



Andrzej Ratkiewicz



Kinga Kosińska

## Wariantowy projekt podsystemu konfekcjonowania w magazynie dystrybucyjnym

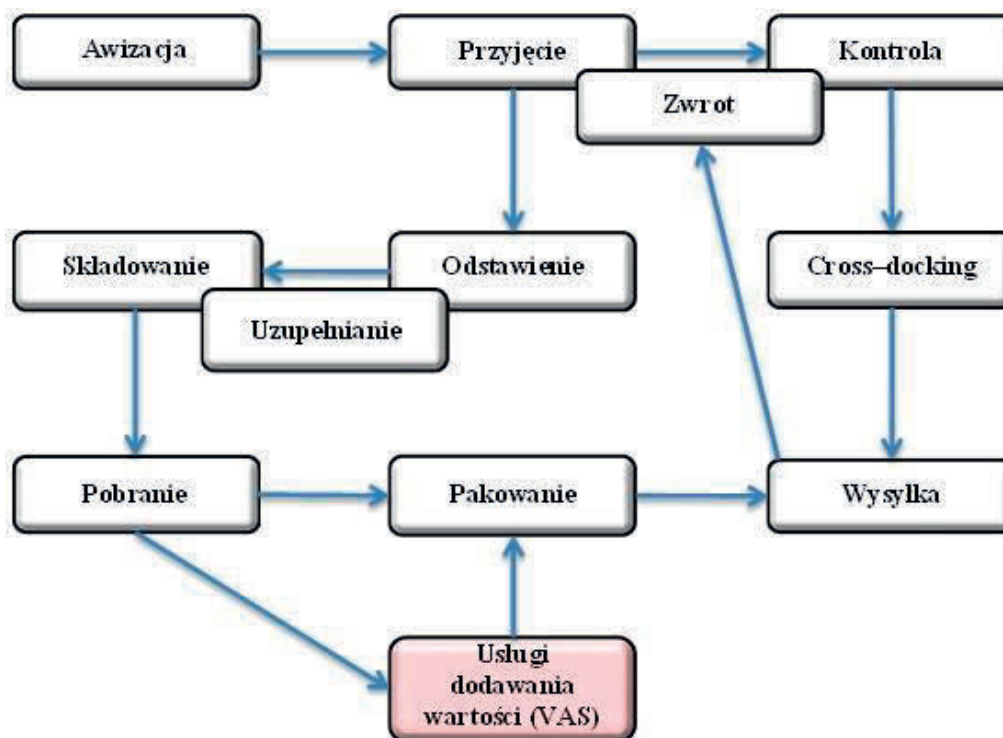
### Wprowadzenie – podstawowe pojęcia

Duże zróżnicowanie zamówień klientów prowadzi do konieczności uelastyczniania profilu działalności magazynów, w tym magazynów dystrybucyjnych. *Magazyn dystrybucyjny* jest to inaczej magazyn handlowy, czyli według [1] „zapewniający rozdział oraz ciągłość zaopatrzenia materiałowego i konsumpcji, w którym spełniane są głównie funkcje rozdziału, komisjonowania, transportu wewnętrznego i pakowania”. Magazyn, będący przedmiotem zawartych w artykule badań, spełnia ww. funkcje.

W celu zaspokojenia potrzeb klientów, poza wykonywaniem podstawowych usług wchodzących w zakres magazynowania, przedsiębiorstwa coraz częściej decydują się uzupełniać swoją ofertę o tak zwane *usługi dodawania wartości* (VAS – *Value Added Services*). Pozwalają one na bardziej kompleksową i dostosowaną do klienta obsługę magazynowanych ładunków. W skład usług dodawania wartości (inaczej nazywanych usługami dodanymi lub według [3] dodatkowymi) wchodzi między innymi konfekcjonowanie.

Konfekcjonowanie według [4] to „zamiana opakowania towaru lub wybranych cech informacyjnych opakowania bez zmiany cech użytkowych towaru (na przykład etykietowanie, pakowanie w paczki świąteczne, łączenie w zestawy promocyjne) realizowana z zastosowaniem odpowiednich środków technicznych i operacji”.

Istnieje duża różnorodność wariantów realizacji procesu konfekcjonowania. W magazynach wciąż zwykle wykonywane jest ono ręcznie, ale istnieją również magazyny, które wprowadzają mechanizację i automatyzację tych procesów. *Automatyzacja procesów* polega na wykonywaniu czynności wchodzących w zakres danego procesu tylko przez urządzenia mechaniczne. Mechanizacja natomiast, poza używaniem urządzeń (niekoniecznie mechanicznych), oznacza także czynne uczestnictwo ludzi w operacjach wykonywanych w ramach określonego procesu. Następujące po sobie procesy magazynowe z uwzględnieniem usług dodawania wartości (obszar zaznaczony na różowo) zostały przedstawione na rysunku 1.

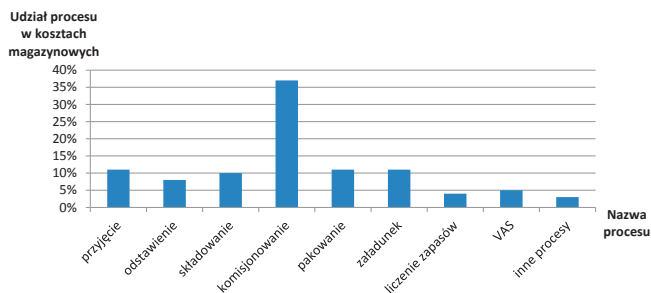


Rys. 1. Procesy magazynowe.  
Źródło: [5].

<sup>1</sup> Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej

<sup>2</sup> Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej

Usługi dodawania wartości generują zazwyczaj stosunkowo małe koszty w systemie magazynowania. Procentowy udział poszczególnych procesów magazynowych w kosztach magazynowych został przedstawiony na rysunku 2.



Rys. 2. Udział poszczególnych procesów magazynowych w kosztach magazynowych.  
Źródło: na podstawie [5].

## Zadanie logistyczne dla podsystemu konfekcjonowania

Przedsiębiorstwo obsługuje branżę księgarską i zabawkar-ską. We wspomnianych branżach nie obserwuje się zjawiska sezonowości. Zadanie logistyczne w przedsiębiorstwie dystrybucyjnym polega na przeprowadzeniu procesu konfekcjonowania (pakowania i foliowania lub pakowania i wiązania) ładunków dostarczonych z magazynu (towaru od dostawców) w pomieszczeniu do konfekcjonowania, za pomocą dostęp-

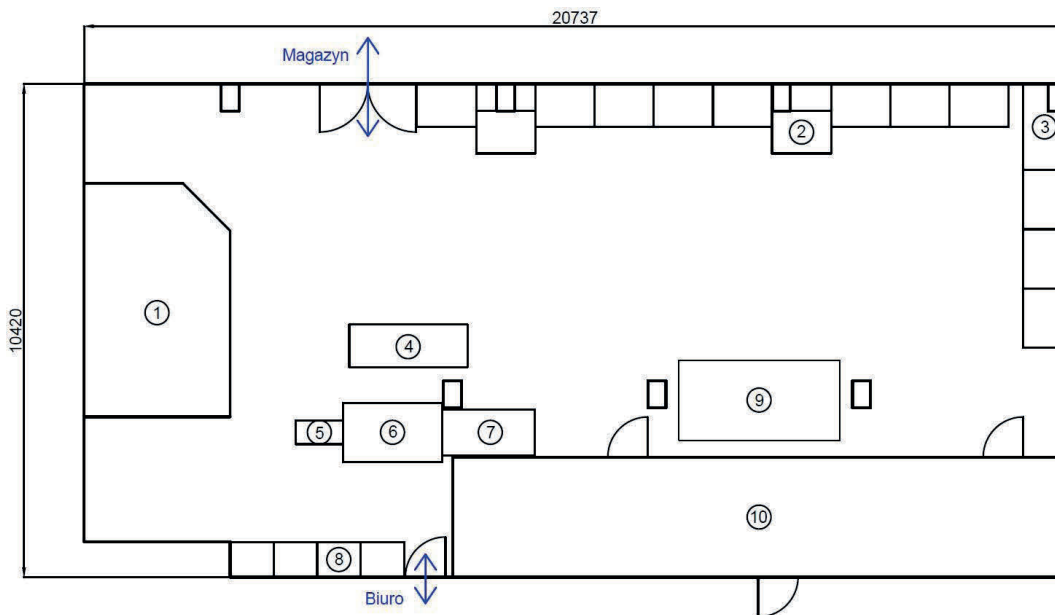
nych w tym pomieszczeniu materiałów i urządzeń oraz przetransportowaniu skonfekcjonowanych jednostek do magazynu, skąd są one wysyłane do klientów.

**Ukształtowanie przestrzenne podsystemu konfekcjonowania.** Podsystem konfekcjonowania został zorganizowany w prostokątnym pomieszczeniu, podzielonym na kilka stref funkcjonalnych. Schematyczny rozkład pomieszczenia z podziałem na strefy został przedstawiony na rysunku 3.

**Zaplecze technologiczne.** Do celów konfekcjonowania w przedsiębiorstwie przeznaczone są urządzenia służące do konfekcjonowania ręcznego i automatycznego: są to wiązarki do paczek i foliarki.

*Wiązarki ręczne*, nazywane również bandownicami, są urządzeniami służącymi do wiązania taśmą polipropylenową PP lub poliestrową twardą PET lekkich i średnio-ciężkich ładunków (na przykład kartonów z zawartością) za pomocą metalowych plomb. Pracownik po wprowadzeniu plomby do urządzenia wkłada do tego samego otworu taśmę, a następnie za pomocą prostego drażka napina ją. Po osiągnięciu pożądanego napięcia pociąga drugi (wygięty) drażek, spinając tym samym taśmę plombą. Przeciągając ten sam drażek w przeciwną stronę i ściskając uchwyt pracownik powoduje odcięcie nadmiaru taśmy. Specyfikacja stosowanych bandownic dostępna w [6].

*Wiązarki automatyczne* posiadają wbudowane mechanizmy zarządzania zgrzewaniem taśmy, a praca człowieka ograniczona zostaje do zaprogramowania trybu pracy urządzenia, położenia paczki na maszynie, obrócenia jej o 90° po automatycznym związaniu w jednym kierunku, a następnie zdjęcia gotowego, spiętego pakietu. Specyfikacja stosowanych wiązarek dostępna w [9].



Rys. 3. Pomieszczenie do konfekcjonowania.  
Źródło: opracowanie własne.

**LEGENDA do rysunku 3:**

- ① – biuro kierownika ds. konfekcjonowania
- ② – stanowiska (biurka robocze)
- ③ – skład kartonów
- ④ – stół do odkładania skompletowanych paczek
- ⑤ – przenośnik taśmowy
- ⑥ – foliarka automatyczna
- ⑦ – tunel obkurczający folię
- ⑧ – regały półkowe
- ⑨ – miejsce dla wiązarek i foliarek
- ⑩ – biuro prezesa

Foliarki automatyczne są modułowymi liniami do foliowania (o wydajności 1000 pakietów/godz). Składają się z automatycznej zgrzewarki kątownej, tunelu obkurczającego oraz przenośnika taśmowego. Paczki są transportowane przez przenośnik do foliarki, w której po wcześniejszym zaprogramowaniu między innymi wymiarów paczek następuje proces automatycznego ofoliowania paczki. Ofoliowany pakiet trafia do tunelu obkurczającego, skąd po obkurczeniu folii jest odbierany przez pracownika. Specyfikacja stosowanych foliarek dostępna w [8].

Do przemieszczania jednostek ładunkowych z magazynu do pomieszczenia konfekcjonowania używany jest ręczny wózek widłowy unoszący. Posiada on funkcję szybkiego unoszenia, dzięki czemu wystarczy 5 ruchów pompujących, by podnieść transportowaną jednostkę ładunkową na maksymalną wysokość. Specyfikacja stosowanego wózka dostępna w [7].

### Ukształtowanie i zwymiarowanie podsystemu konfekcjonowania na przykładzie wybranego procesu

Jako przykład kształtowania i wymiarowania podsystemu konfekcjonowania posłużył proces ręcznego pakowania i foliowania. W ramach ukształtowania podsystemu

konfekcjonowania zostały scharakteryzowane przebiegi poszczególnych podprocesów oraz został wyznaczony czas ręcznego konfekcjonowania. W ramach wymiarowania zostały wyznaczone natężenia przepływu ładunków, pracochłonność procesów oraz liczba ludzi koniecznych do realizacji konfekcjonowania ręcznego.

Przyjęto, że pakowanych i foliowanych ładunków (książek) jest 40%, natomiast pakowanych i wiązanych jest 60% ładunków (gier planszowych). W celu ukształtowania i zwymiarowania podsystemu konfekcjonowania posłużono się metodyką zacerpniętą z [2].

**Kształtowanie podsystemu konfekcjonowania ręcznego.** Przebieg poszczególnych procesów został zapisany symbolami i scharakteryzowany pod kątem pokonywanej odległości, liczby cykli na dobę, czasu cyklu i kategorii pracy. Karta cykli transportowych dla procesu pakowania i foliowania serii książek została przedstawiona w tabeli 1.

**Cykl 1** – transport jłpj wózkiem widłowym unoszącym z punktu zdawczo – odbiorczego w MD do stanowisk przy biurkach roboczych

Tab. 1. Karta cykli transportowych dla ręcznego procesu pakowania i foliowania serii książek.

Nr cyklu	Odległość [m]	Proces zapisany symbolami				Liczba cykli na dobę	Czas cyklu [min]	Czas razem [min]	Kat. pracy
		co	skąd	jak	dokąd				
1	19,35	jłpj			SBR <sup>2</sup>	11	0,4057	4,4623	3
2	0		①	o <sup>1</sup>	①	2 080	0,0750	156,0000	1
3	3,18		①	o <sup>2</sup>	jłpj	2 080	0,0880	184,7040	2
4	14,64		jłpj	o <sup>2</sup>		347	0,5832	202,1760	2
5	3,10		jłpj	o <sup>2</sup>	③	347	0,0702	24,3594	2
6	0		③	o <sup>2</sup>	③	347	0,1750	60,7250	2
7	3,05		③	o <sup>2</sup>	④	347	0,1512	52,4664	2
8	9,20	jłpk	④	o <sup>3</sup>	④	13	8,0000	104,0000	3
9	9,20	jłpk	④	o <sup>3</sup>	④	13	0,2667	3,4667	3
10	34,7	jłpk	④			13	0,7275	9,4570	3

Źródło: opracowanie własne.

Opis zastosowanych w tabeli 1 oznaczeń przedstawia się następująco:

- jednostka ładunkowa paletowa jednorodna

- oczekiwanie w ZO<sub>wy</sub>

- wózek widłowy unoszący

SBR<sup>2</sup> - stanowisko przy biurku roboczym, oznaczonym na Rysunku 20 cyfrą ②

- karton

o<sup>1</sup> - pracownik j=1 kategorii pracy

- książka

- jednostka ładunkowa paletowa skompletowana

- bufor wyjściowy w MD

- Cykl 2 – przygotowanie kartonu do pobrania go przez pracownika dokonującego konfekcjonowania
- Cykl 3 – pobranie kartonu przez pracownika i przemieszczenie się do pierwszej jłpj z książkami
- Cykl 4 – pobieranie książek z 6 jłpj i wkładanie ich do kartonów
- Cykl 5 – przenoszenie kartonu na stół służący do ręcznego foliowania pakietów
- Cykl 6 – ręczne ofoliowanie pakietu
- Cykl 7 – przeniesienie ofoliowanego pakietu na kompletną jednostkę ładunkową paletową
- Cykl 8 – etykietowanie kartonów z zawartością
- Cykl 9 – ręczne ofoliowanie jłpk
- Cykl 10 – transport jłpk wózkami widłowymi unoszącymi do bufora wyjściowego w MD

Przyjęto następujące założenia dla realizacji procesu konfekcjonowania ręcznego:

- wysokość jednostki ładunkowej paletowej jednorodnej wynosi 1344 mm
- umieszczanie książki w kartonie jest wykonywane jednocześnie z przemieszczaniem się w kierunku kolejnych stanowisk – przyjęto, że czas przejścia z jednego stanowiska do drugiego wydłuży się o 20% w wyniku rozproszenia uwagi
- średnia długość kroku pracownika wynosi 530 mm.

**Wymiarowanie podsystemu konfekcjonowania ręcznego.** Wymiarowanie dowolnego systemu technologicznego polega w pierwszym rzędzie na obliczeniu liczby ludzi i (lub) urządzeń potrzebnych do realizacji zachodzących w tym systemie procesów. Podstawowym parametrem niezbędnym do wymiarowania jest pracochłonność (czas realizacji) procesu. Czas realizacji procesu jest natomiast sumą czasów wykonania występujących w tym procesie czynności elementarnych. W opisywanym badaniu czasy czynności składających się na konfekcjonowanie ręczne w postaci pakowania i foliowania serii książek zostały częściowo wyznaczone empirycznie, zaś pozostała część została określona za pomocą narzędzia MTM (Methods Time Measurement) według [2]. Zawiera ono jednostkowe czasy czynności pracy ludzkiej oraz jednostkowe normy czasu dla 22 podstawowych ruchów wózka podnośnikowego widłowego akumulatorowego o udźwigu 20 kN. Z uwagi na charakter przebiegu konfekcjonowania na potrzeby artykułu zostały wykorzystane jedynie niektóre jednostkowe czasy czynności pracy ludzkiej. Wszystkie podstawowe normy czasu zawierają 15% tolerancję.

Empirycznie wyznaczony wzór na czas konfekcjonowania ręcznego dla procesu pakowania i foliowania serii książek do jednego kartonu  $t_{p+f}^{kr}$  wygląda następująco:

$$t_{p+f}^{kr} = t_{zk} + t_{spk} + t_{pu} + N \cdot t_{sc} + t_c + n \cdot (t_{sk} + t_w + t_{up}) + t_{pps} + t_{rop} + t_{c'} + t_{sch} + t_{pp} + t_{ws} + t_{c''} [min]$$

gdzie:

$t_{zk}$  – czas złożenia kartonu

$t_{spk}$  – czas sięgania po karton na odległość  $l$

dla  $l = 7,5 \div 30cm$

dla  $l > 30cm$

$t_{pu}$  – czas prostego uchwycenia

$N$  – liczba skręceń ciała (skrętów)

$t_{sc}$  – czas skręcenia ciała (skrętu)

$t_c$  – czas przejścia  $k$  kroków

$n$  – liczba stanowisk z jłpj

$t_{sk}$  – czas sięgania po książkę na odległość  $l$  z jednoczesnym schylaniem się

$t_w$  – czas wyprostowania

$t_{up}$  – czas ulokowania książki w kartonie i przejścia  $k$  kroków

$t_{pps}$  – czas położenia pakietu na stole

$t_{rop}$  – czas ręcznego ofoliowania pakietu

$t_{c'}$  – czas przejścia  $k'$  kroków

$t_{sch}$  – czas schylenia ciała

$t_{pp}$  – czas położenia pakietu na palecie

$t_{ws}$  – czas wyprostowania i skręcenia ciała

$t_{c''}$  – czas przejścia  $k''$  kroków

$t_{zk} = 0,0750min$

$$t_{spk} = 0,0024 + \frac{l \cdot 0,0006}{2,5} [min]$$

$$t_{spk} = 0,0018 + \frac{l \cdot 0,0006}{2,5} [min]$$

$$t_{pu} = 0,0012min$$

$$t_{sc} = 0,0180min$$

$$t_c = 0,0102 \cdot k [min]$$

$$t_{sk} = \frac{0,0018 + \frac{l \cdot 0,0006}{2,5} + 0,021}{2} [min]$$

$$t_w = 0,0210min$$

$$t_{up} = 1,2 \cdot (0,0102 \cdot k) [min]$$

$$t_{pps} = 0,0090min$$

$$t_{rop} = 0,1750min$$

$$t_{c'} = 0,0102 \cdot k' [min]$$

$$t_{sch} = 0,0210min$$

$$t_{pp} = 0,0330min$$

$$t_{ws} = 0,0252min$$

$$t_{c''} = 0,0102 \cdot k'' [min]$$

W podobny sposób określono czasy pozostałych procesów technologicznych, występujących w badanym obszarze przedsiębiorstwa, po czym – uwzględniając liczbę ich powtórzeń – określono pracochłonności tych procesów. Następnie obliczono liczbę potrzebnych pracowników oraz nakłady i koszty związane z realizacją każdego z wariantów podsystemu konfekcjonowania.

## Uwagi dotyczące kształtowania i wymiarowania podsystemu konfekcjonowania automatycznego

Udział ludzi w przeprowadzaniu procesów konfekcjonowania w przedmiotowym przedsiębiorstwie jest konieczny. Pracownicy są potrzebni między innymi do:

- transportu jednostek ładunkowych paletowych z magazynu do pomieszczenia do konfekcjonowania oraz z tego pomieszczenia do magazynu
- przenoszenia i uzupełniania konfekcjonowanych paczek na poszczególnych stanowiskach
- kontrolowania poprawności automatycznego foliowania i wiązania pakietów.

Z tego względu podsystem konfekcjonowania przy użyciu urządzeń w opisywanym przedsiębiorstwie dystrybucyjnym jest podsystemem zmechanizowanym, a nie zautomatyzowanym.

Podobnie jak w przypadku konfekcjonowania ręcznego, w celu ukształtowania i zwymiarowania podsystemu posłużono się metodyką zaczerpniętą z [2].

## Porównanie wariantów projektowych

W celu porównania wariantów projektowych obliczenia parametrów i mierników rozwiązań projektowych dla każdego wariantu. Wartości kryteriów oceny wariantów ujęto w tabeli 2, wyróżniając wartości korzystniejsze.

Zestawienie pokazane w tabeli 2 pozwala stwierdzić, że pod względem nakładów ponoszonych na podsystem konfekcjonowania korzystniejszy (tańszy) o prawie 97% jest

podsystem ręczny. Wynika to z faktu, iż w przypadku podsystemu ręcznego nie przeznaczają się dużej kwoty pieniędzy na urządzenia mechaniczne.

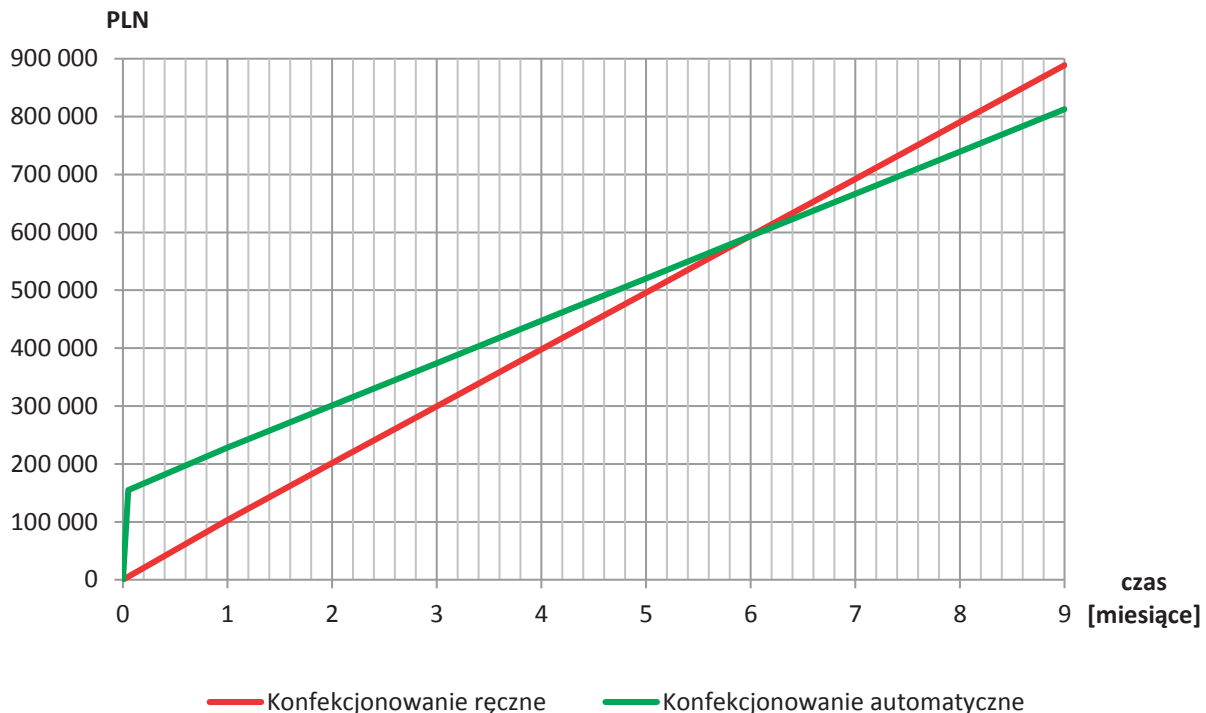
Tab. 2. Zestawienie wartości kryteriów oceny wariantów projektowych.

Symbol kryterium oceny	Kryterium oceny	Wartość kryterium w zależności od wariantu konfekcjonowania		Procentowa różnica wartości [%]
		Konfekcjonowanie ręczne	Konfekcjonowanie automatyczne	
$N_{PK}$	Łączne nakłady na PK [zł]	4 975,00	155 012,00	96,79
$K_E^R$	Całkowite roczne koszty eksploatacyjne [zł/rok]	1 178 323,85	877 012,35	25,57
$\bar{R}_L^P$	Dobowa pracochłonność sprowadzona procesu przepływu materiałów ze względu na pracę ludzi [roboczogodzin/dobę]	134,349	106,819	20,49

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku kryterium całkowitych rocznych kosztów eksploatacyjnych oraz dobowej pracochłonności sprowadzonej procesu przepływu materiałów, ze względu na pracę ludzi lepszym rozwiązaniem jest podsystem automatyczny. Zapewnia on mniejszą pracochłonność sprowadzoną oraz mniejszą liczbę pracowników, co z kolei znacznie wpływa na koszty robocizny, a tym samym na koszty eksploatacyjne. Dzięki temu zarówno całkowite roczne koszty eksploatacyjne, jak i dobową pracochłonność, zmniejszone są o ponad 20%.

W celu uzyskania informacji, po jakim czasie zwróci się inwestycja w podsystem konfekcjonowania automatycznego, wykonano symulację kosztową dla kilku pierwszych miesięcy działalności przedsiębiorstwa. Na rysunku 4 przedstawiono graficzną ilustrację przebiegu wydatków związanych z realizacją obu wariantów projektowych.



Rys. 4. Przebieg nakładów i kosztów dwóch wariantów podsystemu konfekcjonowania.  
Źródło: opracowanie własne.



## Podsumowanie

Z uwagi na już istniejący w przedsiębiorstwie podsystem, projekt miał ograniczenia w postaci lokalizacji firmy oraz wymiarów i ukształtowania przestrzeni w pomieszczeniu do konfekcjonowania.

Wariant podsystemu konfekcjonowania ręcznego okazał się być bardziej opłacalny w zakresie nakładów na podsystem, co jest spowodowane brakiem konieczności inwestowania w stosunkowo drogie urządzenia do automatyzacji procesów. Rozwiązanie z podsystemem konfekcjonowania automatycznego generuje większe początkowe wydatki nakładowe, natomiast są one rekompensowane niższymi rocznymi kosztami eksploatacyjnymi z uwagi na powodowanie mniejszej pracochłonności sprowadzonej oraz możliwość zatrudnienia mniejszej liczby pracowników.

Wykres przebiegu nakładów i kosztów (rysunek 4) ponoszonych w przypadku obu wariantów pozwala stwierdzić, że inwestycja w podsystem automatyczny zwraca się stosunkowo szybko – po 6 miesiącach działalności.

Podsumowując, w celu wykonania porównania wariantów projektowych z zakresu dwóch wariantów podsystemu konfekcjonowania, należy wykonać dokładną analizę przeprowadzanych procesów, zapisać je w sposób ilościowy i jakościowy, a następnie – dzięki analizie wartości przyjętych kryteriów oceny rozwiązań – wybrać preferowany wariant. W przypadku ustalonego w projekcie zadania logistycznego, biorąc pod uwagę wszystkie kryteria oraz uwzględniając analizę nakładów i kosztów, preferowanym wariantem jest podsystem konfekcjonowania automatycznego.

## Streszczenie

W artykule przedstawiono opracowanie projektu dwóch wariantów (ręcznego i automatycznego) podsystemu konfekcjonowania w istniejącym magazynie dystrybucyjnym. Artykuł obejmuje określenie zadania logistycznego, identycznego dla obu badanych wariantów; ukształtowanie i zwymiarowanie ww. wariantów podsystemu konfekcjonowania; porównanie tych wariantów projektowych oraz wnioski. Określono liczbowe kryteria oceny, przedstawiono zestawienie ich wartości dla obu wariantów podsystemu konfekcjonowania. Dokonano porównania wariantów, wskazano preferowany wariant realizacji podsystemu konfekcjonowania.

**Słowa kluczowe:** podsystem konfekcjonowania, magazyn dystrybucyjny, usługi dodawania wartości (VAS), procesy magazynowe.

## A variant project of the kitting subsystem in the distribution warehouse

### Abstract

This paper presents a project of two variants (manual and automatic) of kitting subsystem in the existing distribution warehouse. The paper includes the determination of the logistical task for a kitting subsystem, identical for both analyzed variants; configuration and dimensioning of these kitting subsystem variants; as well as comparison of project's variants and conclusions. The criteria for the evaluation of design solutions were defined and summarized for both variants of kitting subsystem. These variants were compared then a preferred kitting subsystem due to the selected criteria was indicated.

**Keywords:** kitting subsystem, distribution warehouse, value added services, warehouse processes.

### LITERATURA/BIBLIOGRAPHY

- [1] Fijałkowski J., *Technologia magazynowania*, OWPW, Warszawa 1995.
- [2] Fijałkowski J., *Transport wewnętrzny w systemach logistycznych*, OWPW, Warszawa 2003.
- [3] Mindur M., *Logistyka. Infrastruktura techniczna na świecie*, Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji, Warszawa-Radom 2008.
- [4] Ratkiewicz A., *Procedura suboptymalizacji stref funkcjonalno - przestrzennych*, „Logistyka”, nr 4/2012, s. 629.
- [5] Richards G., *Zarządzanie logistyką magazynową*, PWN, Warszawa 2016.
- [6] Strona internetowa: [http://izipak24.pl/Napi-nacz-H44-12-mm\(3,868,755\).aspx](http://izipak24.pl/Napi-nacz-H44-12-mm(3,868,755).aspx) (dostęp: 5.12.2016).
- [7] Strona internetowa: [http://www.jh-online.pl/Reczny-wozek-paletowy-Ameise-z-funkcja-szybkiego-unoszenia-Udzwig-2500-kg-Dl-widel-1150-mm-34442-161211/?Shop=b2c&categoryId=23433-pl#r=ads\\_sales-area\\_b2c](http://www.jh-online.pl/Reczny-wozek-paletowy-Ameise-z-funkcja-szybkiego-unoszenia-Udzwig-2500-kg-Dl-widel-1150-mm-34442-161211/?Shop=b2c&categoryId=23433-pl#r=ads_sales-area_b2c) (dostęp: 13.01.2017).
- [8] Strona internetowa: [http://pozwro.pl/doc/serie\\_fp\\_ukrupl.pdf](http://pozwro.pl/doc/serie_fp_ukrupl.pdf) (dostęp: 3.01.2017).
- [9] Strona internetowa: <http://www.novumpack.pl/automatyczna-wiazarka-ramowa-transpak-tp-702-12-mm-mercury.html> (dostęp: 5.12.2016).