

Janusz FIJAŁKOWSKI\*

## STRUKTURA SYSTEMÓW I PROCESÓW KOMISJONOWANIA W PROJEKTOWANIU MAGAZYNÓW DYSTRYBUCYJNYCH

### Streszczenie:

W referacie autor omawia procesy komisjonowania w aspekcie ich klasyfikacji i usystematyzowania ze względu na przepływ ładunków, przepływ informacji i organizację. Podaje również najważniejsze czynniki i kryteria wyboru systemu komisjonowania. Rozróżnione zostały elementarne systemy komisjonowania (jako podsystemy), które łączone w ramach powiązań organizacyjnych w układach równoległych (strefy komisjonowania) lub szeregowych (stopnie komisjonowania) w złożonych systemach. Tak połączone systemy elementarne, w określonych warunkach organizacyjnych, zdolne są do realizacji (komisjonowania) pojedynczych zleceń, zleceń częściowych, serii zleceń i części serii zleceń. Przedstawioną systematykę oraz zaproponowane kryteria zinterpretowano w przykładzie wyboru systemu komisjonowania dla przykładowego zadania logistycznego magazynu dystrybucyjnego. Wyjaśniono również genezę samego pojęcia „komisjonowanie”, które zastąpiło w latach osiemdziesiątych używane dla tych procesów w Polsce pojęcie „kompletacji”.

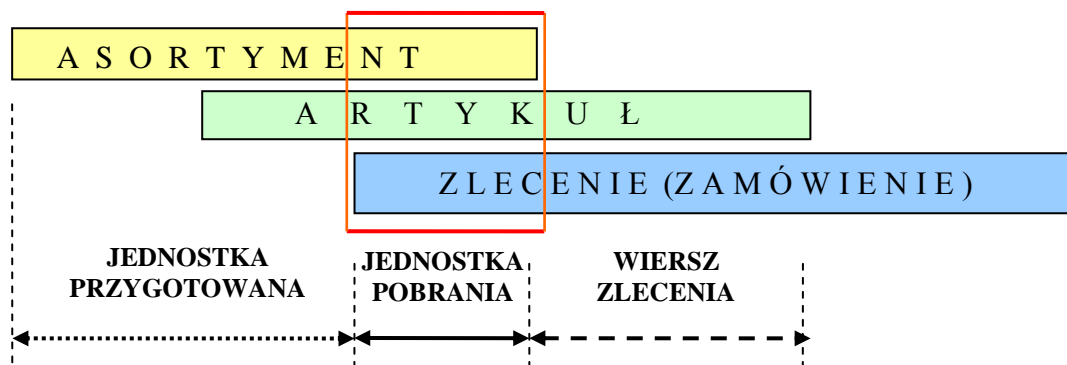
**Słowa kluczowe:** komisjonowanie, magazyn dystrybucyjny, proces magazynowy

### 1. POJĘCIE KOMISJONOWANIA<sup>1</sup>

Komisjonowanie jest to zestawianie określonych podzbiorów (artykułów) z przygotowanego wcześniej zbioru całkowitego (asortyment), zgodnie ze zleceniem na komisjonowanie, sporządzonym na podstawie zamówienia od klienta.

Komisjonowanie jest częścią ogólnej funkcji rozdziału materiałów, realizowanej w ramach dystrybucji, a niekiedy i produkcji.

Komisjonowanie związane jest z pojęciami: zlecenie (zamówienie), asortyment, artykuł. W miejscu połączenia asortymentu i artykułu występuje pojęcie „jednostka przygotowana lub oferowana”, a w miejscu połączenia zlecenia i artykułu pojawia się pojęcie „wiersz zlecenia”. Najmniejszą wspólną wielokrotnością jest „jednostka pobrania” (rys. 1).



Rys. 1. Powiązanie pojęć podstawowych dla komisjonowania  
Źródło: opracowanie własne.

\* Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej

<sup>1</sup> Pochodzi od słowa w języku niemieckim „Kommissionierung”, użyte po raz pierwszy w języku polskim w książce autora pt. Projektowanie magazynów wysokoregalowych. Arkady 1984 r.

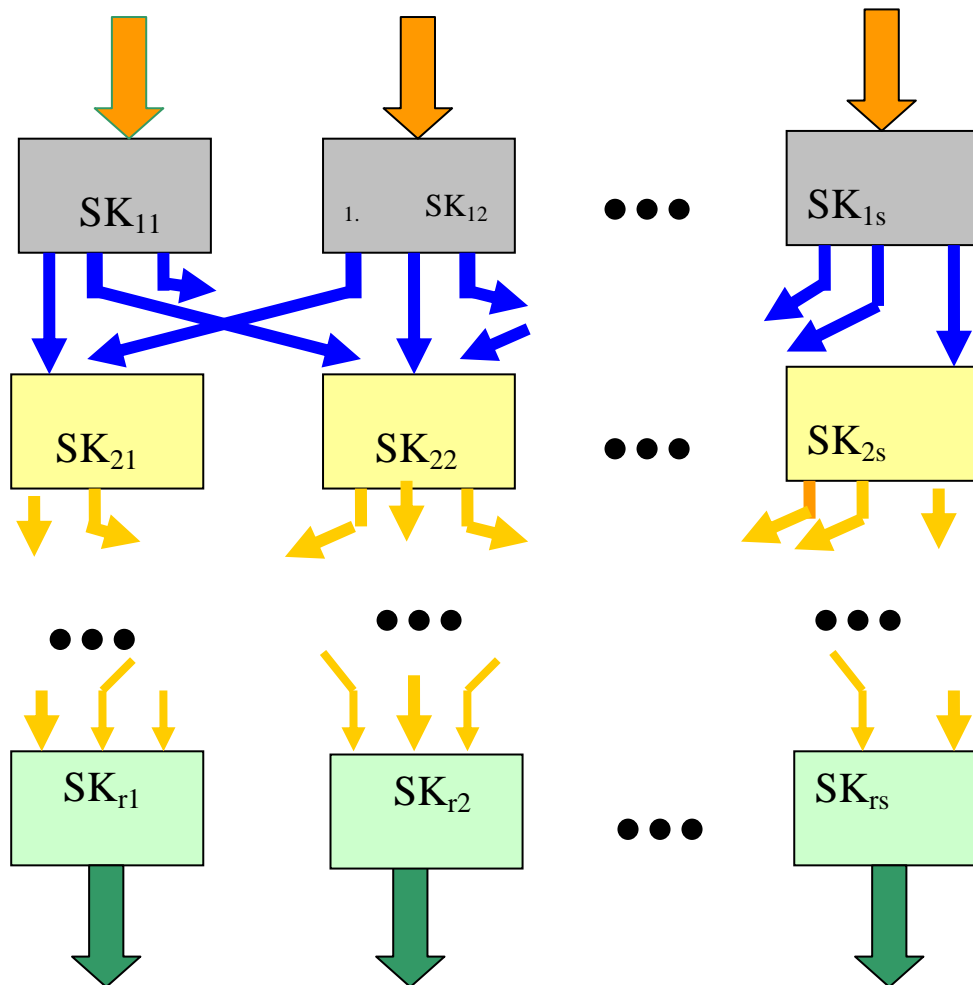
W procesach komisjonowania występują następujące funkcje podstawowe. Dla przepływu materiałów są to:

- przygotowanie grup artykułów do pobrania,
- pobieranie (wybieranie) podzbiorów z przygotowanego zbioru całkowitego,
- przemieszczanie dla realizacji wybierania i wydawania,
- wydawanie podzbiorów i potwierdzanie wykonania.

Używane jeszcze często w Polsce określenie kompletacja w znaczeniu podanego wyżej określenia komisjonowanie, wyczerpuje tylko jedną funkcję podstawową – pobieranie.

## 2. ELEMENTARNE SYSTEMY KOMISJONOWANIA

Dla opisu struktury funkcjonalnej złożonych procesów oraz zależności w systemach komisjonowania, trzeba podzielić system na podsystemy. Najmniejszy podsystem, który pod względem funkcjonalnym stanowi jeszcze kompletny system komisjonowania, nazywano systemem elementarnym. Dopiero znajomość systemów elementarnych pozwala opisać całe systemy komisjonowania, które składają się z rozmieszczonych równoległe lub szeregowo systemów elementarnych (rys. 2).



Rys. 2. Złożony szeregowo ( $i=1,2,\dots,r$ ) i równoległe ( $j=1,2,\dots,s$ ) system komisjonowania połączonych elementarnych systemów komisjonowania  $K_{ij}$

Źródło: opracowanie własne.

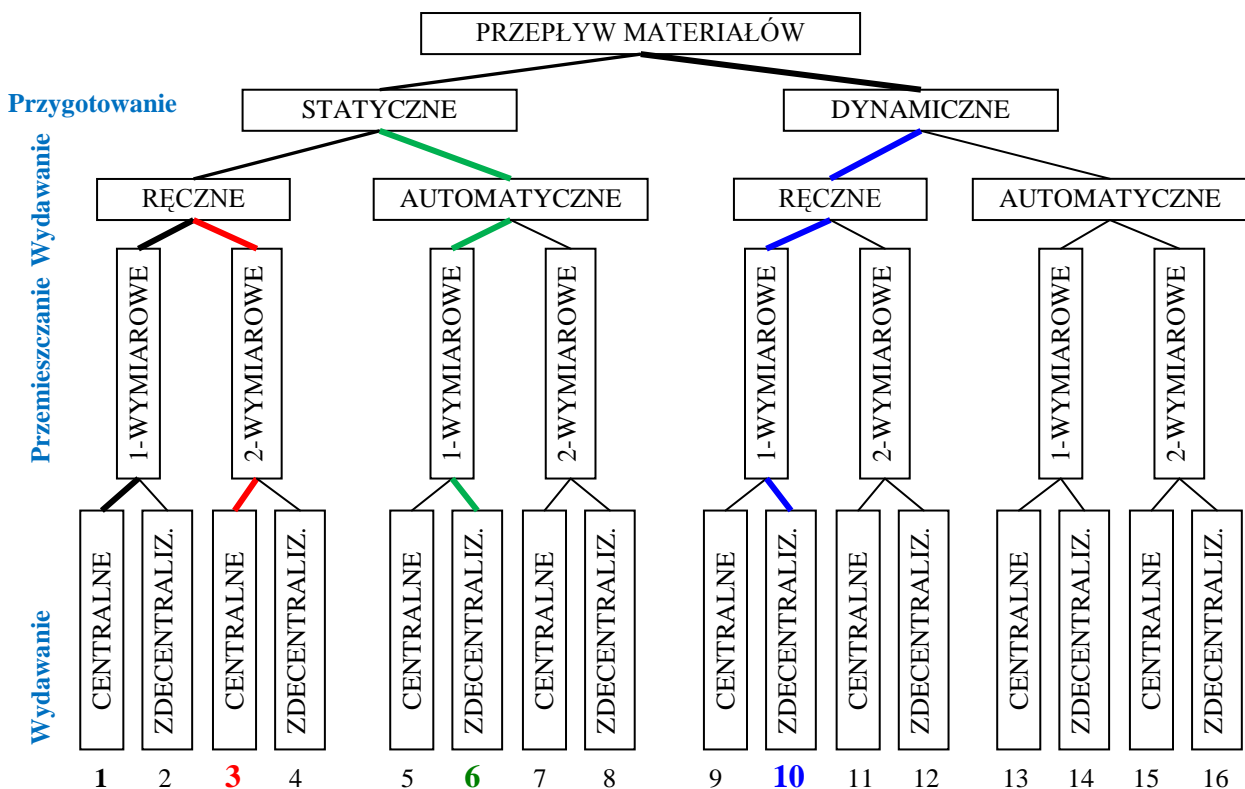
System elementarny to samodzielnie funkcjonujący system komisjonowania, dla określonej klasy asortymentu i do realizacji tylko jednego stopnia komisjonowania.

**Klasa asortymentu** (grupy artykułów) to część asortymentu, dla którego projektuje się jednakowy proces komisjonowania. Np. w magazynie części zamiennych, drobne detale i duże części, ze względu na objętość, stanowią różne klasy asortymentowe, dla których na ogół trzeba stosować różne elementarne systemy komisjonowania.

**Stopień komisjonowania** to procedura pobierania (wybierania) przy realizacji zleceń na komisjonowanie, przygotowywanych na podstawie zamówień od klientów. Np. przy dwustopniowym komisjonowaniu, w pierwszym stopniu wybiera się według artykułów, a w drugim rozdziela według wierszy i pozycji zlecenia.

Typy elementarnych systemów komisjonowania mogą być tworzone w postaci drzew strukturalnych, opisujących podstawowe funkcje przepływu materiałów i danych oraz wariantowe możliwości ich realizacji. Powstałe w ten sposób typy wynikają z formalnych kombinacji wariantów, a każdy z nich może być realizowany pod względem technicznym w różny sposób. Drzewa strukturalne dla przepływu materiałów i danych mają analogiczną budowę, ale utworzone typy są od siebie niezależne.

Na rys. 3 pokazano drzewo strukturalne 16 elementarnych typów systemów komisjonowania ze względu na przepływ materiałów, wynikające z wymienionych wcześniej czterech funkcji podstawowych i przypisanych im wariantów realizacyjnych.



Rys. 3. Drzewo strukturalne przepływu materiałów dla elementarnych systemów komisjonowania (1, 3, 6, 10) – elementarne typy systemów logistycznych ze względu na przepływ materiałów).

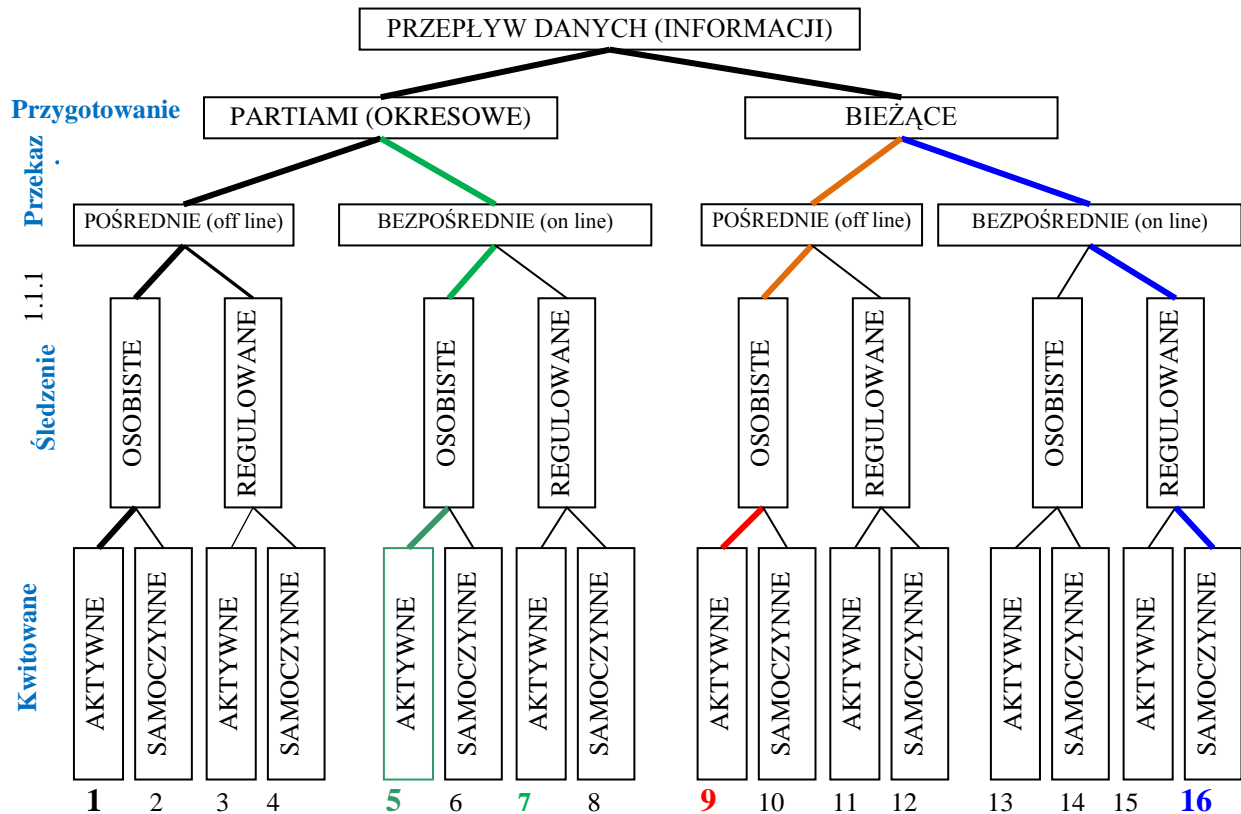
Źródło: opracowanie własne.

Funkcje podstawowe dla przepływu danych w procesach komisjonowania są następujące:

- przygotowanie, realizowane partiami (okresowo) lub bieżące (w czasie rzeczywistym),
- przekazywanie, realizowane pośrednio (off line) lub bezpośrednio (on line),
- śledzenie, realizowane osobiście (ręcznie) lub regulowane (automatycznie),

- kwitowanie (potwierdzanie), realizowane aktywnie (ręcznie) lub samoczynnie (automatycznie).

Na rys. 4 pokazano drzewo strukturalne 16 elementarnych typów systemów komisjonowania ze względu na przepływ danych, wynikające z wymienionych wcześniej czterech funkcji podstawowych i przypisanych im wariantów realizacyjnych.



Rys. 4. Drzewo strukturalne przepływu danych w procesach komisjonowania 1, 5, 9, 16 – wybrane typy elementarnych systemów komisjonowania ze względu na przepływ danych.

Źródło: opracowanie własne.

### 3. ZŁOŻONE SYSTEMY KOMISJONOWANIA

Skojarzenia systemów przepływu materiałów i przepływu danych mogą być dowolne. W rezultacie kojarzeń powstają funkcjonalne systemy elementarne komisjonowania obejmujące przepływ materiałów i przepływy danych, które mogą być łączone w złożone systemy komisjonowania za pomocą układów transportowych i informacyjnych. Możliwe dwa zasadnicze rodzaje połączeń: szeregowo i równoległe przedstawiono na rys. 2.

Połączenie szeregowo oznacza, że systemy elementarne są funkcjonalnie zależne od siebie w ten sposób, że zakończenie przebiegu w jednym systemie elementarnym jest warunkiem rozpoczęcia działania drugiego systemu. Są to tzw. wielostopniowe systemy komisjonowania. Np., dla racjonalnej realizacji zamówień pobiera się te same artykuły z różnych zleceń (zamówień) w pierwszym stopniu komisjonowania, a dopiero w drugim stopniu komisjonowania odbywa się komisjonowanie wg zleceń (zamówień).

Połączenie równoległe oznacza, że dla realizacji zleceń można stosować funkcjonalnie niezależne od siebie różne typy systemów elementarnych. Np. w dwóch różnych

przestrzeniach odbywają się oddzielone przestrzennie procesy komisjonowania, dwóch różnych artykułów. Z powyższych ustaleń wynika, że:

- elementarne systemy komisjonowania łączone w układzie równoległym tworzą strefy,
- elementarne systemy komisjonowania łączone w układzie szeregowym tworzą stopnie.

#### 4. ELEMENTY ORGANIZACYJNE W SYSTEMACH KOMISJONOWANIA

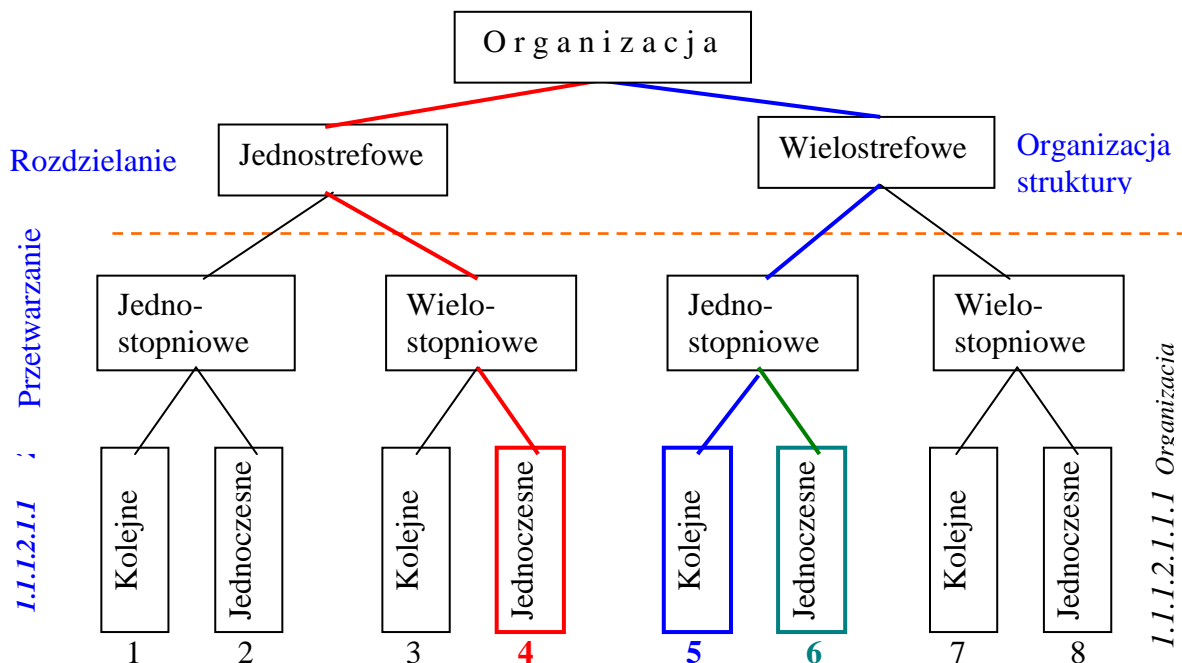
Pod pojęciem organizacji rozumie się tu powiązania struktury systemu komisjonowania i przebiegu procesu (rys. 5).



Rys. 5. Organizacja w strukturze systemu komisjonowania

Źródło: opracowanie własne.

Podstawowe funkcje organizacji: rozdzielanie, przetwarzanie i zbieranie wraz z ich wariantami realizacyjnymi przedstawiono w postaci drzewa strukturalnego rys. 6. Z drzewa tego wynika osiem możliwych typów organizacji, charakteryzujących się wzrastającym stopniem skomplikowania przebiegu procesu. W systemach elementarnych procesy przebiegają wg typów o niższym stopniu organizacji, a w złożonych systemach komisjonowania o układzie szeregowym lub równoległym typów o wyższym stopniu.



Rys. 6. Drzewo strukturalne organizacji komisjonowania.

Źródło: opracowanie własne.

R o z d z i e l a n i e jest funkcją organizacji struktury i może być realizowane w dwóch wariantach: jako j e d n o s t r e f o w e (wymagania stawiane przez wszystkie artykuły systemowi komisjonowania są identyczne, jako w i e l o s t r e f o w e (wymagania zróżnicowane, np. wymiary, masę, warunki przechowywania, jednorodność itp.).

P r z e t w a r z a n i e jest funkcją organizacji przebiegu procesu. Zakres przetwarzania zleceń określa sposób postępowania przy komisjonowaniu. Może być realizowane w dwóch wariantach:

- jako j e d n o s t o p n i o w e (wg zleceń) – poszczególne wiersze zlecenia lub serii zleceń załatwia się ostatecznie i nie jest potrzebne dalsze rozdzielanie,
- jako w i e l o s t o p n i o w e (wg artykułów) odbywa się w pierwszym stopniu wg artykułów, zgodnie z serią zlecenie lub częścią serii zleceń, a komisjonowanie odniesione do wierszy zleceń odbywa się w ostatnim, najczęściej drugim stopniu.

Z b i e r a n i e jest funkcją organizacji przebiegu procesu oraz dotyczy zestawiania wierszy i pozycji zleceń lub serii zleceń. Może być realizowane w dwóch wariantach:

- jako zbieranie k o l e j n e, w których artykuły zlecenia lub serii zleceń pobierane są w poszczególnych strefach sekwencyjnie, tak że przy końcu drogi komisjonowania zlecenie jest zrealizowane kompletnie,
- jako zbieranie j e d n o c z e s n e, w którym zlecenia częściowe lub części serii zleceń pobierane są w poszczególnych strefach jednocześnie (równolegle), a komisjonowanie artykuły trzeba na końcu zebrać.

Przykłady trzech typów organizacji (wskazanych na rys.6: typy 4, 5 i 6) są zamieszczone w [1].

## 5. KRYTERIA WYBORU SYSTEMU KOMISJONOWANIA

Z przedstawionych wyżej drzew strukturalnych: przepływu materiałów, przepływu danych i organizacji wynika, że dla przyjętej systematyki t e o r e t y c z n a liczba wariantów złożonych systemów komisjonowania może wynosić  $16 \cdot 16 \cdot 8 = 2048$ .

W praktyce liczba ta jest mocno ograniczona, a zebrane doświadczenia projektowe i realizacyjne pozwoliły na wskazanie szeregu czynników jakościowych i ilościowych wspomagających ograniczenie zbioru rozpatrywanych w procedurze projektowania systemu komisjonowania wariantów oraz na ustalenie kryteriów wyboru wariantu racjonalnego. Do czynników jakościowych zalicza się:

- możliwość szybkiego dostosowania systemu do zmian wydajności komisjonowania,
- możliwość realizacji dla różnych asortymentów (postaci artykułów),
- możliwość rozbudowy systemów o dodatkowe elementy konstrukcyjne,
- pewność działania podsystemów mechanicznych i automatycznych, która może być zwiększona przez świadome przewymiarowanie systemu,
- ergonomiczne ukształtowanie stanowisk pracy,
- kompatybilność z systemami dostawców i odbiorców,
- stopień mechanizacji i automatyzacji,
- wrażliwość asortymentów na klimat, ogień, transport itp.

Do czynników ilościowych zalicza się:

- strukturę zleceń obejmującą: liczbę zleceń na jednostkę czasu, liczbę wierszy (artykułów) na zlecenie, liczbę jednostek pobrania (pozycji) na wiersz, objętość i masa materiałów w zleceniu, powtarzalność zleceń, ciągłość napływu zleceń, czas realizacji zlecenia,
- strukturę artykułów obejmującą: masę i gabaryty (jednorodność) na jednostkę pobrania (pozycję), wielkość asortymentu (liczba artykułów), rotację zapasu,

- strukturę jednostek magazynowych obejmującą: zakresu komisjonowania (relacja jednostek jednorodnych przeznaczonych do komisjonowania do wszystkich jednostek wychodzących ze strefy składowania rys.7), stopień wypełnienia jednostki skompletowanej, liczbę jednostek pobrania na jednostkę skompletowaną, wymiary jednostek przygotowanych i skompletowanych, dostęp do jednostek przygotowanych,
- nakłady i koszty obejmujące: wielkość nakładów i ich strukturę, wielkość kosztów utrzymania i ich strukturę, wielkość kosztów pracy ludzkiej.

Kryteria wyboru systemu komisjonowania podzielono na kryteria ze względu na organizację złożonych systemów komisjonowania oraz ze względu na przepływ materiałów i danych w systemach kombinowanych z systemów elementarnych.

### 5.1. Kryteria wyboru systemu komisjonowania ze względu na organizację

Czynniki organizacyjne są często zasadniczym kryterium przy wyborze systemu, dlatego drzewo strukturalne organizacji (rys. 6) może być wykorzystane jako pierwsze narzędzie przy wyborze systemu komisjonowania. Niekiedy organizacja jest zadana z góry, wówczas należy znaleźć rozwiązanie, które najbardziej będzie odpowiadać temu zadaniu.

Decyzje dotyczące *r o z d z i e l a n i a* (jednostrefowe czy wielostrefowe) uwarunkowane są głównie właściwościami artykułów. Podział na kilka stref jest konieczny wówczas, gdy ma się do czynienia z różnymi wymiarami, masami, wymaganiami przechowalniczymi i manipulacyjnymi. Najbardziej rozpowszechniony jest podział strefowy w systemach komisjonowania, w których pobieranie odbywa się z palet lub z małych pojemników. Wielostrefowość wynika niekiedy z różnic rotacji artykułów. Tworzy się wtedy tzw. strefy szybkiej rotacji.

Decyzje dotyczące *p r z e t w a r z a n i e* (jednostopniowe lub wielostopniowe) uwarunkowane są w znacznym stopniu strukturą zlecenia. Komisjonowanie jednostopniowe zaleca się, gdy: zlecenia napływają w sposób ciągły, a terminy dostawy są krótkie, napływa dużo zleceń o małej liczbie wierszy, zlecenia są duże ze względu na liczbę jednostek pobrania (pozycji) na wiersz, ale o niewielu wierszach. Komisjonowanie dwustopniowe zaleca się, gdy: występuje ciągła powtarzalność znacznej części asortymentu w dużych ilościach, codziennie, istnieje możliwość przekształcania kilku zleceń w posortowane wg artykułów listy komisjonowania, napływa mało zleceń (zamówień) o wielu wierszach.

Decyzje dotyczące *z b i e r a n i a* (kolejne czy jednoczesne) zależą głównie od wielkości asortymentu. Zbieranie kolejne zaleca się dla małego asortymentu (mała liczba wierszy), co daje korzystną relację czasu przemieszczania do całego czasu komisjonowania. Zbieranie jednoczesne zaleca się, gdy liczba wierszy i liczba pozycji są duże, a dysponowany na komisjonowanie czas jest krótki.

### 5.2. Kryteria wyboru systemu komisjonowania ze względu na przepływ materiałów

Decyzje dotyczące *p r z y g o t o w a n i a d o p o b r a n i a* (statyczne lub dynamiczne) uwarunkowane są głównie pracochłonnością procesu. Przygotowanie statyczne zalecane jest w większości przypadków komisjonowania w układach składowania rzędowego regałowego. Przygotowanie dynamiczne opłaca się w wyjątkowych przypadkach. Np., gdy jednostkę ładunkową jednorodną przygotowuje się mniej niż 5 razy, do jej całkowitego rozładowania (opróżnienia). Jeżeli zdarza się to częściej, to korzystniejsze jest przygotowanie statyczne. Przygotowanie dynamiczne jest na ogół pracochłonne, ale stwarza możliwości mechanizacji i automatyzacji wybierania w jednym miejscu.

Decyzje dotyczące *p r z e m i e s z c z a n i a* (jednowymiarowe czy dwuwymiarowe) uwarunkowane są głównie pracochłonnością sprowadzoną procesu oraz kosztem

jednostkowym utrzymania lub wynajmu powierzchni magazynowej. Środki transportowe do komisjonowania (wózki kompletacyjne, wózki wielofunkcyjne, układnice kompletacyjne) pozwalają komisjonującemu poruszać się w poziomie i pionie przed płaszczyzną regału paletowego, półkowego lub przepływowego. Środki te charakteryzują się przyspieszeniem równym około połowy przyspieszenia człowieka i prędkością jazdy dwukrotnie większą od prędkości marszu człowieka. Wynika stąd, że czas przemieszczania pomiędzy blisko siebie położonymi punktami pobierania jest krótszy, gdy komisjonujący porusza się pieszo. W przypadkach drogach powierzchni magazynowych w magazynach wysokich opłaca się stosować przemieszczanie dwuwymiarowe. Sprawdza się to wskaźnikiem kosztów eksploatacyjnych w magazynie.

Decyzje dotyczące *p o b i e r a n i a* (ręczne czy automatyczne) zależą od unifikacji jednostek pobierania. Ze względu na niejednorodność jednostek pobierania, tylko w nielicznych przypadkach można zrezygnować z ręcznego pobierania. Dla opakowań standardowych do pobierania automatycznego stosowane są manipulatory i regały przepływowe.

Decyzje dotyczące *w y d a w a n i a* (centralne czy zdecentralizowane) uwarunkowane są nakładami i zakresem sterowania. Wydawanie centralne polega na tym, że człowiek lub maszyna komisjonujący doprowadza każdą pobraną jednostkę do tego samego punktu zbiorczego, a zdecentralizowane polega na tym, że człowiek lub maszyna przekazuje wybraną jednostkę na układ transportowy (na ogół o działaniu ciągłym), który dostarcza go do strefy zbiorczej. Wadą wydawania zdecentralizowanego są duże nakłady, a zaletą nieograniczona liczba pobrań na jeden obieg czy obchód.

### **5.3. Kryteria wyboru systemu komisjonowania ze względu na przepływ danych**

Decyzje dotyczące *p r z y g o t o w a n i a* (bieżące czy partiami) uwarunkowane są głównie czasem realizacji zlecenia. Przygotowanie bieżące (w czasie rzeczywistym) i przy kartotece magazynowej aktualizowanej na bieżąco można realizować strategię przebiegu procesu, skracającą czas realizacji zlecenia i zwiększającą dyspozycyjność systemu komisjonowania (optymalizacja dróg do miejsca pobrania, dostęp do artykułu w kilku miejscach, wyrównanie obciążenia pracą stanowisk komisjonowania, uniezależnienie się od części systemu, w którym występują zakłócenia). Przygotowanie partiami (okresowe) danych ze zleceń, zbieranych przez pewien czas (np. przez dzień) ma miejsce w przypadku stosowania urządzeń nie mających wysokich wymagań co do przepływu danych. Jest ono potrzebne do komisjonowania dwustopniowego. Wadą tego przygotowania są kłopoty z pilnymi zleceniami.

Decyzje dotyczące *p r z e k a z y w a n i a* (pośrednie czy bezpośrednie) uwarunkowane są czynnikami organizacyjnymi oraz strukturą całego systemu komisjonowania. Przekazywanie pośrednie (off line), jednokierunkowe, bez możliwości sygnalizacji zwrotnej do funkcji przygotowania, ma miejsce przy centralnie umieszczonym urządzeniem z wyprowadzaniem danych do jednego lub kilku miejsc. W przekazywaniu pośrednim przygotowywane są dane dla jednego przejścia komisjonującego lub dla określonego czasu w tzw. czasie bazowym. Przekazywanie bezpośrednie (on-line) może być konieczne, np. przy kilku stanowiskach wejścia i wyjścia danych w rozgałęzionych systemach komisjonowania, przy wysokiej dyspozycyjności systemu, dla krótkich czasów realizacji zleceń, kiedy istnieje potrzeba sygnalizacji zwrotnej. W przekazywaniu bezpośrednim nie występuje tzw. czas bazowy.

Decyzje dotyczące *ś l e d z e n i a* (osobiste lub regulowane) zależą od stopnia robotyzacji systemu i postaci artykułów. Śledzenie osobiste jest konieczne, gdy postać artykułu uniemożliwia jego automatyczne rozpoznanie, tj. identyfikację i liczenie. Śledzenie regulowane, tj. automatyczne rozpoznanie jednostki pobrania lub pojemnika jest najczęściej



uwarunkowane możliwościami mechanicznego i automatycznego manipulowania, transportu i pobierania.

Decyzje dotyczące potwierdzenia (aktywne czy samoczynne) zależą już od rozwiązań poprzednich. Potwierdzenie aktywne pobrania jednostki dokonywane jest przez ręczne „odfajkowanie” każdej pozycji i wiersza na liście pobierania. Samoczynne potwierdzanie wiąże się zazwyczaj z automatycznym pobieraniem i regulowanym śledzeniem.

## 6. PRZYKŁAD PROCEDURY POSTĘPOWANIA PRZY WYBORZE SYSTEMU KOMISJONOWANIA W PROJEKCIE DUŻEGO MAGAZYNU DYSTRYBUCYJNEGO

Magazyn dystrybucyjny o dużym asortymencie ma zaopatrywać 120 punktów sprzedaży detalicznej w jednostki wysyłkowe, które przygotowywane (komisjonowanie w postaci palet skrzyniowych na kółkach) są z całego asortymentu i wysyłane od dwóch do pięciu razy w tygodniu wg stałego planu.

Dane do projektowania (wybrane):

### **Struktura magazynu:**

- potrzebna pojemność wysokoregałowej strefy składowania wynosi 11 000 miejsc paletowych,
- jednostka paletowa jednorodna ma wymiary 1000x1200x1600 mm,
- na palecie znajduje się średnio 60 jednostek pobieranych (opakowań),
- potrzebna wydajność przeładunku na wejściu wynosi 1000 jednostek ładunkowych paletowych.

### **Struktura artykułów (asortyment):**

- liczba artykułów wynosi od 3 500 do 4 000, z tego 2 800 artykułów nadaje się do składowania w magazynie wysokoregałowym,
- średnia masa na jednostkę pobrania w magazynie paletowym wynosi 10 kg,
- asortyment zróżnicowany pod względem własności.

### **Struktura zleceń:**

- liczba zleceń na dzień z 120 sklepów wynosi 90,
- jedno zlecenie zawiera średnio 400 wierszy (artykułów),
- na jeden wiersz w magazynie paletowym przypada średnio 2,5 jednostek pobrania (pozycji),
- na jeden wiersz w magazynie części drobnych i magazynie materiałów trudnych do manipulacji przypada jedna jednostka pobrania,
- na 1. zlecenie przypada około 10 000 kg,
- w codziennych wysyłkach uwzględnia się 10% zleceń przyspieszonych.

### **W systemie komisjonowania należy uwzględnić:**

- realizację przyspieszonych zleceń w skróconym terminie,
- dużą dyspozycyjność systemu komisjonowania oraz wysoką sprawność egalizacji wysyłek,
- budowę obiektu magazynowego na ograniczonej powierzchniowo działce,
- w przypadku równych kosztów przyznać preferencje dla rozwiązania automatycznego, zamiast dużego zatrudnienia.

Z całego rozwiązania projektowego przedstawionego wyżej zadania logistycznego prezentuje się powiązanie, na konkretnych danych, drzew strukturalnych przepływu materiałów i przepływu danych oraz organizacji z czynnikami wyboru i kryteriami podejmowania decyzji.

## Procedura postępowania

W pierwszym kroku porównuje się dane z postawionym zadaniem w aspekcie organizacji i poszukuje się w dalszych kolejnych krokach rozwiązania dla każdej funkcji podstawowej. W podobny sposób postępuje się z przepływami materiałów i danych.

Rozwiązania dotyczące funkcji o r g a n i z a c j i:

- r o z d z i e l a n i e – ze względu na zróżnicowaną strukturę asortymentu utworzono trzy strefy magazynu: 1. strefa dla materiałów paletyzowanych, 2. strefa dla drobnych części, 3. strefa dla materiałów trudnych do manipulacji,
- p r z e t w a r z a n i e - w strefie 1. ze względu na dużą powtarzalność artykułów oraz liczbę pobrań (pozycji) na wiersz przewiduje się komisjonowanie dwustopniowe; w strefach 2. i 3. ze względu na małą liczbę pobrań na wiersz przewiduje się komisjonowanie jednostopniowe,
- z b i e r a n i e - w strefie 1. przewidziano zbieranie jednoczesne we wszystkich korytarzach międzyregalowych, gdyż objętość materiału jest duża, a czas komisjonowania jest krótki w stosunku do wielkości zlecenia; w strefach 2. i 3. jest sytuacja odwrotna, dlatego zbieranie odbywa się kolejno; pomimo różnych metod zbierania w strefach, całe zlecenie przygotowuje się do wysyłki w tym samym czasie.

Rozwiązania dotyczące funkcji p r z e p ł y w u m a t e r i a ł ó w:

- p r z y g o t o w a n i e – w strefie 1. przyjęto przygotowanie dynamiczne, gdyż występuje duża liczba jednostek pobrania; w strefach 2. i 3. przyjęto przygotowanie statyczne, gdyż mało jest pobrań (pozycji) na artykuł (wiersz) przy dużym asortymencie,
- p r z e m i e s z c z a n i e – w strefie 1. przewidziano przemieszczano jednowymiarowe, gdyż realizowane są zlecenia o dużej liczbie wierszy i dużej liczbie pozycji; w strefie 2. przyjęto przemieszczanie dwuwymiarowe, gdyż jest niewiele pobrań; w strefie 3. przyjęto przemieszczanie jednowymiarowe, gdyż niejednorodny i trudny do manipulacji materiał wymaga przygotowania na poziomie posadzki,
- p o b i e r a n i e (wybieranie) – dla wszystkich stref przyjmuje się pobieranie ręczne, gdyż artykuły mają różne wielkości, postacie, stateczności i opakowania,
- w y d a w a n i e - w strefie 1. przyjęto wydawanie zdecentralizowane, gdyż jest duża liczba jednostek pobrania i duża objętość przypadająca na zlecenie; w strefie 2. jest mała objętość na zlecenie, a w strefie 3 mała liczba pobrań na zlecenie – przyjęto w obu tych strefach wydawanie centralne.

Rozwiązania dotyczące p r z e p ł y w u d a n y c h:

- p r z y g o t o w a n i e – wszystkie strefy potraktowano jednakowo – przyjęto przygotowanie bieżące (w czasie rzeczywistym), gdyż: obok zleceń planowanych trzeba uwzględnić losowo nadchodzące zlecenia przyspieszone, w razie zakłóceń w pracy urządzeń musi istnieć możliwość ponownego rozdysponowania zleceń; czas realizacji zleceń, zwłaszcza przyspieszonych jest krótki,
- p r z e k a z y w a n i e – w strefie 1. przyjęto przekazywanie bezpośrednie (on line), gdyż:
  - urządzenia są rozległe z wieloma punktami węzłowymi; czasy przetwarzania danych są krótkie; potrzebna jest sygnalizacja zwrotna do funkcji przygotowania,
- ś l e d z e n i e – we wszystkich strefach przyjęto śledzenie osobiste, gdyż ze względu na właściwości artykułów nie można automatycznie zidentyfikować każdej jednostki pobrania,
- p o t w i e r d z a n i e – przyjęto dla wszystkich stref potwierdzanie aktywne, gdyż nie ma możliwości automatycznego ujmowania wartości rzeczywistych.

W wyniku dokonanych wyżej wyborów uzyskano rozwiązanie systemu komisjonowania w magazynie, które odniesieniu do drzew strukturalnych z rysunków 3, 4 i 6 można przedstawić w postaci tabelarycznej:

Strefa	Typ organizacji	Typ przepływu materiałów	Typ przepływu danych
1	6	10	13
2	5	3	9
3	5	1	9

## 7. RANGA SYSTEMÓW I PROCESÓW KOMISJONOWANIA W ELEMENTACH PUNKTOWYCH SYSTEMÓW LOGISTYCZNYCH

Coraz większy udział elementów punktowych (pojedyncze magazyny, centra logistyczne, centra konsolidacji ładunków itp.) w systemach logistycznych, a zwłaszcza w optymalizacji systemów dystrybucji, wymaga minimalizacji kosztu przejścia strumieni ładunków przez te obiekty. W koszcie przejścia, zwłaszcza przez obiekty zaopatrujące handel, jest znaczny udział kosztów komisjonowania. Na wykresie rys. 7 pokazano jak szybki jest wzrost kosztu przejścia jednostki ładunkowej paletowej przez magazyn w zależności od zakresu komisjonowania określanym współczynnikami:

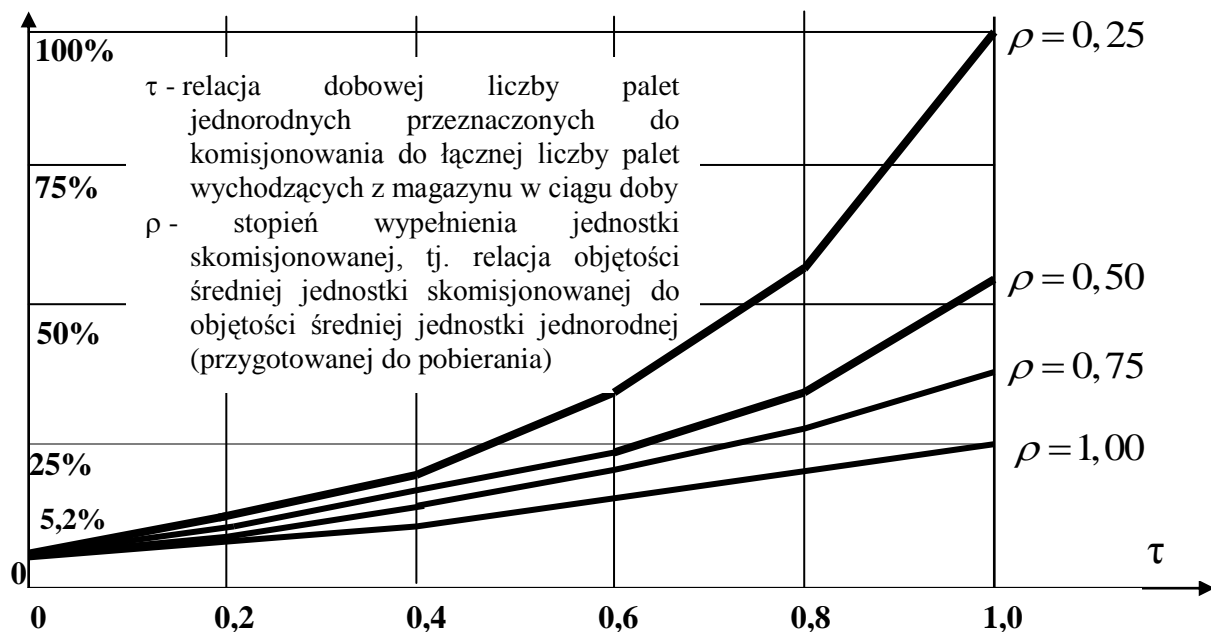
$$\tau = \frac{m_{kwy}}{m_{ppwy} + m_{kwy}} \text{ i } 0 < \rho \leq 1$$

gdzie:  $m_{ppwy} = (1 - \tau) \cdot m_{pwy}$  - liczba jednostek ładunkowych jednorodnych wychodzących z magazynu (bez komisjonowania) na dobę,

$m_{pwy}$  - liczba jednostek ładunkowych jednorodnych wychodząca ze strefy składowania na dobę,

$m_{pkwy} = \tau \cdot m_{pwy}$  - liczba jednostek ładunkowych do komisjonowania na dobę,

$m_{kwy} = \tau \cdot m_{pkwy} / \rho$  - liczba jednostek ładunkowych skomisjonowanych na dobę.



Rys. 7. Wykres zależności udziału kosztów jednostkowych wyjścia z magazynu paletowego od zakresu komisjonowania określonego wskaźnikami  $\tau$  i  $\rho$  w magazynie paletowym

Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie obliczeń do wykresu na rys. 7 wynika, że koszt wyjścia z magazynu liczony na jednostkę jednorodną, może być w skrajnym przypadku zadania logistycznego (wszystkie jednostki wychodzące są skomisjonowanej  $\tau = 1$  oraz występują drobne wysyłki przy  $\rho = 0,25$ ) dla długiego i wysokiego magazynu, niemal dwudziestokrotnie większy od kosztu wysyłek pełnopaletowych.

W najczęściej spotykanych w magazynach dystrybucyjnych przypadkach, tj. dla  $\tau = 0,75$  i dla  $\rho = 0,6$  wzrost ten dla średnich długości i wysokości magazynu jest dziewięciokrotny.

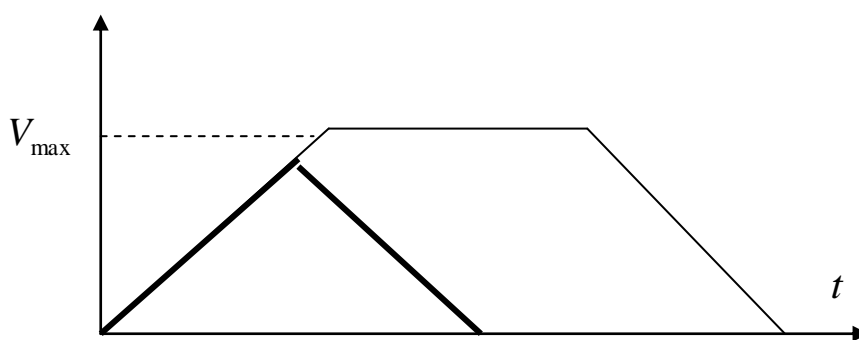
Zaznaczyć trzeba, że porównania kosztu dotyczą magazynu o stałej wielkości wychodzącej masy artykułów.

## 9. STRUKTURA I CZAS CYKLU KOMISJONOWANIA

Po ustaleniach projektowych dotyczących wyboru podsystemów elementarnych przepływu materiałów i przepływu danych oraz organizacji, które tworzą warianty złożonych systemów komisjonowania, można przystępować do kształtowania i wymiarowania cykli komisjonowania. Obliczone w tym kroku projektowym czasy cykli, rzutujące dalej na pracochłonność (wydajność) i koszty realizacji procesów komisjonowania, weryfikują warianty ze względu na kryteria ekonomiczne.

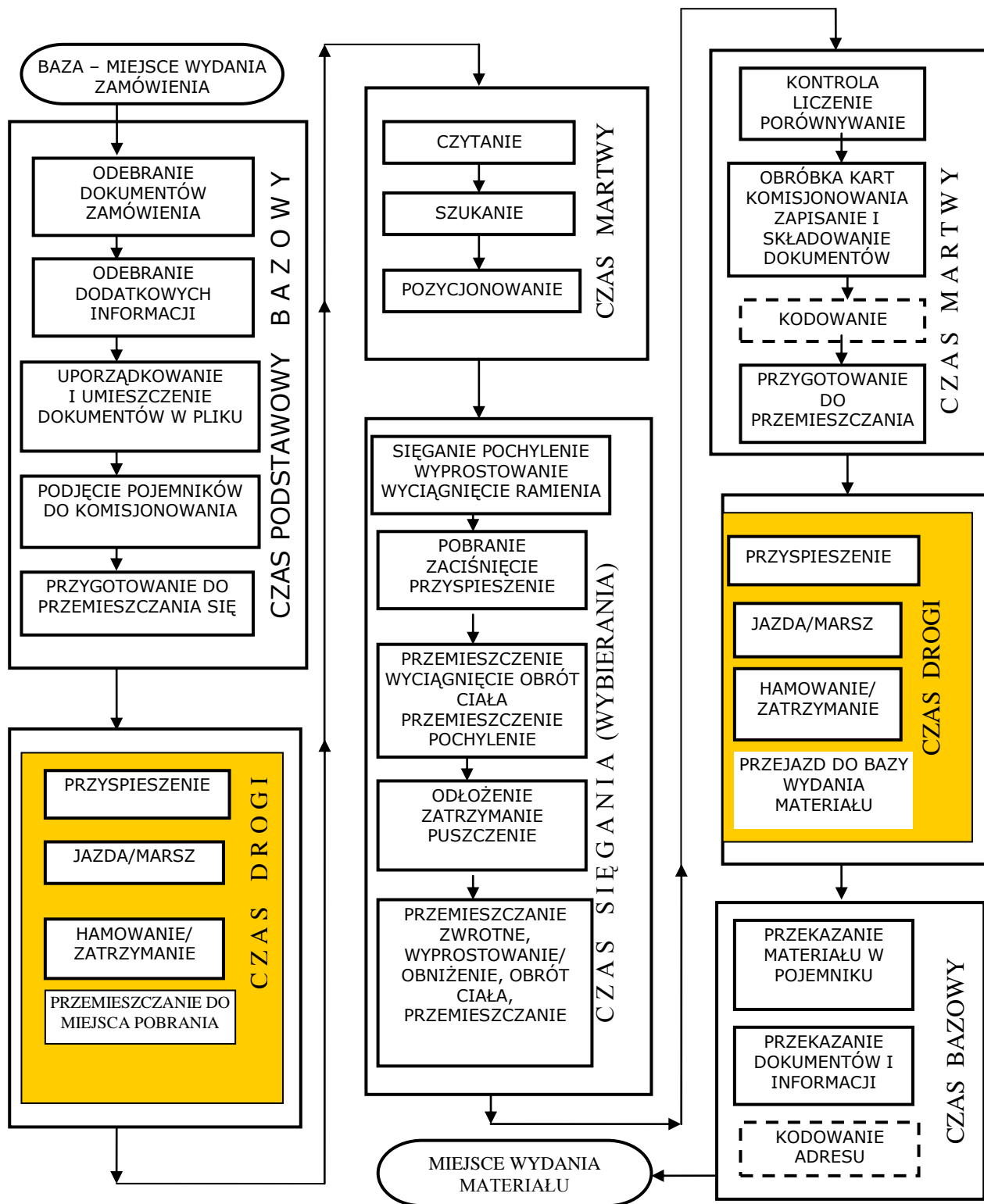
Spotykane w literaturze ograniczenie uwarunkowań czasów cykli komisjonowania od długości przebytej drogi w ramach funkcji „przemieszczanie” w podsystemie elementarnym ze względu na przepływ materiałów (tzw. kryterium drogi), nie zawsze jest wystarczające w całej strukturze cyklu komisjonowania pokazanej przykładowo na rys.9.

Wynika to z faktu, że odległości pomiędzy punktami pobierania są niewielkie i sama jazda, w której występuje długość drogi zabiera niewiele czasu, np. w jednowymiarowym przemieszczaniu urządzenia komisjonującego w korytarzu międzyregalowym o długości 35,0 m czas jazdy przy 5. punktach pobierania stanowi 7,6% czasu cyklu. Natomiast czasy przyspieszania i hamowania stanowią 10,7 % czasu cyklu komisjonowania. Wynika to z faktu, że przy małych odległościach pomiędzy punktami pobierania, urządzenia przemieszczają się w ramach czasów przyspieszeń (rys. 8).



Rys. 8. Zależność czasów jazdy przyspieszeń i opóźnień w cyklu komisjonowania

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 9. Struktura jednego cyklu komisjonowania z rozbiciem na czynności elementarne i czasy elementów zbiorczych (wersja najprostsza, bez alternatywnych decyzji)

Źródło: opracowanie własne.

## LITERATURA

- [1] Fijałkowski J.: Czynniki kosztów w wymiarowaniu procesów przepływu ładunków w systemach logistycznych. Rocznik nr 5 (2008), Wybrane Zagadnienia Logistyki Stosowanej, PAN Komitet Transportu, Oficyna Wydawnicza TEXT, Kraków 2008.
- [2] Fijałkowski J., Transport wewnętrzny w systemach logistycznych. Wybrane zagadnienia, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003.
- [3] Fijałkowski J., Technologia magazynowania. Wybrane zagadnienia, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1995.

## **STRUCTURE OF ORDER-PICKING SYSTEMS AND PROCESSES IN DESIGNING DISTRIBUTIONAL WAREHOUSES**

**Abstract:**

Author presents classification and systematics of order-picking processes according to material and information flow and organization rules. Also gives most important factors and criteria of selecting order-picking solution. The elementary order-picking systems were distinguished (as sub-systems) so they may be combined by the organizational dependences into parallel systems (order-picking areas) and serial systems (stages of order-picking) in complex systems. Combined elementary sub-systems under certain conditions are able to perform (pick) single orders, partial orders, order lots and partial order lots. Presented systematics and proposed criteria were verified on example of logistics task for warehouse. Also the “order-picking” was defined as a new term which replaced the old one, completion used in Poland in eighties.

**Key words:** order-picking, distributional warehouse, warehousing process