęcia towaru	10,5804	24,1%	10,5804	22,9%	10,5804	15,5%
Czas czynności dodatkowych	0,2000	0,5%	0,2000	0,4%	0,2000	0,3%
Czas komisjonowania	43,9750	100,0%	46,1877	100,0%	68,4227	100,0%

Źródło: Opracowanie własne na podstawie badań w firmie

Tab. 7 Czasy przypadające na proces komisjonowania oraz ich procentowy udział przy rozmieszczeniu zgodnie ze strategią across-aisle storage

Czasy przypadające na proces komisjonowania	Heurystyczne strategie wyznaczania tras					
	Traversal		Return		Midpoint	
	min	% udział	min	% udział	min	% udział
Czas bazowy	1,5000	3,4%	1,5000	3,6%	1,5000	2,3%
Czas drogi	30,2644	67,8%	27,6244	65,8%	51,1105	78,1%
Czas przestojów	2,1200	4,8%	2,1200	5,1%	2,1200	3,2%
Czas podjęcia towaru	10,5233	23,6%	10,5233	25,1%	10,5233	16,1%
Czas czynności dodatkowych	0,2000	0,4%	0,2000	0,5%	0,2000	0,3%
Czas komisjonowania	44,6077	100,0%	41,9677	100,0%	65,4539	100,0%

Źródło: Opracowanie własne na podstawie badań w firmie

Tab. 8 Czasy przypadające na proces komisjonowania oraz ich procentowy udział przy rozmieszczeniu zgodnie ze strategią perimeter-aisle storage

Czasy przypadające na proces komisjonowania	heurystyczne strategie wyznaczania tras					
	Traversal		Return		Midpoint	
	min	% udział	min	% udział	min	% udział
Czas bazowy	1,5000	3,5%	1,5000	3,2%	1,5000	2,3%
Czas drogi	28,9444	66,6%	31,7832	68,6%	50,1714	77,5%
Czas przestojów	2,1200	4,9%	2,1200	4,6%	2,1200	3,3%
Czas podjęcia towaru	10,7134	24,6%	10,7134	23,1%	10,7134	16,6%
Czas czynności dodatkowych	0,2000	0,5%	0,2000	0,4%	0,2000	0,3%
Czas komisjonowania	43,4778	100,0%	46,3166	100,0%	64,7048	100,0%

Źródło: Opracowanie własne na podstawie badań w firmie.

Tab. 9 Czasy przypadające na proces komisjonowania oraz ich procentowy udział przy rozmieszczeniu zgodnie ze strategią diagonal storage

Czasy przypadające na proces komisjonowania	heurystyczne strategie wyznaczania tras					
	Traversal		Return		Midpoint	
	min	% udział	min	% udział	min	% udział
Czas bazowy	1,5000	4,6%	1,5000	4,7%	1,5000	2,7%
Czas drogi	27,9213	84,7%	26,8290	84,2%	50,9223	91,0%
Czas przestojów	2,1200	6,4%	2,1200	6,7%	2,1200	3,8%
Czas podjęcia towaru	1,2157	3,7%	1,2157	3,8%	1,2157	2,2%
Czas czynności dodatkowych	0,2000	0,6%	0,2000	0,6%	0,2000	0,4%
Czas komisjonowania	32,9570	100,0%	31,8647	100,0%	55,9580	100,0%

Źródło: Opracowanie własne na podstawie badań w firmie.

Uzyskane wyniki wskazują, że bezwzględnie najkorzystniejsze wyniki uzyskuje się przyjmując strategię rozmieszczania produktów *diagonal storage* połączoną ze strategią *return* przemieszczania do miejsc pobierania i składowania produktów. Uzyskana oszczędność czasu około 10 minut, a więc około 25 %, względem drugiego w kolejności czasu komisjonowania jest bardzo wyraźna. Uzyskany wynik nie powinien specjalnie zaskakiwać, gdyż w strategii *diagonal* decyzje o rozmieszczeniu są podejmowane na podstawie obliczeń czasów przewidywanych operacji komisjonowania. Jest to ważny argument za rozpatrywaniem komisjonowania jako elementu przepływu produktów przez magazyn a nie tylko jako niezależną operację kompletowania.

Dodatkowym spostrzeżeniem przemawiającym za tą strategią jest radykalne, prawie dziesięciokrotne, skrócenie czasu pobierania palet w porównaniu z innymi wariantami, co również wynika z przyjętej w tej strategii kolejności wypełniania miejsc na półkach.

Łącząc przytoczone spostrzeżenia można sformułować ogólny wniosek. W sytuacjach, gdy sterujemy przepływami produktów w łańcuchach transportowych, w których przewiduje się dokonywanie manipulacji typu komisjonowanie w pewnych węzłach logistycznych, np. w punktach cross – dockingowych, należy operacje transportowe ściśle wiązać z operacjami w wyróżnionych węzłach.

Bardzo ciekawym wnioskiem, który nasuwa się po analizie wyników poszczególnych składowych komisjonowania jest fakt, iż przy kompletacji składającej się z całych jednostek transportowych takich jak paleta, procentowy udział czasów przypadających na proces komisjonowania rozkłada się zupełnie inaczej niż w przypadkach gdzie podczas jednej drogi kompletacyjnej pobiera się wiele towarów [9]. Może mieć to swój przyczynek w tym, iż kompletacja nie wymaga aż tak dużych nakładów czasowych potrzebnych do przygotowania procesu kompletacji oraz jej późniejszej weryfikacji. Mniejszy udział czasów: bazowego, przestojów oraz czynności dodatkowych w pracochłonności procesu komisjonowania nie zmienia faktu, iż dalej stanowi to ok. 10 procent ogólnego czasu przeznaczonego na kompletację pojedynczego zamówienia.

PODSUMOWANIE

Z obserwacji przypadków dokonanych w praktyce wynika, że proces kompletacji należy rozpatrywać jako segment przepływów produktów, co pozwala sterować kompletacją już na etapie przygotowania wysyłek u dostawców i następnie przez odpowiednie przyjmowanie dostaw i kierowanie ich na miejsca składowania ułatwiać dokonywanie kompletacji. Dopiero dokładna analiza czynności wchodzących w skład komisjonowania pozwala na pełny obraz wydajności procesu oraz możliwości poprawy jego przebiegu.

Metody symulacyjne użyte w badanym przypadku umożliwiają sprawdzenie wielu wariantów komisjonowania i wybranie tych, które w danych warunkach są najlepsze. Metody symulacyjne pomagają w podjęciu decyzji dotyczących projektowania, zarządzania i wykonywaniu wielu czynności magazynowych oraz mają swój realny wpływ na kształtowanie czasu przepływu towarów w obrębie węzłów logistycznych.

LITERATURA

- [1] Chiang Y., Chen S., Wu K., A Robust Approach for Improving Computational Efficiency of Order-Picking Problems, Springer Verlag, Berlin - Heidelberg 2005, str.1007-1014.
- [2] De Koster R., Le-Duc T., Roodberger K., Design and control of warehouse order picking: A literature review, European Journal of Operational Research 182, 2007, str. 481-501.
- [3] Fijałkowski J., Technologia magazynowania. Wybrane zagadnienia, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1987.
- [4] Ghiani G., Introduction to Logistics Systems Planning and Control, JohnWiley & Sons, Chichester 2004.
- [5] Goetschalckx M., Ashayeri J., "Classification and design of order picking", Logistics Information Management, Vol. 2 Iss: 2, 1989, str.96-106
- [6] Kearney A.T., Measuring and improving productivity in physical distribution, National Council of Physical Distribution Management (NCPDM), Oak Brook, Illinois, 1984
- [7] Kłodawski M., Jacyna M., Wybrane aspekty problematyki komisjonowania w funkcji pracochłonności procesu, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej zeszyt 70, Warszawa 2009, str.73 - 84
- [8] Korzeń Z., Logistyczne systemy transportu bliskiego i magazynowania, ILiM, Poznań 1999.
- [9] Martin, H., Transport- und Lagerlogistik - Planung, Aufbau und Steuerung von Transport- und Lagersystemen. 4. überarbeitete und erweiterte Auflage. Vieweg Verlag: Braunschweig/Wiesbaden, Wiesbaden 2002.
- [10] Petersen C., Aase R., Heiser D., Improving order-picking performance through the implementation of class-based storage, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Volume 34, Issue: 7, 2004, str. 534-544.
- [11] Ratlif H.D., Rosenthal A.S., Order-picking in a rectangular warehouse: A solvable case of the traveling salesman problem. Operation Research 31 (3), 1983, str. 515-533.
- [12] Sysło M.M., Deo N., Kowalik J.S., Algorytmy optymalizacji dyskretnej, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1993.

THE ROLE OF ORDER PICKING PROCESS IN STEERING OF PRODUCT FLOWS

Abstract:

Order picking is a process observed in every type of logistics hub. This process is very laborious and every activity, which is included in it, should be well organized. On the basis of the observation of a warehouse, which belongs to a logistic operator, a model, which allows to analyze the way of a warehouseman picking products and their allocation in the order picking zone, has been developed. To verify what influence on order picking time has got the choice of a strategy determining the product placement on pallet racks and a strategy determining the way of moving a warehouseman through a warehouse, was the main goal of the research. To determine what is the percentage share of operations in the whole process was a sub-goal of the research.

Keywords: order picking, warehousing, heuristics methods of planning order picking routes.