

WYKORZYSTANIE MODELI OPTIMALIZACYJNYCH DO WYZNACZENIA POZIOMU ZAPASÓW W PROCESIE PRODUKCYJNYM

Streszczenie

Rosnące wymagania klientów dotyczące nie tylko jakości produktów, ale również czasu obsługi w połączeniu z presją kosztową powodują, że menedżerowie coraz częściej poszukują rozwiązań pozwalających im zoptymalizować tworzone plany produkcyjne. Logistyczne wsparcie procesu produkcyjnego przestaje się w związku z tym ograniczać wyłącznie do koordynacji poszczególnych działań i gwarantowania sprawnego przepływu, ale rozszerzone jest o elementy optymalizacji poziomu zapasów produkcji w toku. Budowa takiego systemu logistycznego staje się zadaniem niebanalnym szczególnie w przypadku, gdy oferowany asortyment jest zmienny, bądź też sprzedaż danych produktów charakteryzuje się dużą zmiennością. W artykule przedstawiono przykład przedsiębiorstwa, które przed takim wyzwaniem stało. W związku z tym w pierwszej kolejności zbadano zarówno przebieg procesu produkcji, jak i charakter występującego zapotrzebowania. W oparciu o uzyskane wyniki zaproponowano nową formę planowania i realizacji produkcji opartą na planowaniu wstępującym. Przeprowadzono następnie analizę porównawczą różnych typów planowania i podjęto próbę użycia modelu optymalizacyjnego do minimalizacji kosztów magazynowania i produkcji dla jednego z wydziałów badanego przedsiębiorstwa.

Słowa kluczowe: customizacja, planowanie produkcji, planowanie wstępujące

1. WSTĘP

Postępujący wzrost roli konsumenta w procesach wytwórczych powoduje zmianę obowiązującej w nich dotychczas zasady: „wytwórz produkt i poszukaj jego nabywcy”, na zasadę: „znajdź nabywcę i wytwarzaj według jego życzenia”[8]. Z tego względu coraz silniej rozwijają się strategie oparte na systemach „ssących”, których główną ideą jest proces odraczania. Polega on na opóźnianiu „zmian w formie lub tożsamości wyrobu do ostatniej chwili”[7]. Odraczanie może przybierać różne formy [opracowanie na podstawie 7]:

- Odroczenie dotyczyć może projektowania i produkowania wyrobu. Proces przygotowania projektu oraz uruchomienia produkcji rozpoczyna się w momencie złożenia zamówienia przez klienta. Jest to sytuacja pełnego odroczenia momentu tworzenia produktu.
- W sytuacji wykonania produktu na zamówienie na podstawie oferty katalogowej odroczeniu ulega moment uruchomienia pełnej produkcji. W tym przypadku klient składa zamówienie na produkt znajdujący się w katalogu ofert, wykonany ze standardowych elementów, podzespołów, półproduktów.
- Odroczeniu może podlegać jedynie moment ostatecznego montażu. Jest tak w przypadku produkcji polegającej na składaniu produktu na zamówienie – customizacja produktu. Wyrób gotowy wykonywany jest ze standardowych elementów, podzespołów, półproduktów, natomiast jego złożenie następuje zgodnie z indywidualnym życzeniem klienta. W tym przypadku wyroby są wytwarzane w

* Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, Katedra Logistyki

** Międzynarodowa Wyższa Szkoła Logistyki i Transportu we Wrocławiu, Zakład Logistyki

postaci przejściowej (np. elementów modułowych), a opóźnieniu ulega jedynie moment złożenia całościowego wyrobu.

Odraczanie procesu produkcji pozwala na bardziej elastyczne dostosowywanie się do występujących potrzeb na rynku i większą indywidualizację wyrobu gotowego. Wymaga jednak wydłużonego oczekiwania na przygotowanie produktu. Presja konkurencji i rosnące wymagania klientów kładą zaś nacisk na dostarczanie towarów szybko i na czas. Jednocześnie przedsiębiorstwo dąży do maksymalizacji wypracowywanego przez siebie zysku. Indywidualizacja produktu może przyczynić się do wzrostu zapotrzebowania na niego, a więc wpływa pozytywnie na realizowane obroty. Jednak wytwarzanie w systemie *Just in Time* dotyczy produkcji jednostkowej, która wiąże się z wysokimi kosztami wytwarzania. Z tego też względu przedsiębiorstwa poszukują rozwiązań optymalnego pozwalającego im spełnić zarówno cele rzeczowe, jak i ekonomiczne stawiane przed zarządzającymi produkcją [6].

Jeżeli przedsiębiorstwo wytwarza produkty na podstawie oferty katalogowej, wykonywane ze standardowych elementów, zasadne jest rozważenie odroczenia jedynie momentu ostatecznego montażu wyrobu gotowego. Dzięki temu możliwe jest skrócenie czasu realizacji zamówień klientów, przy jednoczesnym zachowaniu customizacji produktu. Równocześnie wytwarzanie podzespołów i niezbędnych elementów w systemie „na magazyn” pozwala oszacować wielkość wytwarzanej partii produkcyjnej, umożliwiającej osiągnięcie optymalnego poziomu łącznych kosztów produkcji i magazynowania. Aby to jednak było możliwe konieczne jest przygotowanie efektywnego systemu planowania, który będzie zintegrowany ze sprawnie działającym systemem prognozowania przyszłego zapotrzebowania na półprodukty niezbędne do montażu. Przy jego tworzeniu wykorzystać można zasady obowiązujące w modelu SO&P, którego uproszczoną procedurę przedstawić można jako pięć kroków.



Rys. 1. Proces planowania sprzedaży i operacji

Źródło: Opracowanie na podstawie Grimson J. Andrew, Pyke David F., Sales and operations planning: an exploratory study and framework, The International Journal of Logistics Management, Vol. 18 No. 3, 2007, pp. 322-346

Proces przygotowania do produkcji powinien rozpocząć się od ustalenia przewidywanego zapotrzebowania na poszczególne elementy, podzespoły. Prognoza ta przekładana jest na plany produkcyjne, które zgodnie z metodologią SO&P mogą być przygotowywane jako [1]:

- planowanie zstępujące - stosuje się, gdy zapotrzebowanie jest podobne w przypadku różnych oferowanych produktów lub usług oraz gdy kombinacja oferowanych

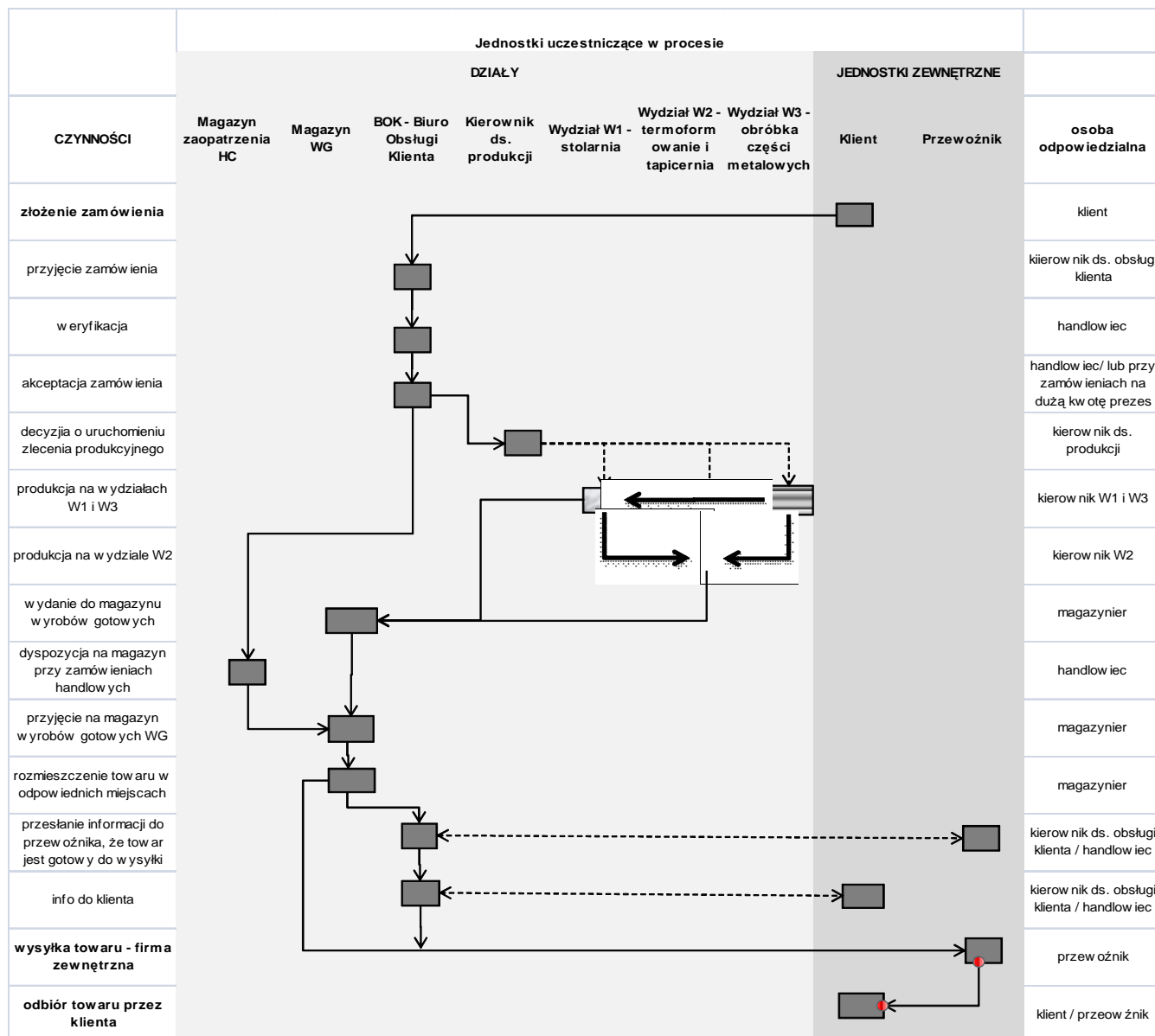
produktów lub usług jest taka sama w różnych okresach; polega na tworzeniu jednej zagregowanej prognozy zapotrzebowania;

- planowanie wstępujące - stosuje się, gdy zapotrzebowanie jest różne w przypadku różnych oferowanych produktów lub usług oraz gdy kombinacja oferowanych produktów lub usług jest różna w różnych okresach, polega na tworzeniu prognozy dla każdego produktu lub też grupy produktów osobno, a następnie sumowaniu uzyskanych wielkości w celu uzyskania ogólnego obrazu przyszłych potrzeb.

Tworzone plany mogą mieć charakter dostosowawczy, wyrównany i mieszany [2]. O przyjęciu jednego z nich decydują zarówno czynniki finansowe, jak i możliwości danego przedsiębiorstwa. Realizacja planu produkcji potrzebnych półproduktów realizowana jest przed złożeniem zamówienia przez klienta.

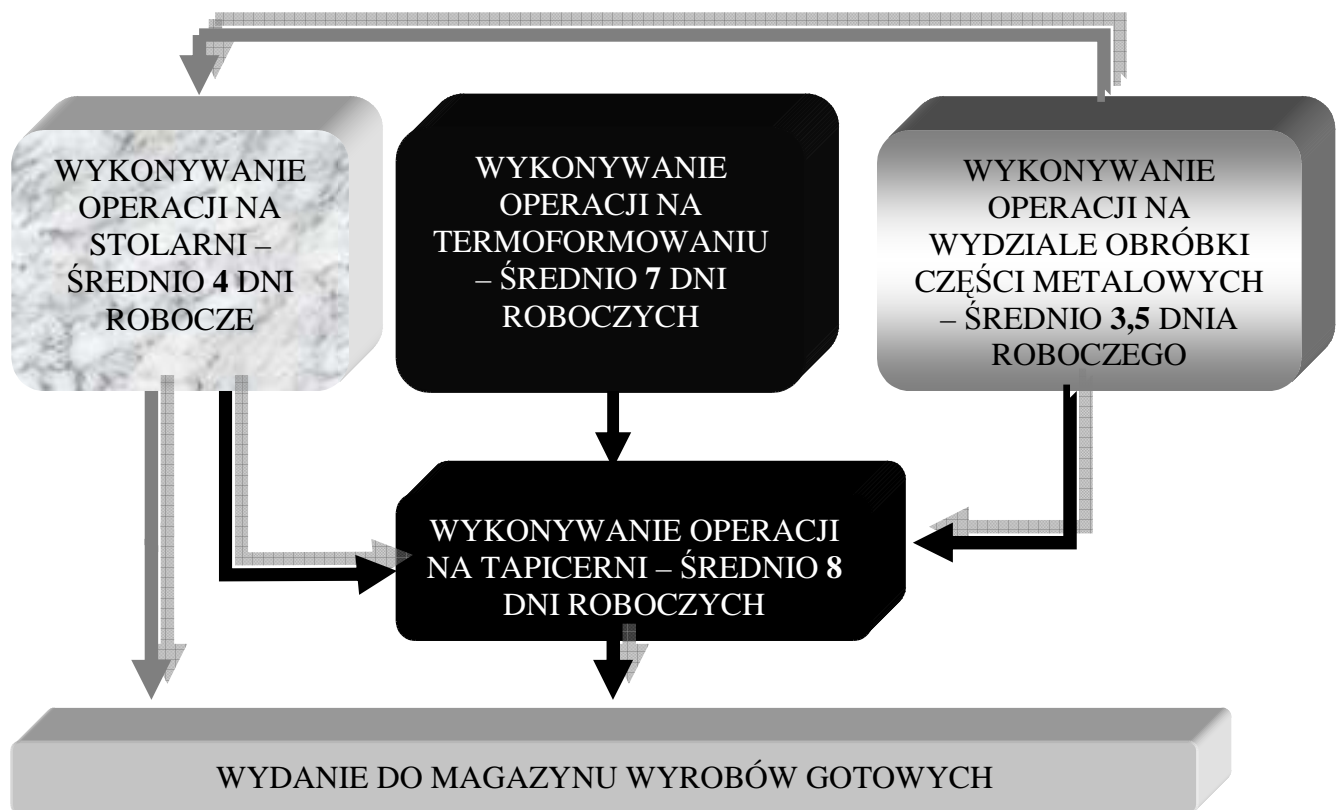
2. IDENTYFIKACJA PROBLEMÓW WYSTĘPUJĄCYCH W B ADANYM PRZEDSIĘBIORSTWIE

Obiektem prowadzonych badań i analiz jest przedsiębiorstwo produkujące meble dla salonów fryzjerskich i kosmetycznych. Jak w większości przedsiębiorstw z tego sektora, produkcja realizowana jest przede wszystkim w systemie *pull*, a więc na zamówienie klienta. Tylko nieliczne wyroby (np. tanie standardowe fotele) wytwarzane są na magazyn. W przedsiębiorstwie dominuje więc tzw. orientacja popytowa. Oznacza to, że w większości przypadków uruchomienie zlecenia produkcyjnego następuje dopiero po przyjęciu i zaakceptowaniu zamówienia klienta. Kolejność działań w procesie obsługi zamówienia klienta przedstawia rysunek 2.



Rys. 2. Proces produkcji pod zlecenie klienta
 Źródło: Opracowanie własne

Fakt, że produkcja realizowana jest w systemie *pull* nie oznacza, że wyroby te wytwarzane są na podstawie projektu opracowanego wspólnie z klientem (liczba takich zamówień jest bardzo ograniczona). Zazwyczaj klient zamawia produkty na podstawie obowiązującej oferty katalogowej. Zgodnie z założeniami przyjętej polityki obsługi klienta, termin realizacji zamówienia wynosi dwa tygodnie (10 dni roboczych). Czas ten został ustalony na podstawie standardów narzuconych przez konkurencję, ale z uwzględnieniem zdolności produkcyjnej wszystkich wydziałów. Zaakceptowane zamówienie klienta przetwarzane jest do postaci zlecenia produkcyjnego, które powoduje uruchomienie produkcji na poszczególnych wydziałach – stolarni, obróbki części metalowych oraz termoformowania i tapicerowania. Ponieważ każdy wydział wytwarza poszczególne elementy składające się na wyrób gotowy, część prac może być realizowana w systemie równoległym. Średnie czasy operacji na każdym z wydziałów zostały zaprezentowane na rysunku 3.



Rys. 3. Proces produkcyjny z czasami wytwarzania na poszczególnym wydziale

Źródło: Opracowanie własne

Jak widać operacje wykonywane na stolarni, termoformowaniu i obróbki części metalowych realizowane są w sposób równoległy. Mimo to, czas upływający od momentu przyjęcia zamówienia do chwili wydania wyrobu gotowego do magazynu wynosi średnio 15 dni. Oznacza to, że czas dostawy deklarowany w obsłudze klienta jest zazwyczaj przekroczony o około 1 tydzień (5 dni roboczych). Powoduje to istotne obniżenie współczynnika terminowości dostaw, co wpływa bardzo negatywnie na jakość świadczonych usług. Zaistniała sytuacja powoduje niezadowolenie obecnych klientów i niekorzystną opinię o firmie na rynku.

Konieczne więc okazało się przeprowadzenie analizy procesu realizacji zamówienia klienta. W pierwszej kolejności zweryfikowano, czy faktycznie zdolności produkcyjne na poszczególnych wydziałach pozwalają na terminowe wykonanie standardowego zamówienia klienta. Okazało się, że byłoby to możliwe, gdyby operacje na wszystkich wydziałach były realizowane w sposób równoległy. W rzeczywistości jednak, takie działania są możliwe tylko w przypadku stolarni, termoformowania oraz obróbki części metalowych. To powoduje, że czas produkcji danego wyrobu uwzględniać musi nie tylko różne momenty rozpoczęcia operacji produkcyjnych na różnych wydziałach, ale również okresy oczekiwania na zakończenie operacji poprzedzających. Wydłużenie terminu realizacji zamówienia klienta nawet o 1 tydzień nie było brane w ogóle pod uwagę przez zarządzających. Takie działanie osłabiłoby w sposób istotny konkurencyjność oferty przedsiębiorstwa. Z tego względu zaczęto rozpatrywać inne warianty działania.

3. PROPOZYCJE ZMIAN

Podstawowym celem, jaki postawiono w projekcie, było podniesienie terminowości realizacji zamówień klientów przy zachowaniu założonego czasu obsługi zamówienia. W centrum uwagi autorek znalazły się więc czasy realizacji poszczególnych faz produkcyjnych. Najdłuższy czas operacji zarejestrowano w wydziale termoformowania (7 dni roboczych) i tapicerni (8 dni roboczych). Z tego względu działania te uznane zostały za ścieżkę krytyczną procesu. Operacje w tapicerni nie mogły być rozpoczęte przed zakończeniem działań na pozostałych trzech wydziałach, z których dostarczane były półprodukty wykorzystywane do dalszej obróbki. Obszarem potencjalnych zmian stał się w związku z tym wydział termoformowania.

Ponieważ klienci składają zamówienia zgodnie z obowiązującą ofertą katalogową, zbadano zasadność realizacji całej produkcji w systemie *pull*. Okazało się, że prawie wszystkie półproduktów wytwarzane na wydziale termoformowania mają charakter standardowy. Zaproponowano więc, aby w celu skrócenia terminu realizacji zamówienia klienta, produkcja tych elementów realizowana była w systemie „na magazyn”.

Realizacja proponowanego rozwiązania wymagała jednak stworzenia systemu prognozowania zapotrzebowania na półprodukty wytwarzane na wydziale termoformowania. W pierwszym kroku przeprowadzono analizę historycznych danych produkcyjnych pod kątem możliwości tworzenia prognoz zapotrzebowanie na badane półprodukty. Analiza zmienności zapotrzebowania wyznaczona dla danych z wydziału termoformowania, pozwoliła na określenie zmienności szeregów danych przedstawiających zapotrzebowanie na badane elementy. Okazało się, że możliwe jest wyznaczenie prognozy, obciążonej niewielkim (w stosunku do zmienności zapotrzebowania) błędem. Wahania wyników uzyskanej prognozy zapotrzebowania w stosunku do faktycznego wykorzystania w roku 2008 dla wszystkich półproduktów wytwarzanych na tym wydziale wyniosły ok. +/-20%. Bardzo istotny przy ustalaniu planów produkcyjnych był jednak fakt, że łączna prognoza dla całego roku odbiegała od rzeczywistych wielkości zapotrzebowania zaledwie o +/-5%. Dzięki temu możliwe było określenie ilości potrzebnych półproduktów, co z kolei pozwalało na przygotowanie niezbędnych zapasów z odpowiednim wyprzedzeniem.

Zmiana systemu produkcji z *pull* na *push* umożliwiła podjęcie próby optymalizacji planu produkcji według przyjętych kryteriów. W ramach realizowanego projektu wygenerowano cztery rodzaje planów produkcyjnych [1]:

1. Dostosowawczy plan produkcji – wielkość produkcji jest zmienna, dostosowana jest do prognozy sprzedaży;
2. Wyrównany plan produkcji – gdy wielkość produkcji jest niezmienna;
3. Wyrównany plan produkcji – gdy wielkość obciążenia na danym stanowisku jest niezmienna;
4. Plan mieszany – nie są zakładane żadne dodatkowe ograniczenia.

Plany te następnie porównano pod kątem wybranych kryteriów celem wyboru najlepszego rozwiązania. Ze względu na różnorodne zapotrzebowanie ilościowe i rodzajowe na poszczególne elementy niemożliwe było zastosowanie planowania zstępującego. Zaproponowano więc wdrożenie podejścia wstępującego zgodnie z modelem SO&P.

4. ANALIZA WYBRANYCH PLANÓW PRODUKCYJNYCH

Na wydziale termoformowania produkowanych jest 15 półproduktów. Jednak na potrzeby artykułu (uproszczenie sposobu prezentacji) do analizy przyjęto trzy półprodukty:

1. półprodukt PP 01,

2. półprodukt PP 02,
3. półprodukt PP 03.

Do wyznaczenia planu produkcji niezbędne było ustalenie przewidywanego popytu na poszczególne elementy. Dla wybranych półproduktów wyznaczono więc prognozę zapotrzebowania na okres jednego roku w ujęciu miesięcznym. W tabeli 1 zaprezentowane są wyniki wyznaczonej prognozy dla trzech analizowanych półproduktów. Jest to prognoza wyznaczona na 2008 rok z uwzględnieniem danych historycznych z lat 2005 – 2007.

Tabela 1. Prognoza zapotrzebowania dla trzech analizowanych półproduktów

Miesiące 2008 roku	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Prognoza sprzedaży PP 01 [szt.]	30	26	30	23	23	20	32	21	20	31	22	20
Prognoza sprzedaży PP 02 [szt.]	32	32	30	28	27	17	15	18	10	11	7	2
Prognoza sprzedaży PP 03 [szt.]	11	15	13	10	9	5	6	11	7	11	14	16

Źródło: Opracowanie własne

Ustalając plan produkcji w systemie *push* menedżerowie kierują się zazwyczaj minimalizacją kosztów produkcji i magazynowania. Mając na uwadze oba te kryteria przygotowane zostało zadanie programowania całkowitoliczbowego, pozwalające na wyznaczenie planów produkcji dla wydziału termoformowania równocześnie dla kilku wytwarzanych tam półproduktów. Celem było zminimalizowanie kosztów nie tylko dla jednego wytwarzanego półproduktu, ale także innych wyrobów produkowanych równolegle na tym wydziale. W zadaniu tym przyjęta została zmienna w postaci wielkości produkcji. Minimalizowane były natomiast koszty całkowite, na które składały się: koszty magazynowania, koszty produkcji, koszty uruchomienia produkcji (przebrojenia maszyny) i koszty pracy.

Przyjęto następujące założenia:

- stan zapasów na koniec okresu nie może mieć wielkości ujemnej,
- suma produkcji powinna pokrywać się z wielkością wyznaczonej prognozy,
- 1 pracownik pracuje 7,5 h dziennie.

Jednocześnie dla badanych półproduktów oszacowano konieczne parametry wejściowe przedstawione w tabeli 2.

Tabela 2. Dane dotyczące procesu produkcyjnego trzech analizowanych półproduktów

	t^n - czas pracy [min/szt.]	k^n - jednostkowy koszt produkcji [zł/szt.]	Koszt przebrojenia maszyny [zł/przebrojenie]	Koszt pracy pracownika [zł/h]
$n = 1$ półprodukt PP 01	70	46,31	37,50	8,00
$n = 2$ półprodukt PP 02	10	4,18	37,50	8,00
$n = 3$ półprodukt PP 03	10	49,92	37,50	8,00

Źródło: Opracowanie własne

Ustalono, że:

p_t^n - prognoza sprzedaży dla półproduktu n w okresie t [szt.], $n \in \{1,2,3\}$, $t \in \{0,\dots,12\}$

y_t^n - wielkość produkcji półproduktu n w okresie t [szt.], $n \in \{1,2,3\}$, $t \in \{0,\dots,12\}$

Dla każdego planu produkcji wyliczane są koszty całkowite (Kc):

$$Kc = Km + Kprod + Kup + Kpracy \quad (1)$$

Poszczególne symbole oznaczają:

Km – koszty magazynowania [zł]

$$Km = \sum_{n=1}^3 \sum_{t=0}^{12} (0,0125 \cdot k^n \cdot mk_t^n), \text{ gdzie:} \quad (2)$$

0,0125 – koszt magazynowania 1 sztuki półproduktu w przeliczeniu na miesiące [%]

k^n - jednostkowy koszt produkcji półproduktu n [zł/szt.]

mk_t^n - ilość zapasu półproduktu n na koniec okresu t [szt.]:

$$mk_t^n = mp_t^n + y_t^n - p_t^n, \quad (3)$$

gdzie:

mp_t^n - ilość zapasu półproduktu n na początku okresu t [szt.] wyliczona

ze wzoru:

$$mp_t^n = mk_{t-1}^n \quad (4)$$

y_t^n, p_t^n - j.w.

$Kprod$ – koszt produkcji [zł]

$$Kprod = \sum_{n=1}^3 \sum_{t=0}^{12} (k^n \cdot y_t^n), \text{ gdzie:} \quad (5)$$

k^n, y_t^n - j.w.

Kup – koszt uruchomienia produkcji [zł]

$$Kup = \sum_{n=1}^3 (up^n \cdot 37,50), \text{ gdzie:} \quad (6)$$

37,50 – koszt przebrojenia maszyny [zł/uruchomienie]

up^n - ilość uruchomień produkcji dla półproduktu n

$Kpracy$ - koszt pracy [zł]

$$Kpracy = \sum_{n=1}^3 \sum_{t=0}^{12} \left(y_t^n \cdot \frac{t^n}{60} \cdot 8 \right), \text{ gdzie:} \quad (7)$$

$\frac{t^n}{60}$ - czas pracy nad półproduktem n w przeliczeniu na godziny [h/szt.]

8 – koszt pracy pracownika [zł/h]

y_t^n - j.w.

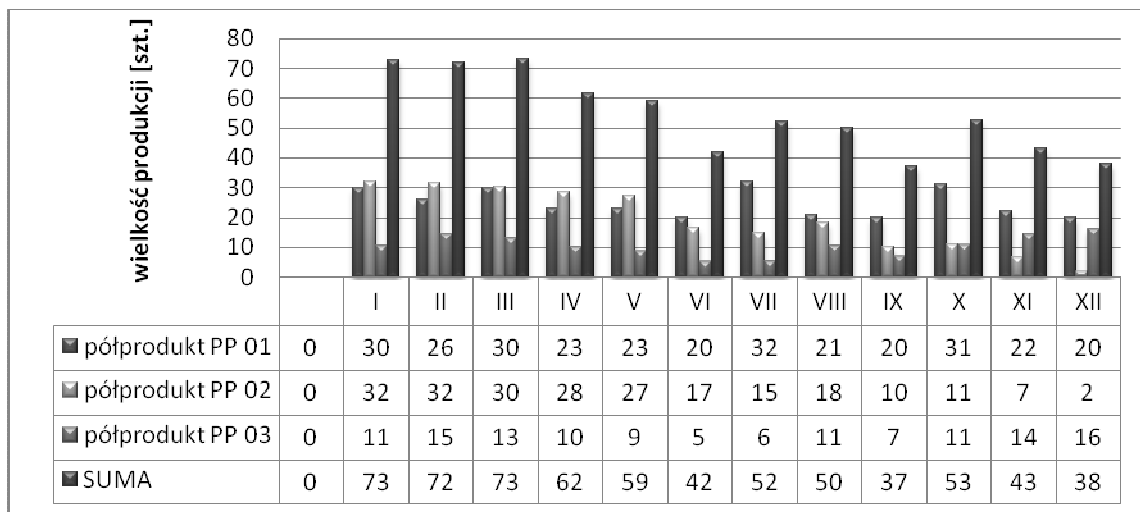
Dla tak zdefiniowanego problemu wyznaczono i porównano cztery plany produkcyjne dla wydziału termoformowania.

4.1 Plan dostosowawczy

Jako pierwszy zaprezentowany jest plan dostosowawczy. Przyjęte jest założenie, że produkcja jest taka sama jak wielkość wyznaczonej prognozy zapotrzebowania:

$$y_t^n = p_t^n \quad (8)$$

Tak określone zadanie nie wymaga sformułowania zadania optymalnego. Plan dostosowawczy produkcji trzech prezentowanych półproduktów przedstawiony jest na rysunku 4.



Rys. 4. Plan produkcji dla półproduktów PP 01, PP 02 i PP 03

Źródło: Opracowanie własne

Dla wyznaczonego planu dostosowawczego łączne koszty produkcji na wydziale termoformowania wyniosły 25 703,62 zł.

4.2 Plan wyrównany produkcji

W drugim wariantcie analizowany jest plan wyrównanej produkcji. Przyjmujemy założenie, że produkcja jest realizowana w zrównoważony sposób. Oznacza to wahania +/- 10% od średniej produkcji przewidzianej na dany okres wg prognozy zapotrzebowania. W związku z tym wielkość produkcji wahać się będzie w przedziale [45; 55].

Dla tak przyjętych założeń konstruujemy zadanie:

y_t^n - zmienna decyzyjna

Funkcja celu: $Kc \rightarrow \min$ (9)

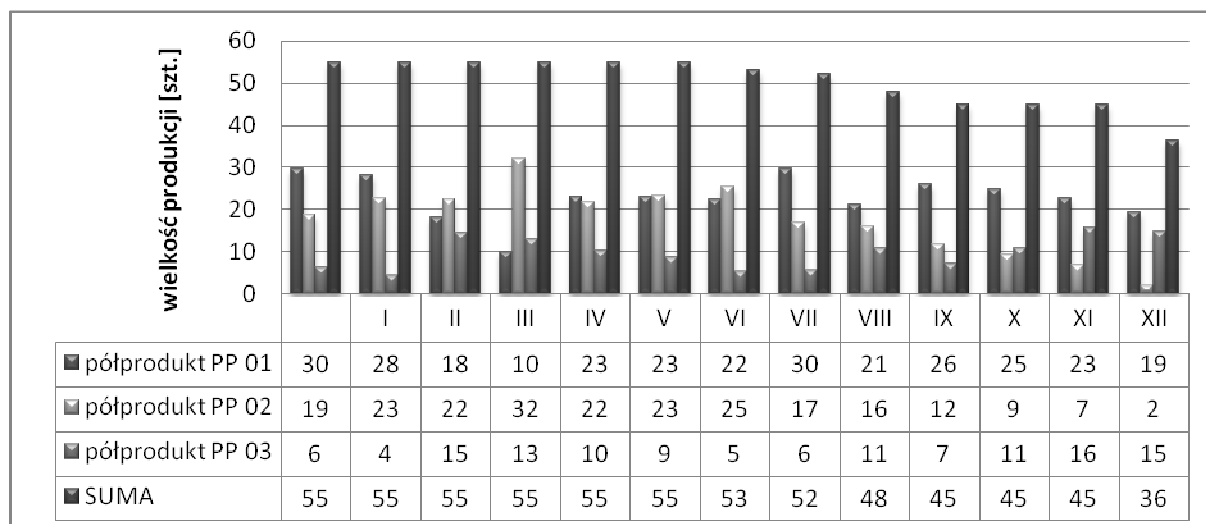
Ograniczenia:

$$\sum_{t=1}^{12} p_t^1 = \sum_{t=0}^{12} y_t^1; \quad \sum_{t=1}^{12} p_t^2 = \sum_{t=0}^{12} y_t^2; \quad \sum_{t=1}^{12} p_t^3 = \sum_{t=0}^{12} y_t^3; \quad (10)$$

$$45 \leq \sum_{n=1}^3 y_0^n \leq 55; \quad 45 \leq \sum_{n=1}^3 y_1^n \leq 55; \quad \dots; \quad 45 \leq \sum_{n=1}^3 y_{12}^n \leq 55 \quad (11)$$

$$y_t^n \geq 0, \quad mk_t^n \geq 0 \quad (12)$$

Rozwiązując powyższe zadanie otrzymujemy strukturę produkcji zaprezentowaną na rysunku 5.



Rys. 5 Plan wyrównany produkcji dla półproduktów PP 01, PP 02 i PP 03

Źródło: Opracowanie własne

Całkowite koszty produkcji i magazynowania w 2008 roku wyniosły 25 872,82 zł.

4.3 Plan wyrównany obciążeń na stanowisku pracy

Kolejny propozycja to plan wyrównany obciążeń na stanowisku pracy. Zakładamy tym razem, że ilość pracowników będzie zrównoważona. Przyjmujemy wahania +/- 10% od średniej ilości pracowników potrzebnych na wykonanie półproduktów zgodnie z wyznaczoną prognozą zapotrzebowania. Daje to ilość 4 lub 5 pracowników.

Zadanie ma postać:

y_t^n - zmienna decyzyjna

Funkcja celu: $Kc \rightarrow \min$ (13)

Ograniczenia:

$$\sum_{t=1}^{12} p_t^1 = \sum_{t=0}^{12} y_t^1; \quad \sum_{t=1}^{12} p_t^2 = \sum_{t=0}^{12} y_t^2; \quad \sum_{t=1}^{12} p_t^3 = \sum_{t=0}^{12} y_t^3 \quad (14)$$

$$4 \leq \sum_{n=1}^3 pp_t^n \leq 5; \quad \dots; \quad 4 \leq \sum_{n=1}^3 pp_{12}^n \leq 5, \text{ gdzie:} \quad (15)$$

pp_t^n - ilość potrzebnych pracowników w okresie t dla półproduktu n

$$pp_t^n = y_t^n \cdot \frac{t^n}{60} / 7,5, \text{ gdzie:} \quad (16)$$

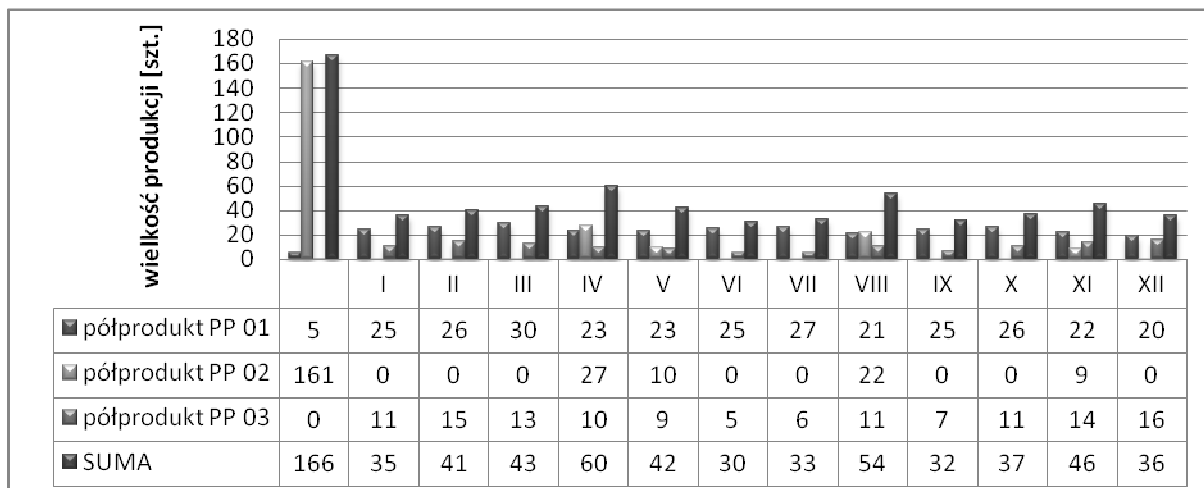
y_t^n - j.w.

$\frac{t^n}{60}$ - czas pracy nad półproduktem n w przeliczeniu na godziny [h/szt.]

7,5 – czas pracy pracownika – tzw. „dniówka” [h]

$$y_t^n \geq 0, \quad mk_t^n \geq 0 \quad (17)$$

W wyniku rozwiązania powyższego zadania otrzymujemy strukturę produkcji zaprezentowaną na rysunku 6.



Rys. 6. Plan wyrównany obciążenia na stanowisku pracy produkcji dla półproduktów PP 01, PP 02, PP 03
Źródło: Opracowanie własne

Całkowite koszty w 2008 roku wyniosły 25 859,32 zł. Co charakterystyczne – na początku zostają wytworzone półprodukty, których czas produkcji jest najkrótszy. Pozwala to na obniżenie kosztów przebrojenia maszyny.

4.4 Wyznaczenie planu produkcyjnego – plan mieszany

Ostatni przypadek, to plan dla którego nie wprowadzamy dodatkowych ograniczeń równoważących prowadzone prace na danym stanowisku.

Tak zdefiniowane zadanie wymaga modelu:

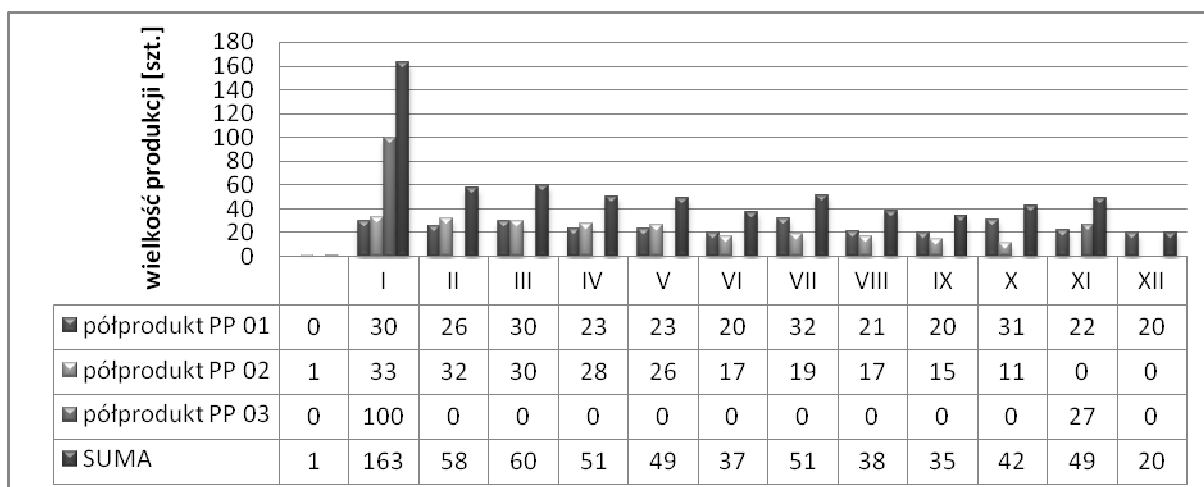
y_t^n - zmienna decyzyjna

Funkcja celu: $Kc \rightarrow \min$ (18)

Ograniczenia:

$$\sum_{t=1}^{12} p_t^1 = \sum_{t=0}^{12} y_t^1; \quad \sum_{t=1}^{12} p_t^2 = \sum_{t=0}^{12} y_t^2; \quad \sum_{t=1}^{12} p_t^3 = \sum_{t=0}^{12} y_t^3$$
(19)

$$y_t^n \geq 0, \quad mk_t^n \geq 0$$
(20)

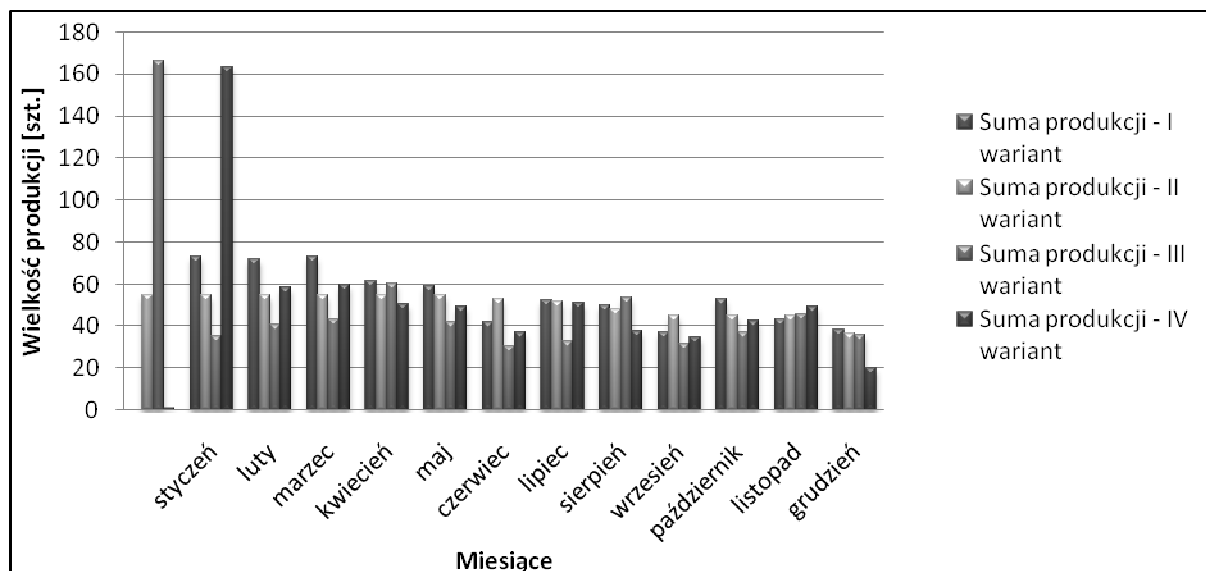


Rys. 7. Plan mieszany produkcji dla półproduktów PP 01, PP 02 i PP 03
Źródło: Opracowanie własne

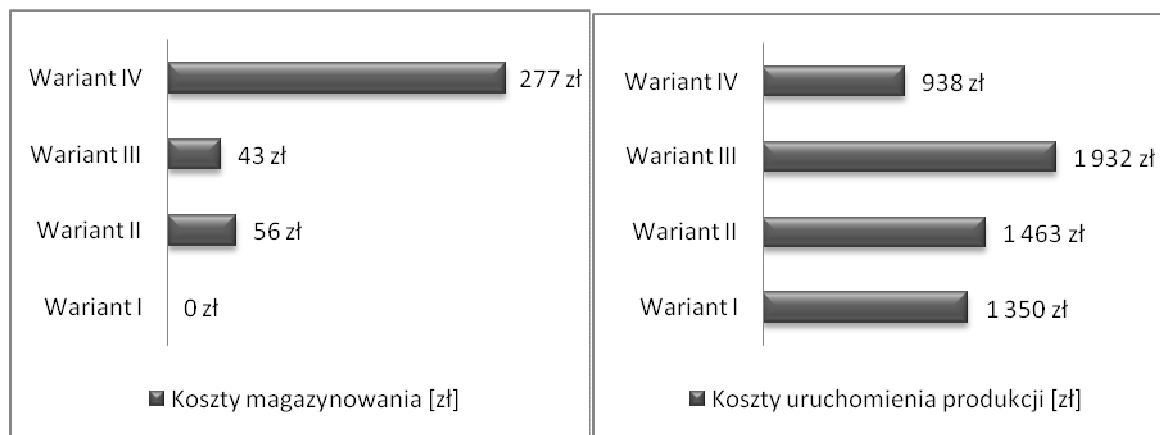
W wyniku rozwiązania otrzymujemy łączne koszty na poziomie 25 570,95 zł.

4.5 Analiza porównawcza uzyskanych wyników

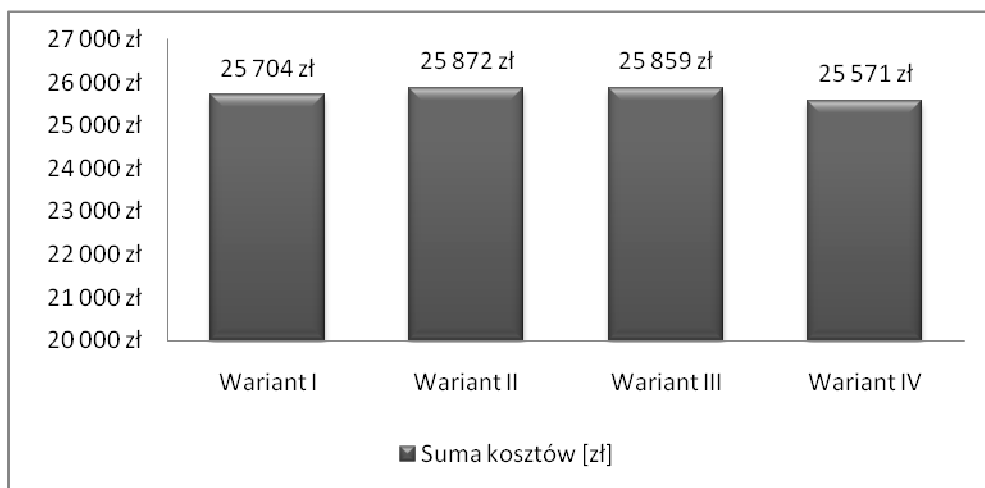
Porównując otrzymane wyniki możemy dostrzec, że największe wahania co do skali produkcji uzyskujemy przy planie trzecim i czwartym. Sytuacja ta przedstawiona jest na rysunku 8. Pozwalamy sobie w tym przypadku na sumowanie produkcji w celu porównania rzędu wielkości.



Rys. 8. Zestawienie trzech planów produkcji dla analizowanych półproduktów
Źródło: Opracowanie własne



Rys. 9. Zestawienie kosztów magazynowania i kosztów uruchomienia produkcji dla czterech analizowanych wariantów
Źródło: Opracowanie własne



Rys. 10. Zestawienie kosztów całkowitych wytwarzania dla analizowanych wariantów

Źródło: Opracowanie własne

Dokonując zestawienia kosztów możemy dostrzec, że niewiele się one różnią. Skłania to do wybrania wariantu nie tylko najkorzystniejszego dla przedsiębiorstwa pod względem kosztowym, ale pod innymi kryteriami o których nie można zapomnieć. Takim też stało się obciążenie na stanowisku pracy.

Potrzebujemy dla:

I wariantu – od 4 do 6 pracowników,

II wariantu – od 3 do 6 pracowników,

III wariantu – od 4 do 5 pracowników,

IV wariantu – od 4 do 8 pracowników.

Zdecydowanie najkorzystniejszym dla przedsiębiorstwa wariantem jest wariant III, kiedy to potrzebnych do obsługi tego stanowiska jest od 4 do 5 pracowników. Sytuacja ta zapewnia stabilność obciążenia stanowiska, jak również zatrudnienia osób w danym gnieździe produkcyjnym.

5. ZAKOŃCZENIE

Przeprowadzona analiza badanego procesu dowiodła, że zasadne jest w badanym przedsiębiorstwie przesunięcie momentu odroczenia produkcji do etapu montażu. Produkcja towarów ze standardowych elementów nie wymaga bowiem opóźniania całego procesu wytwarzania do chwili otrzymania zamówienia klienta. Zapotrzebowanie na badane półprodukty było na tyle charakterystyczne, że możliwe okazało się jego przewidywanie z zachowaniem stosunkowo niewielkiego błędu prognozy. Wdrożenie proponowanego rozwiązania na wydziale termoformowania, pozwoliłoby na skrócenie całego procesu realizacji zamówienia o 3 dni robocze. Byłby to pierwszy etap realizacji założonego celu przedsiębiorstwa, jakim jest podniesienie jakości poziomu obsługi klienta poprzez wzrost terminowości dostaw. Jeżeli krok ten zakończyłby się powodzeniem, należałoby podjąć próby prognozowania zleceń produkcyjnych na pozostałych dwóch wydziałach – ślusarni i obróbki części metalowych. Pozwoliłoby to w sposób istotny skrócić czas obsługi zamówienia i zdobyć przewagę nad konkurencją, która nadal oferuje 2-tygodniowy termin realizacji zamówienia.

LITERATURA:

- [1] Bozarth C., Handfield R.B. *Wprowadzenie do zarządzania operacjami i łańcuchem dostaw*, Helion, One Press Exclusive, Gliwice 2007.
- [2] Cox J.F., Blackstone J.H. (red.), *APICS Dictionary*, wyd. X, APICS, Fulls Church, Virginia 2002.
- [3] Grimson J. Andrew, Pyke David F., *Sales and operations planning: an exploratory study and framework*, The International Journal of Logistics Management, Vol. 18 No. 3, 2007, pp. 322-346.
- [4] Mentzer, J.T. and Moon, M.A., *Understanding demand*, Supply Chain Management Review, May/June 2004, pp. 38-45..
- [5] Mentzer, J.T. and Moon, M.A., *Sales Forecasting Management*, 2nd ed., Sage, Thousand Oaks, CA. 2005.
- [6] Nowosielski S., *Zarządzanie produkcją. Ujęcie controllingowe*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. O. Langego we Wrocławiu, Wrocław 2001..
- [7] Schary P.B., Skjott – Larsen T., *Zarządzanie globalnym łańcuchem podaży*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002.
- [8] Skowronek C., Saryusz – Wolski Z., *Logistyka w przedsiębiorstwie*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2008.

UTILIZING THE OPTIMAL MODELS TO DETERMINE THE STORAGE LEVEL IN THE PRODUCTION PROCESS

Abstract

Growing requirements concerning not only customers quality products, but also time handling in combination with pressure-cause that managers are increasingly seek solutions that will allow them to optimizing production plans drawn up. Logistic support to the production process shall cease to be in connection with the limited exemption to coordinate the various actions and to guarantee proper movement, but extended to the elements optimizing the production level of stocks in the course. The construction of the system logistics becomes a task to many and in this particular case, when offered assortment is variable, or sale of the products concerned is characterized by a large variability. This article has presented an example of the company that faced such a challenge. In respect to that, at first instance the production process has been examined and the nature that could occur such demand. Based on the outcome of the results, the new form of planning and implementation of the production based on the set planning have been proposed. Then, a comparative study has been carried out of the various types which has led to undergone the trail to use an optimal model to minimizing the storage costs and the production for one of the departments that has been studied.

Keywords: customize, production planning, set planning