

**Michał Jakubiak**

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

---

**PROBLEMY ALOKACJI TOWARÓW W MAGAZYNIE**

---

**Streszczenie:** Przedmiotem referatu jest próba optymalizacji alokacji towarów w magazynie. Funkcja kryterium utworzonego zadania programowania liniowego odzwierciedla nakłady pracy potrzebnej do kompletowania zamówień w procesie komisjonowania. W tym celu funkcja kryterium uwzględnia odpowiednio wymiarowane odległości między zlokalizowanymi towarami i miejscami kompletowania oraz normy czasu dla transportu wewnętrznego. Referowany model jest opracowany na podstawie przykładu z praktyki. Do rozwiązania zadania wykorzystano program komputerowy AIMMS.

**Słowa kluczowe:** alokacja towarów, łańcuch logistyczny, modele optymalizacyjne

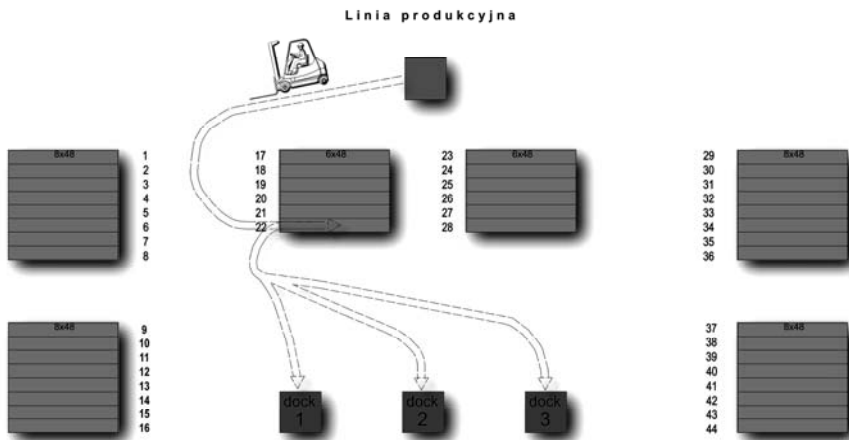
## 1. Wstęp

Przedsiębiorstwa ciągle poszukują nowych koncepcji zarządzania, aby skutecznie konkurować w dynamicznym otoczeniu. W ostatnich latach zwrócono szczególną uwagę na koncepcję logistyczną zarządzania, która opiera się na kompleksowym ujęciu przepływu dóbr i informacji. System logistyczny opisujemy jako ścieżkę, po której produkty przemieszczają się od dostawcy do końcowego użytkownika. Dokładne poznanie specyfiki strumienia towarów pomiędzy poszczególnymi elementami łańcucha logistycznego pozwala na planowanie i optymalizację poszczególnych etapów tego przepływu. W nowoczesnym systemie logistycznym każda manipulacja materiałami podlega dokładnej weryfikacji już na etapie projektowania. Bardzo ważną rolę zaczynają odgrywać nawet drobne przesunięcia dóbr na krótkie odległości, które zazwyczaj odbywają się w obrębie budynku (zakładu produkcyjnego, magazynu) oraz między obiektem i pośrednikiem transportowym [Coyle, Bardi, Langley 2002]. Możliwie najlepsze ulokowanie towaru na danej przestrzeni pozwala na pełniejsze wykorzystanie ograniczonej pojemności obiektu oraz zmniejszenie liczby manipulacji danym produktem. Problem właściwej alokacji towarów obserwujemy szczególnie w magazynach, które stają się jednym z najważniejszych elementów sieci logistycznej [Muller 2002]. Menedżerowie logistyki zarządzają magazynem w taki sposób, aby wykorzystać dostępną przestrzeń jak

najpełniej i jak najefektywniej, zapewniając jednocześnie odpowiednią dostępność i ochronę składowanych dóbr wynikającą z ich specyfiki. Powoduje to traktowanie przestrzeni przeznaczanej do składowania nie tylko jako obszaru o pewnych wymiarach, lecz przede wszystkim jako miejsca zapewniającego odpowiednie warunki potrzebne do przechowania towaru w czasie [Tompkins, Smith 1998, s. 1-5].

## 2. Opis problemu badawczego

Opisywany problem dotyczy magazynu firmy produkcyjnej wytwarzającej lodówki. Jest to magazyn, którego główne funkcje ograniczają się do przyjęcia, składowania, kompletowania oraz wysyłki towaru. Schemat magazynu przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Schemat magazynu lodówek oraz cyklu transportowego

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z firmy.

Przyjęcie lodówek odbywa się bezpośrednio z linii produkcyjnej. W jednym rzędzie może stać tylko jeden rodzaj lodówki. Rzędy z lodówkami pogrupowane są w specjalnych strefach przeznaczonych do składowania. W magazynie występują 44 rzędy, które łącznie mogą pomieścić 2112 lodówek. Firma produkuje 15 typów lodówek. Są one identycznie opakowane (w ten sam rodzaj opakowania). Jest to element w istotny sposób ułatwiający budowanie modelu optymalizacyjnego, ponieważ wszystkie produkty zajmują tyle samo miejsca w obszarze składowania. Magazyn, prócz miejsc przeznaczonych do składowania, posiada trzy miejsca do kompletowania towaru nazywane w praktyce dokami (*dock*). Mają one jednakowe wymiary: szerokość 6 m i długość 12 m. Na tej przestrzeni odkładane są lodówki przeznaczone do wysyłki i następnie z tego miejsca następuje załadunek tira podjeżdżającego pod bramę wjazdową doku. Miejsca do kompletowania towaru, linia produkcyjna oraz przestrzeń przeznaczona do składowania towaru oddzielone są

od siebie korytarzami o szerokości 6 metrów. Tabela 1 przedstawia odległości między linią produkcyjną, środkami każdego rzędu a dokami.

**Tabela 1.** Odległości (w metrach) pomiędzy dokami i linią produkcyjną a rzędami

| Numer rzędu | Odległość pomiędzy dokiem 1 i rzędami | Odległość pomiędzy dokiem 2 i rzędami | Odległość pomiędzy dokiem 3 i rzędami | Odległość od linii produkcyjnej do rzędów |
|-------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---|
| 1           | 28,50                                 | 40,50                                 | 52,50                                 | 24,00                                     |
| 2           | 27,00                                 | 39,00                                 | 51,00                                 | 25,50                                     |
| 3           | 25,50                                 | 37,50                                 | 49,50                                 | 27,00                                     |
| 4           | 24,00                                 | 36,00                                 | 48,00                                 | 28,50                                     |
| 5           | 22,50                                 | 34,50                                 | 46,50                                 | 30,00                                     |
| 6           | 21,00                                 | 33,00                                 | 45,00                                 | 31,50                                     |
| 7           | 19,50                                 | 31,50                                 | 43,50                                 | 33,00                                     |
| 8           | 18,00                                 | 30,00                                 | 42,00                                 | 34,50                                     |
| 9           | 12,00                                 | 24,00                                 | 36,00                                 | 34,50                                     |
| 10          | 13,50                                 | 25,50                                 | 37,50                                 | 36,00                                     |
| 11          | 15,00                                 | 27,00                                 | 39,00                                 | 37,50                                     |
| 12          | 16,50                                 | 28,50                                 | 40,50                                 | 39,00                                     |
| 13          | 18,00                                 | 30,00                                 | 42,00                                 | 40,50                                     |
| 14          | 19,50                                 | 31,50                                 | 43,50                                 | 42,00                                     |
| 15          | 21,00                                 | 33,00                                 | 45,00                                 | 43,50                                     |
| 16          | 22,50                                 | 34,50                                 | 46,50                                 | 45,00                                     |
| 17          | 19,50                                 | 31,50                                 | 43,50                                 | 12,00                                     |
| 18          | 18,00                                 | 30,00                                 | 42,00                                 | 13,50                                     |
| 19          | 16,50                                 | 28,50                                 | 40,50                                 | 15,00                                     |
| 20          | 15,00                                 | 27,00                                 | 39,00                                 | 16,50                                     |
| 21          | 13,50                                 | 25,50                                 | 37,50                                 | 18,00                                     |
| 22          | 12,00                                 | 24,00                                 | 36,00                                 | 19,50                                     |
| 23          | 31,50                                 | 19,50                                 | 25,50                                 | 12,00                                     |
| 24          | 30,00                                 | 18,00                                 | 24,00                                 | 13,50                                     |
| 25          | 28,50                                 | 16,50                                 | 22,50                                 | 15,00                                     |
| 26          | 27,00                                 | 15,00                                 | 21,00                                 | 16,50                                     |
| 27          | 25,50                                 | 13,50                                 | 19,50                                 | 18,00                                     |
| 28          | 24,00                                 | 12,00                                 | 18,00                                 | 19,50                                     |
| 29          | 52,50                                 | 40,50                                 | 28,50                                 | 24,00                                     |
| 30          | 51,00                                 | 39,00                                 | 27,00                                 | 25,50                                     |
| 31          | 49,50                                 | 37,50                                 | 25,50                                 | 27,00                                     |
| 32          | 48,00                                 | 36,00                                 | 24,00                                 | 28,50                                     |
| 33          | 46,50                                 | 34,50                                 | 22,50                                 | 30,00                                     |
| 34          | 45,00                                 | 33,00                                 | 21,00                                 | 31,50                                     |
| 35          | 43,50                                 | 31,50                                 | 19,50                                 | 33,00                                     |
| 36          | 42,00                                 | 30,00                                 | 18,00                                 | 34,50                                     |
| 37          | 36,00                                 | 24,00                                 | 12,00                                 | 40,50                                     |
| 38          | 37,50                                 | 25,50                                 | 13,50                                 | 42,00                                     |
| 39          | 39,00                                 | 27,00                                 | 15,00                                 | 43,50                                     |
| 40          | 40,50                                 | 28,50                                 | 16,50                                 | 45,00                                     |
| 41          | 42,00                                 | 30,00                                 | 18,00                                 | 46,50                                     |
| 42          | 43,50                                 | 31,50                                 | 19,50                                 | 48,00                                     |
| 43          | 45,00                                 | 33,00                                 | 21,00                                 | 49,50                                     |
| 44          | 46,50                                 | 34,50                                 | 22,50                                 | 51,00                                     |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z firmy.

W magazynie pod składowanie poszczególnych modeli lodówek przeznaczono różną liczbę rzędów (tab. 2).

**Tabela 2.** Liczba rzędów przeznaczonych pod składowanie poszczególnych modeli lodówek

| Model lodówki | Liczba rzędów | Model lodówki | Liczba rzędów |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1             | 11            | 9             | 1             |
| 2             | 7             | 10            | 1             |
| 3             | 5             | 11            | 1             |
| 4             | 5             | 12            | 1             |
| 5             | 4             | 13            | 1             |
| 6             | 2             | 14            | 1             |
| 7             | 2             | 15            | 1             |
| 8             | 1             |               |               |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z firmy.

Rozpatrywany magazyn ma charakter przelotowy, wobec tego liczba lodówek wysyłanych w okresie miesiąca jest praktycznie równa liczbie lodówek wpływających do magazynu z linii produkcyjnej.

### 3. Rozwiązanie zadania alokacji towarów w magazynie

Problemy alokacji towarów w magazynie sprowadzają się do prostej zasady, według której towary o najszybszej rotacji muszą być ulokowane najbliżej punktów wyjścia magazynu, tak aby minimalizować prace potrzebną do ich kompletowania [Ghiani 2004].

Celem zadania jest próba alokacji towarów w magazynie w taki sposób, aby zminimalizować czas pracy wózków widłowych pracujących przy rozłożeniu i kompletowaniu towarów w magazynie. W zadaniu przyjęto zatem kryterium uwzględniające odpowiednio wymiarowane odległości między zlokalizowanymi towarami i miejscami kompletowania oraz normy czasu dla transportu wewnętrznego.

Normy czasu transportu wewnętrznego są uśrednieniem wielu badań empirycznych prowadzonych przez kontrolerów jakości w magazynie i są podawane w ułamkach dziesiętnych minuty. Tabela 3 zawiera przykłady norm czasu dla wózka widłowego charakteryzującego się nośnością 20 kN.

Określenie czasu potrzebnego na obsługę zamówienia wymaga dokładnego sprecyzowania cyklu transportowego zachodzącego w przedsiębiorstwie. Podjęcie (odłożenie) ładunku może odbywać się albo za pomocą wózka widłowego, albo wymagać zaangażowania innego środka transportowego lub pracy człowieka. Czas podjęcia (odłożenia) ładunku oznacza się przez  $t_{01}$  ( $t_{02}$ ) i może być on „czynny” dla danego środka transportu (sam podejmuje) lub też „bierny” (jest załadowywany). Czasy  $t_{01}$  i  $t_{02}$  są to tzw. czasy stałe cyklu, potrzebne na manipulacje w punktach

**Tabela 3.** Jednostkowe normy czasu podstawowych ruchów wózka podnośnikowego akumulatorowego o udźwigu 20 kN

| Lp. | Podstawowe ruchy wózka  | Obciążenie wózka | Jednostka     | Oznaczenie operacji (symbol) | Norma czasu (min) |
|-----|---|------------------|---------------|------------------------------|-------------------|
| 1   | Przyspieszenie, pusty lub załadowany (występuje za każdym razem, kiedy wózek przyspiesza od postoju do pełnej prędkości)  | Pusty            | Cały okres    | AE                           | 0,0300            |
|     |   | Z ładunkiem      |               | AL                           | 0,0300            |
| 2   | Jazda do przodu przy pełnej prędkości (rozpoczyna się, gdy wózek osiągnie maksymalną prędkość po zakończeniu przyspieszenia, i kończy, gdy wózek zaczyna hamować)   | Pusty            | Na 1 metr     | FE                           | 0,0076            |
|     |   | Z ładunkiem      |               | FL                           | 0,0089            |
| 3   | Jazda do tyłu przy pełnej prędkości (jak w p. 2)  | Pusty            | Na 1 metr     | RE                           | 0,0076            |
|     |   | Z ładunkiem      |               | RL                           | 0,0089            |
| 4   | Zatrzymanie (obejmuje włączenie hamulców celem zatrzymania wózka od maksymalnej prędkości do zatrzymania)   | Pusty            | Cały okres    | SE                           | 0,0200            |
|     |   | Z ładunkiem      |               | SL                           | 0,0360            |
| 5   | Prosty wjazd na pierwszej wysokości (obejmuje ruch wózka z bardzo małą prędkością, począwszy od postoju, celem wprowadzenia widel w paletę lub ustawienia palety, gdy widły zostały już podniesione; czas liczony jest łącznie z zatrzymaniem; pozioma odległość, którą wózek przebywa, wynosi około 1,2 m) | Pusty            | Cały okres    | 1 NE                         | 0,0800            |
|     |   | Z ładunkiem      |               | 1 NL                         | 0,0800            |
| 6   | Prosty wjazd na drugiej wysokości   | Pusty            | Cały okres    | 2 NE                         | 0,0800            |
|     |   | Z ładunkiem      |               | 2 NL                         | 0,1100            |
| 7   | Prosty wjazd na trzeciej wysokości  | Pusty            | Cały okres    | 3 NE                         | 0,1100            |
|     |   | Z ładunkiem      |               | 3 NL                         | 0,1300            |
| 8   | Proste wycofanie na pierwszej wysokości (obejmuje cofnięcie widel z palety lub wyjęcie palety; czas liczony jest łącznie z ruszaniem i zatrzymaniem).   | Pusty            | Cała operacja | 10 E                         | 0,0600            |
|     |   | Z ładunkiem      |               | 10 L                         | 0,0650            |
| 9   | Proste wycofanie z drugiej wysokości  | Pusty            | Cała operacja | 20 E                         | 0,0600            |
|     |   | Z ładunkiem      |               | 20 L                         | 0,0700            |
| 10  | Proste wycofanie z trzeciej wysokości   | Pusty            | Cała operacja | 30 E                         | 0,0600            |
|     |   | Z ładunkiem      |               | 30 L                         | 0,0800            |
| 11  | Skręt w lewo przy ruchu do przodu (zmiana kierunku jazdy w lewo, zwykle o kąt 90 stopni przy minimalnym promieniu, w trakcie ruchu wózka do przodu)   | Pusty            | Cała operacja | TFL                          | 0,0550            |
|     |   | Z ładunkiem      |               |                              |                   |
| 12  | Skręt w prawo przy ruchu do przodu (zmiana kierunku jazdy w prawo w trakcie ruchu wózka)  | Pusty            | Cała operacja | TFR                          | 0,0550            |
|     |   | Z ładunkiem      |               |                              |                   |
| 13  | Skręt w lewo przy ruchu do tyłu   | Pusty            | Cała operacja | TRL                          | 0,0550            |
|     |   | Z ładunkiem      |               |                              |                   |
| 14  | Skręt w prawo przy ruchu do tyłu  | Pusty            | Cała operacja | TRR                          | 0,0550            |
|     |   | Z ładunkiem      |               |                              |                   |
| 15  | Skręt w lewo przy ruchu do przodu i zatrzymanie (ruch ten zwykle poprzedza wjazd lub podnoszenie)   | Pusty            | Cała operacja | TFLSE                        | 0,0600            |
|     |   | Z ładunkiem      |               | TFLSL                        | 0,0700            |
| 16  | Skręt w prawo przy ruchu do przodu i zatrzymanie  | Pusty            | Cała operacja | TFRSE                        | 0,0700            |
|     |   | Z ładunkiem      |               | TFRSL                        | 0,0750            |
| 17  | Skręt w lewo przy ruchu do tyłu i zatrzymanie   | Pusty            | Cała operacja | TRLSE                        | 0,0650            |
|     |   | Z ładunkiem      |               | TRLSL                        | 0,0750            |
| 18  | Skręt w prawo przy ruchu do tyłu i zatrzymanie  | Pusty            | Cała operacja | TRRSE                        | 0,0650            |
|     |   | Z ładunkiem      |               | TRRSL                        | 0,850             |
| 19  | Przechył masztu do tyłu   | Pusty            | Cała operacja | LB                           | 0,0250            |
|     |   | Z ładunkiem      |               |                              |                   |
| 20  | Przechył masztu do przodu   | Pusty            | Cała operacja | LF                           | 0,0250            |
|     |   | Z ładunkiem      |               |                              |                   |
| 21  | Podnoszenie widel wózka w czasie postoju  | Pusty            | Na 1 metr     | UE                           | 0,1120            |
|     |   | Z ładunkiem      |               | UL                           | 0,1320            |
| 22  | Opuszczanie widel wózka w czasie postoju  | Pusty            | Na 1 metr     | DE                           | 0,1200            |
|     |   | Z ładunkiem      |               | DL                           | 0,0720            |

Źródło: [Fijałkowski 2003, s. 68-69].

podejścia i odłożenia ładunku. Prócz czasów stałych w cyklu transportowym występują czasy związane ściśle z odległością ( $d$ ), jaką dany wózek musi przebyć z punktu podjęcia (wyjściowego) do punktu odłożenia (docelowego) [Fijałkowski 2003, s. 69-70].

Na podstawie obserwacji cyklu transportowego w danym przedsiębiorstwie, korzystając z jednostkowych norm czasu pracy wózka widłowego podanych w tab. 3, obliczono czas cyklu transportowego charakterystycznego dla badanego magazynu (tab. 4).

**Tabela 4.** Czynności i czas cyklu transportowego w magazynie lodówek

| $t_{01/01}$ – podjęcie jednostki ładunkowej z podłogi  |            |
|--|------------|
| SE   | 0,0266 min |
| LF   | 0,0315 min |
| DE 0,2 m   | 0,0302 min |
| UL 0,2 m   | 0,0323 min |
| LB   | 0,0315 min |
| 10 L   | 0,0819 min |
| TRLSL  | 0,0952 min |
| AL   | 0,0399 min |
| Suma $t_{01/01}$   | 0,3376 min |
| $t_{02/01}$ – odłożenie jednostki ładunkowej na podłogę  |            |
| SL   | 0,0478 min |
| LF   | 0,0315 min |
| DL 0,2m  | 0,0181 min |
| 10 E   | 0,0756 min |
| UE 0,2   | 0,0282 min |
| LB   | 0,0315 min |
| TRLSE  | 0,0826 min |
| AE   | 0,0399 min |
| Suma $t_{02/01}$   | 0,3552 min |
| Wykonywane czynności przy przejeździe wózka widłowego z punktu podjęcia (wyjściowego) do punktu odłożenia (docelowego) |            |
| TFL  | 0,055 min  |
| TFR  | 0,055 min  |
| FL   | 0,0113 min |
| FE   | 0,0096 min |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z firmy.

Praca wózka widłowego podczas cyklu transportowego w badanym przedsiębiorstwie jest zobrazowana na rys. 1. Polega na odebraniu lodówki z linii produkcyjnej i przetransportowaniu jej do jednego z 44 rzędów, w którym jest składowana. Następnie lodówka za pomocą wózka widłowego jest przemieszczana do jednego z trzech miejsc kompletowania towaru (*dock*). Czas pracy wózków widłowych

wych podczas kompletowania towaru zależy w sposób bezpośredni od odległości danego towaru od doku magazynowego i linii produkcyjnej.

Przyjmijmy następujące oznaczenia dla parametrów w zadaniu:

$n$  – liczba modeli lodówek rozlokowanych w magazynie,

$m$  – liczba rzędów przeznaczonych do składowania lodówek,

$R$  – liczba miejsc kompletowania,

$m_j$  – liczba rzędów przeznaczony dla  $j$ -tego modelu lodówki,

$d_k$  – odległość linii produkcyjnej od rzędu  $k$ ,

$d_{rk}$  – odległość pomiędzy miejscem kompletowania  $r$  a rzędem  $k$ ,

$p_j$  – średnia liczba cykli transportowych potrzebnych do skompletowania  $j$ -tego rodzaju lodówki.

Czas ( $t_k$ ) całego cyklu transportowego w badanym przedsiębiorstwie wynosi:

$$t_k = t_{01/01} + TFL + d_k (FL + FE) + TFR + t_{02/01} + t_{01/01} + TFL + \\ + \sum_{r=1}^R (d_{rk} / R) (FL + FE) + TFR + t_{02/01}.$$

W tabeli 5 znajdują się wielkości średniego obrotu lodówek liczone w okresie trzech miesięcy w przeliczeniu na jeden dzień działalności magazynu. Poprzez średni obrót lodówek rozumiem uśrednioną wielkość wyprodukowanego i sprzedanego towaru. Wózek widłowy podczas jednego cyklu transportowego pobiera zawsze dwie lodówki, dlatego w tab. 4 prócz średniej wielkości obrotu umieszczona jest też kolumna dotycząca średniej liczby wyjazdów środka transportowego po towar. Jest to wielkość średniego obrotu podzielona przez dwa.

**Tabela 5.** Średnia liczba lodówek przemieszczanych w magazynie w jednym dniu

| Model lodówki | Liczba lodówek | Liczba wyjazdów wózka widłowego | Model lodówki | Liczba lodówek | Liczba wyjazdów wózka widłowego |
|---------------|----------------|---------------------------------|---------------|----------------|---------------------------------|
| 1             | 120,00         | 60,00                           | 9             | 14,40          | 7,20                            |
| 2             | 86,40          | 43,20                           | 10            | 9,60           | 4,80                            |
| 3             | 72,00          | 36,00                           | 11            | 9,60           | 4,80                            |
| 4             | 43,20          | 21,60                           | 12            | 9,60           | 4,80                            |
| 5             | 38,40          | 19,20                           | 13            | 4,80           | 2,40                            |
| 6             | 33,60          | 16,80                           | 14            | 4,80           | 2,40                            |
| 7             | 14,40          | 7,20                            | 15            | 4,80           | 2,40                            |
| 8             | 14,40          | 7,20                            |               |                |                                 |

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z firmy.

Kryterium funkcji celu, której parametry  $c_{jk}$  oznaczają średnie zaangażowanie czasowe potrzebne na kompletację towaru  $j$  z miejsca składowania  $k$  w okresie  $t$ , tworzy się zgodnie ze wzorem:

$$c_{jk} = t_k \cdot p_j.$$

Funkcję celu będziemy oznaczać jako  $Z$  i ma ona postać:

$$Z = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m c_{jk} x_{jk} \rightarrow \min.$$

Zmienną naszego modelu optymalizacyjnego oznaczymy jako  $x_{jk}$ , gdzie  $j = 1, \dots, n$ ,  $k = 1, \dots, m$  i ma postać zmiennej binarnej, która przyjmuje wartość 1, gdy rząd przeznaczony do składowania  $k$  jest zajęty przez towar  $j$ , natomiast wartość zero w innym przypadku. Ograniczeniami naszego modelu są liczba rzędów przeznaczonych do składowania poszczególnych produktów:

$$\sum_{j=1}^n x_{jk} \leq 1, \text{ gdzie } j = 1, \dots, n,$$

oraz to, iż jednemu rzędowi musi być przypisany tylko jeden model lodówki:

$$\sum_{k=1}^m x_{jk} = m_j, \text{ gdzie } k = 1, \dots, m.$$

Postępując zgodnie z wzorami podanymi w powyższej części artykułu, otrzymujemy model, który rozwiązujemy za pomocą programu AIMMS lub też LP SOLVE. Rozwiązanie zadania podano w tab. 6. Każdemu rzędowi przypisany został trwale jeden model lodówki.

**Tabela 6.** Alokacja lodówek w rzędach

| Model lodówki | Numer rzędu                                | Model lodówki | Numer rzędu |
|---------------|--|---------------|-------------|
| 1             | 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28 | 9             | 41          |
| 2             | 8, 9, 10, 11, 17, 37, 38                   | 10            | 29          |
| 3             | 7, 12, 35, 36, 39                          | 11            | 1           |
| 4             | 5, 6, 12, 34, 40                           | 12            | 42          |
| 5             | 4, 14, 32, 33                              | 13            | 44          |
| 6             | 2, 15                                      | 14            | 43          |
| 7             | 30, 31                                     | 15            | 16          |
| 8             | 3  |               |             |

Źródło: opracowanie własne.

Funkcja celu osiągnęła wartość  $Z = 2003,00$  minuty.

#### 4. Podsumowanie

Nowe lokalizacje wyznaczone podczas badania pomagają efektywniej wykorzystać pracę wózków widłowych podczas kompletowania towaru w magazynie. Trzy-



dniowe badanie empiryczne przeprowadzone w firmie bezpośrednio po wdrożeniu rozwiązania dało jednak efekt niezadowolający w stosunku do zamierzonego. Średni czas jednego kompletowania towaru zmniejszył się tylko o około 16 sekund. Jest to wielkość mniejsza od zakładanej o około 3 min i wynika głównie z tego, iż rozwiązanie wdrożone w firmie jest nowe i jeszcze nie wszyscy pracownicy zdążyli je sobie przyswoić. Zastosowane rozwiązanie pomaga w lepszy sposób usystematyzować pracę w magazynie, jednak pełne efekty będą lepiej obserwowalne po paru miesiącach. Wtedy to bowiem większość pracowników lepiej zapamięta nowe lokalizacje składowanych lodówek i pełniej wykorzysta związane z nimi zalety.

## Literatura

- Bartholdi J.J., Hackman S.T., *Warehouse & Distribution Science*, Georgia Institute of Technology, Draft : 2008.
- Coyle J.J., Bardi E.J., Langley C.J. Jr, *Zarządzanie logistyczne*, PWE, Warszawa 2002.
- Fijałkowski J., *Transport wewnętrzny w systemach logistycznych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003.
- Ghani G., *Introduction to Logistics Systems Planning and Control*, John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester 2004.
- Muller M., *Essentials of inventory management*, American Management Association, Washington 2002.
- Tompkins J.A., Smith J.P., *The Warehouse Management Handbook*, Tompkins Press, Raleigh 1998.

## THE GOODS ALLOCATION PROBLEM IN A WAREHOUSE

**Summary:** The topic of the paper is the problem of optimizing the allocation of goods in a warehouse. The goal function of established linear programming model reflects the amount of work needed to compile ordered goods in the process of order picking. The goal function takes into consideration measuring the distance between located goods and positions of their compilation as well as the time norms for the internal transportation. The described model is based on the practical example. Computer programme AIMMS was used to solve the presented instance.