



WYŻSZA SZKOŁA BIZNESU
NATIONAL - LOUIS UNIVERSITY
w Nowym Sączu

**Prognozowanie zapotrzebowania i optymalizacja stanu
zapasów na przykładzie P.P.H. Ozas-Esab Sp. z.o.o.**

Tomasz Górski

Praca magisterska napisana pod kierunkiem
dr Tomasza F. Jabłońskiego

Nowy Sącz 2005-01-24

Spis treści

Wstęp	4
Rozdział 1 – Zarządzanie zapasami	6
Pojęcie zapasów i ich rola	7
Typy zapasów	8
Zarządzanie zapasami i jego rola	10
Zapotrzebowanie zależne i niezależne	10
Zarządzanie zapasami w warunkach zapotrzebowania niezależnego	11
Struktura zapasu	12
Podsumowanie	13
Rozdział 2 – Aspekty kosztowe zarządzania zapasami	14
Koszty jednostkowe	15
Koszty utrzymywania zapasów	15
Koszty niedoboru	17
Koszty ponownego zamówienia	18
Koszty całkowite	19
Kontrola zapasów	20
Rozdział 3 – Analiza popytu	22
Analiza ABC	23
Klasyfikacja XYZ	25
Identyfikacja profilu popytu i dopasowywanie rozkładów teoretycznych	27
Trendy i sezonowość	32
Rozdział 4 – Prognozowanie popytu	33
Metody prognozowania	34
Podstawowe parametry oceny jakości prognoz	40

Rozdział 5 – Poziom obsługi klienta i zapas zabezpieczający	43
Losowa zmienność popytu w cyklu uzupełnienia zapasu	44
Cykl uzupełnienia zapasu	45
Poziom obsługi klienta	46
Zapaz zabezpieczający	48
Rozdział 6 – Podstawowe modele w zarządzaniu zapasami	51
Modele uzupełniania zapasu	52
Modele typu EOQ	59
Modele ECP	64
Modele MRP	65
Rozdział 7 – Analiza przypadku firmy Ozas-Esab sp. z o.o.	68
Charakterystyka firmy	69
Przedmiot analizy	70
Prognoza zapotrzebowania	70
Optymalizacja wielkości zamówienia	73
Optymalizacja cyklu przeglądu	77
Optymalizacja poziomu obsługi klienta i zapasu zabezpieczającego	80
Zapaz nadmierny	86
Podsumowanie	88
Załączniki	92
Bibliografia	100

WSTĘP

Celem niniejszej pracy magisterskiej jest wnikliwa analiza systemu kontroli zapasów w przedsiębiorstwie produkcyjno-handlowym OZAS-ESAB SP. Z.O.O. *Zamierzam wykazać, iż można znacząco zwiększyć efektywność funkcjonowania badanej spółki, poprzez redukcję zbędnych kosztów związanych z utrzymywaniem i uzupełnianiem zapasów. Twierdzę, iż możliwa jest dalsza optymalizacja stanu zapasów poprzez zastosowanie podstawowych modeli z dziedziny zarządzania zapasami.*

W pierwszym rozdziale mojej pracy zostały omówione podstawowe pojęcia związane z zarządzaniem zapasami, a w szczególności zapasami utrzymywanymi dla pokrycia tzw. zapotrzebowania niezależnego. Obok istoty zarządzania zapasami, omówione zostało pojęcie zapasu, jego struktura, rola oraz ich typy.

Drugi rozdział traktuje o aspektach kosztowych zarządzania zapasami. Przedstawiona została swoista synteza wielkości kosztowych związanych z utrzymywaniem i uzupełnianiem zapasu, a także finansowe skutki wystąpienia jego braku. Omówione zostały sposoby ustalania poszczególnych kosztów, a w kolejnych tabelach przedstawiono ich przykłady i przyjęte przeze mnie do późniejszych obliczeń oznaczenia.

W rozdziale trzecim przedstawiono szereg metod analizy popytu, niezbędnych dla prawidłowego doboru sposobów odnawiania zapasu. Omówione zostały analizy ilościowo-wartościowe obrotu prowadzące do klasyfikacji ABC/XYZ, budowa tzw. profili popytu wraz z ich interpretacją, a także identyfikacja trendów rozwojowych oraz sezonowości zapotrzebowania. Uzyskane informacje są punktem wyjścia do doboru jednego ze statystycznych rozkładów, umożliwiających analizę poziomu obsługi i obliczenie wymaganego zapasu zabezpieczającego.

Rozdział czwarty poświęcony jest w całości prognozowaniu zapotrzebowania, czyli jednemu z najważniejszych zadań warunkujących efektywne zarządzanie zapasami. Dokładnie zostały zatem omówione metody prognozowania zarówno krótkoterminowego jak i długoterminowego oraz podstawowe parametry oceny jakości prognoz.

W piątym rozdziale została zdefiniowana i przedstawiona kolejna bardzo ważna kategoria determinująca procesy zarządzania zapasami, tj. poziom obsługi klienta i ściśle z nim związane pojęcie zapasu zabezpieczającego. Ponadto został poruszony problem losowej zmienności popytu w cyklu uzupełniania zapasu.

Szósty rozdział zawiera opis podstawowych modeli stosowanych w dziedzinie zarządzania zapasami, których to użycie jest w stanie zwiększyć efektywność funkcjonowania przedsiębiorstwa poprzez optymalizację stanu zapasów, a co za tym idzie, redukcję zbędnych kosztów z nimi związanych. W rozdziale tym dokładnie opisano model ekonomicznej wielkości zamówienia EOQ wraz z wszelkimi jego modyfikacjami, model na ekonomiczny cykl przeglądu, najważniejsze modele uzupełniania zapasu oraz podstawowy model zarządzania zapasami w warunkach zapotrzebowania zależnego - model planowania potrzeb materiałowych MRP

Siódmy-ostatni rozdział mojej pracy stanowi część praktyczną, w której dokonałem analizy przypadku firmy Ozas-Esab sp. z o.o. Udowodniłem, iż postawiona przeze mnie teza jest jak najbardziej słuszna, tzn. obecne zarządzanie zapasami w firmie Ozas-Esab sp. z o.o. jest nieefektywne, a stany magazynowe dalekie od optymalnych. Po wcześniejszym przedstawieniu podstawowych modeli z dziedziny zarządzania zapasami, pokazałem jakie korzyści w formie potencjalnych oszczędności są możliwe do uzyskania w przypadku zastosowania tych modeli przez analizowaną spółkę.

W załącznikach umieściłem zbiór wszystkich przyjętych przeze mnie oznaczeń wraz z ich opisem, a także przeprowadzoną przeze mnie w arkuszu Excel klasyfikację ABC dla towarów oferowanych przez przedsiębiorstwo Ozas-Esab sp. z o.o.

ROZDZIAŁ 1

1. ZARZĄDZANIE ZAPASAMI

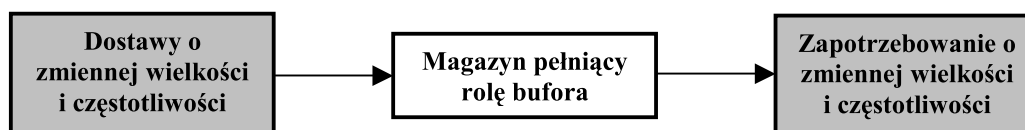
1.1 Pojęcie zapasów i ich rola

„Zapasami nazywamy rezerwy towarów i materiałów utrzymywanych przez organizację. Tworzą się one, gdy zasoby wejściowe lub wyjściowe organizacji nie są zużywane w czasie, gdy są dostępne”¹.

Zapasy mają za zadanie przede wszystkim tworzyć bufor pomiędzy dostawcami a zapotrzebowaniem, co umożliwia płynne i bezproblemowe przeprowadzanie operacji związanych z produkcją. Do innych powodów utrzymywania zapasów możemy zaliczyć:

- Stanowią bufor pomiędzy różnymi operacjami,
- Są niezbędne w przypadku opóźnionej, bądź niekompletnej dostawy,
- Chęć otrzymania atrakcyjnych rabatów związanych z wielkością zamówienia,
- Umożliwiają sprostanie zamówieniom większym niż przewidywano bądź zamówieniom niezaplanowanym,
- Gdy konkretne pozycje są niezwykle rzadkie, ciężko dostępne lub wycofywane z produkcji,
- W celu redukcji kosztów transportu (maksymalne wykorzystanie transportu),
- Gdy obecnie ceny są relatywnie niskie, ale prognozowany jest ich wzrost w najbliższym czasie,
- Konieczne w nagłych przypadkach.

Rys. 1.1: Zapas jako bufor pomiędzy dostawcą a popytem.



¹ Donald Waters, Zarządzanie operacyjne. Towary i usługi, PWN, Warszawa 2001, s.545.

1.2 Typy zapasów

„Wszystkie organizacje utrzymują zapasy w jakiejś postaci. Gdy stacja benzynowa otrzymuje dostawę benzyny z cysterny, jest ona utrzymywana jako zapas aż do chwili, gdy zostanie sprzedana klientowi; kiedy fabryka wysyła gotowe towary do domu towarowego, są one traktowane jako zapasy; kiedy restauracja kupuje warzywa, dołączają one do rezerw aż do chwili, gdy zostaną podane z posiłkiem”². Można więc śmiało stwierdzić, iż zawsze coś jest utrzymywane jako zapas i dokonać następującej ich klasyfikacji:

- **Surowce** (Zaliczamy do nich różne materiały, komponenty i części dostarczone do organizacji, lecz nie będące jeszcze w użyciu),
- **Produkcja w toku** (Zaliczamy do nich materiały, których proces produkcyjny został rozpoczęty, ale jeszcze nie zakończony),
- **Wyroby gotowe** (Zaliczamy do nich produkty finalne, czekające na dostawę do klienta).

Surowce są przeważnie dostarczane do fabryk w wielkich ilościach, jednakże zużywane są w ilościach dużo mniejszych. W rezultacie tworzy się zapas surowca, który wraz z każdą dostawą ulega powiększeniu, a zarazem zmniejsza się w czasie by sprostać popytowi. Utrzymywanie zapasów surowców ma na celu uniknięcie ich braku w nieprzewidzianych przypadkach związanych z ich dostawą i zagwarantowanie poprawnego funkcjonowania organizacji w przypadku opóźnionych dostaw, odrzucenia surowców z powodu ich niezadowalającej jakości, bądź w innych nieprzewidzianych przypadkach gdzie kontakt z dostawcą zostaje zerwany.

Materiały w toku produkcji oddzielają poziomy w procesie produkcyjnym tak, że każdy może pracować w sposób najbardziej efektywny. Jeżeli dwie nieprzerwane operacje procesu charakteryzują się różną wydajnością, istnieje możliwość utworzenia zapasu rozdzielającego je. Dzieje się tak, kiedy drugi proces przebiega wolniej niż pierwszy. Zapas jest redukowany, gdy proces ten zaczyna nadrabiać różnicę.

² Donald Waters, Zarządzanie operacyjne. Towary i usługi, PWN, Warszawa 2001, s.545.

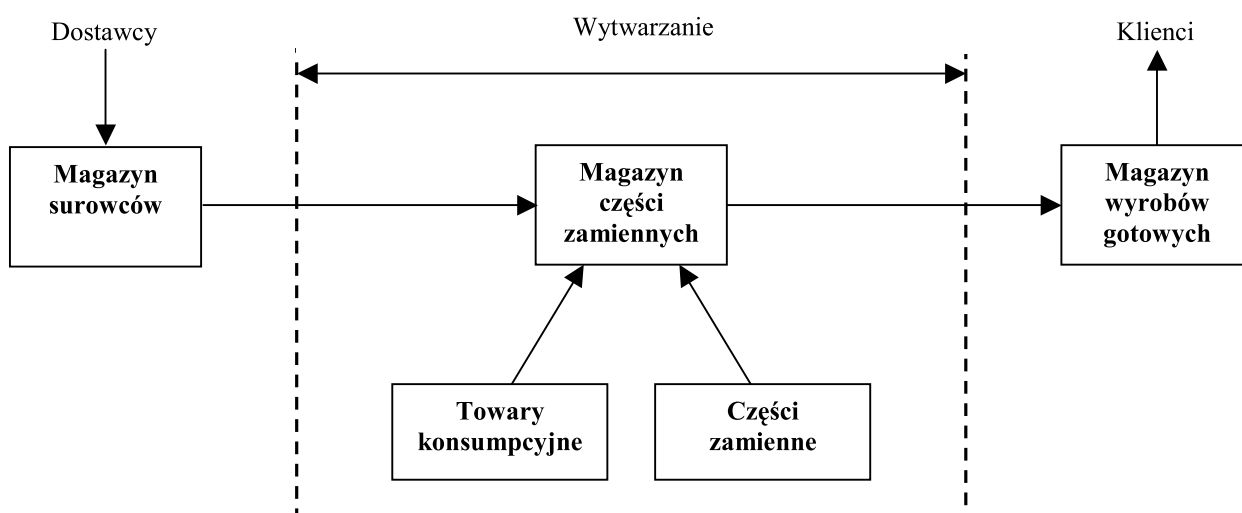
Wyroby gotowe są końcowym efektem procesu produkcyjnego i są one akumulowane, aż do momentu, kiedy ich ilość jest wystarczająca do realizacji zamówienia lub wysyłki do centrum dystrybucji. Zapasy gotowych towarów umożliwiają przedsiębiorstwu zaspokajanie niespodziewanych zamówień.

Powyższa klasyfikacja jest raczej swobodna, gdyż należy wziąć pod uwagę fakt, iż wyroby gotowe jednego przedsiębiorstwa będą stanowiły jedynie surowce dla innego. Część organizacji (np. detaliści, hurtownicy) magazynują wyłącznie towary gotowe, natomiast inne (np. producenci) składują wszystkie rodzaje zapasów tylko w różnych proporcjach. Przeważnie wyroby gotowe i surowce stanowią po ok. 30%, a materiały w toku ok. 40% całości zapasów.

Istnieją jeszcze pozycje, których nie można jednoznacznie sklasyfikować w powyższych trzech kategoriach, w związku z czym, zostały zdefiniowane kolejne dwie:

- **Części zamienne** (np. do różnych maszyn lub wyposażenia),
- **Zapasy konsumpcyjne** (np. paliwo, olej, papier).

Rys. 1.2: Typy zapasów.



1.3 Zarządzanie zapasami i jego rola

Zarządzanie zapasami ma na celu zminimalizowanie potencjalnych niedoborów z jednej strony, a z drugiej - zminimalizowanie całkowitego kosztu magazynowania w danym okresie czasu. Są to wzajemnie sprzeczne cele, które zarządzanie zapasami stara się pogodzić. Aby było ono efektywne, należy znać zapotrzebowanie, czas dostawy, koszty magazynowania oraz aktualną zawartość magazynu.

„Rola ZZ polega głównie na buforowaniu, które pozwala na:

- Sprostanie przewidywanemu zapotrzebowaniu,
- Produkowanie w partiach o „ekonomicznej” wielkości,
- „gładkie” rozdzielanie różnych etapów operacji,
- ochronę przed niedoborami surowców (produktów),
- elastyczne harmonogramowanie,
- prezentację klientowi pełnej oferty produktów,
- ciągłość dystrybucji produktów.”³

1.4 Zapotrzebowanie zależne i niezależne

Metody zarządzania zapasami różnią się przede wszystkim ze względu na charakter zapotrzebowania, które może być zależne lub niezależne.

Zapotrzebowanie zależne wynika z zapotrzebowania na wyroby wyższej złożoności. O zapotrzebowaniu takim dowiadujemy się z harmonogramu produkcji, a więc zamiast prognozować możemy je szczegółowo wyliczyć.

Natomiast zapotrzebowanie niezależne jest zapotrzebowaniem zewnętrznym, tzn. powstającym poza przedsiębiorstwem (kreowanym na przykład przez doskonale konkurencyjny rynek). Zapotrzebowanie to jest na ogół prognozowane.

³ Jabłoński Tomasz, Zarządzanie produkcją. Streszczenie wykładu, WSB, Nowy Sącz 2000, s.20.

„Zarządzanie zapasami w warunkach zapotrzebowania niezależnego i zależnego różni się zarówno, jeśli chodzi o uwarunkowania jak i sposób działania. Zagadnienia te są objęte odrębnymi zasadami postępowania i procedurami realizacyjnymi”⁴.

Zarządzanie zapasami w warunkach zapotrzebowania zależnego jest określane w ramach Planowania Potrzeb Materiałowych (MRP - Material Requirement Planning), natomiast zarządzanie zapasami w warunkach zapotrzebowania niezależnego przedstawiane jest w ramach tzw. klasycznej teorii zapasów i stanowi przedmiot przykładu praktycznego zamieszczonego w dalszej części niniejszej pracy.

1.5 Zarządzanie zapasami w warunkach zapotrzebowania niezależnego

Szczególnie charakterystyczną wielkością w przypadku zapasu pokrywającego zapotrzebowanie niezależne jest zapas zabezpieczający utrzymywany w celu pokrycia zmienności popytu. Ponadto zapas ten ma za zadanie pokryć ryzyko opóźnionych dostaw.

„Dla właściwego określenia wszystkich wielkości opisujących proces utrzymywania i uzupełniania zapasów (w tym zapasu zabezpieczającego) konieczne jest uwzględnienie szeregu elementów, takich jak:

- analiza wielkości i zmienności popytu (zapotrzebowania),
- prognoza przyszłego popytu,
- czas cyklu uzupełnienia,
- poziom obsługi klienta,
- koszty uzupełniania i utrzymywania zapasu.

W oparciu o znajomość pewnych, związanych z nimi wartości, a także relacji między nimi, ustala się zasady uzupełniania i utrzymywania zapasów. Pozwala to na zdefiniowanie systemu odnawiania zapasów, tzn. reguł i sterujących nimi parametrów”⁵.

⁴ Krzyżaniak Stanisław, Podstawy zarządzania zapasami w przykładach, Instytut LiM, Poznań 2002, s.13.

⁵ Krzyżaniak Stanisław, Podstawy zarządzania zapasami w przykładach, Instytut LiM, Poznań 2002, s.13-14.

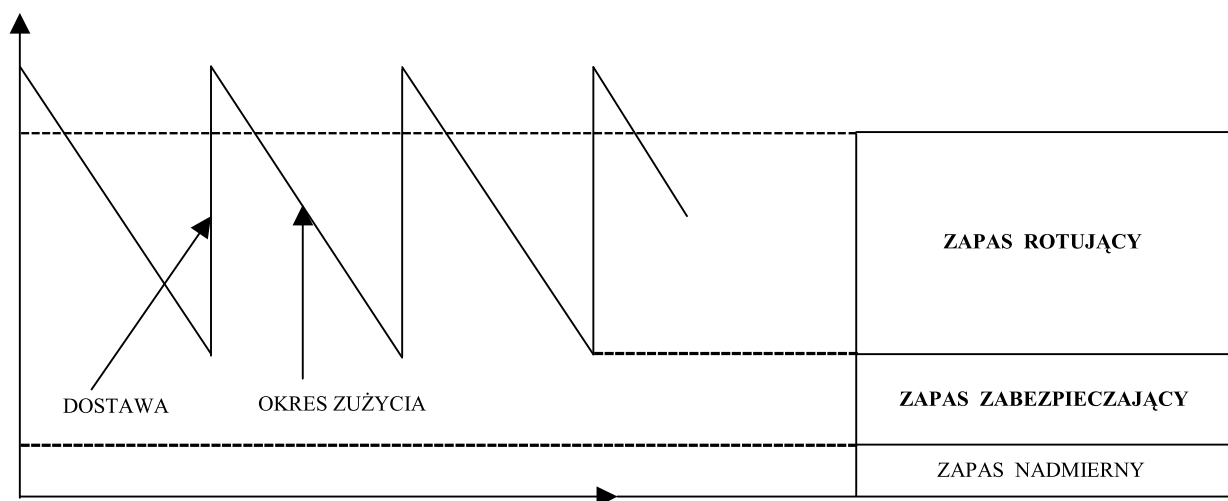
1.6 Struktura zapasu

Każdy zapas, którego to utrzymywanie jest szczególnie uzasadnione w przypadku zapotrzebowania niezależnego, może składać się z trzech następujących części: zapasu rotującego (obrotowego), zapasu zabezpieczającego oraz zapasu nadmiernego.

Część obrotową zapasu stanowi zapas związany z dostawami pod bieżące potrzeby, mający pokryć bieżący i prognozowany popyt, oraz zapas związany z systematycznym zużyciem, czyli sprzedażą. Zasady odnawiania tego zapasu zostaną dokładnie przeze mnie omówione w dalszej części pracy.

Na część nierotującą składa się przeważnie zapas zabezpieczający, gwarantujący utrzymanie wymaganego poziomu obsługi klienta, oraz zapas nadmierny, nie wnoszący żadnej wartości do całego procesu, a jedynie generujący dodatkowe koszty.

Rys. 1.3: Typowa struktura zapasu.



1.7 Podsumowanie

Podsumowując powyższe rozważania możemy stwierdzić, iż celem zarządzania zapasami utrzymywanymi dla pokrycia zapotrzebowania niezależnego jest:

- Optymalne, tzn. ekonomiczne kształtowanie zapasu obrotowego ZR przy założeniu, że średnia wielkość tego zapasu w danym okresie równa jest połowie średniej wielkości dostaw w tym okresie;

$$ZR = 0,5 * SWD \quad (1.1)$$

- Wyznaczenie optymalnego zapasu zabezpieczającego ZB , zapewniającego wymagany poziom obsługi poprzez zachowanie ciągłości wydań;
- Eliminowanie zapasu nadmiernego ZN .

W przypadku analizowanego przeze mnie w dalszej części pracy przedsiębiorstwa Ozas-Esab sp. z.o.o., ze względu na jego produkcyjno-handlowy charakter, mamy do czynienia zarówno z zapotrzebowaniem zależnym, jak i niezależnym. Ponieważ oba zagadnienia są niezwykle obszerne, objęte odrębnymi zasadami postępowania i procedurami realizacyjnymi, postanowiłem skupić swoją uwagę na klasycznej teorii zapasów, zajmującej się popytem w ramach zapotrzebowania niezależnego. Zapasy w omawianej spółce to w większości wyroby gotowe, a ich wartość szacuje się na 2,7 mln złotych.

ROZDZIAŁ 2

2. ASPEKTY KOSZTOWE ZARZĄDZANIA ZAPASAMI

Całkowity koszt utrzymywania zapasów szacuje się rocznie na około 25% ich łącznej wartości. Jest to znaczna lokata pieniężna, więc nie należy się dziwić, iż przedsiębiorstwa permanentnie dążą, za pomocą różnych sposobów, do redukcji kosztów. Niektórzy są zdania, iż minimalizacja kosztów ściśle wiąże się z minimalizacją zapasów. Jest to myślenie błędne, gdyż biorąc pod uwagę np. sklep, jesteśmy w stanie zredukować znacznie koszty przez eliminację zapasów, jednakże redukujemy tym samym sprzedaż, a w konsekwencji tracimy klientów. Do kosztów związanych z zapasami zaliczamy min.:

- Koszty jednostkowe,
- Koszty utrzymania,
- Koszty niedoboru,
- Koszty ponownego zamówienia.

2.1 Koszty jednostkowe

Koszt jednostkowy stanowi cena towaru ustanowiona przez dostawcę lub koszt zakupu jednostki materiału. Przeważnie określenie tej wartości nie stanowi większego problemu, jednak sprawa zaczyna się nieco komplikować, gdy mamy do czynienia z wieloma różnymi dostawcami oferującymi zróżnicowane produkty, bądź odmienne warunki zakupu. Jeżeli poszczególne pozycje są wytwarzane przez przedsiębiorstwo we własnym zakresie, mogą pojawić się trudności w identyfikacji wiarygodnych kosztów produkcji albo w zestawieniu kosztów transferowych.

2.2 Koszty utrzymania zapasów

Koszty te związane są z utrzymywaniem jednostki zapasu w jednostkowym okresie. „Oczywistym kosztem są zamrożone pieniądze. Są one zazwyczaj pożyczone (w tym

przypadku kosztem są odsetki od nich płacone) albo po prostu organizacja nie wykorzystuje ich w inny dostępny sposób (w tym przypadku jest to tzw. koszt utraconych możliwości). Inne koszty utrzymywania zapasów to opłaty związane z powierzchnią magazynową (ogrzewanie, prąd, raty itp.), straty (zepsucie, pogorszenie, kradzieże zapasów), czynności manipulacyjne (specjalne pakowanie, chłodzenie, przenoszenie na palety), koszty administracyjne i ubezpieczenia”⁶.

Tab. 2.1: Podstawowe kategorie kosztów związanych z utrzymywaniem zapasów.

Koszty niezależne (stałe) od wielkości zapasu, np.	Koszty zależne (zmienne) od wielkości zapasu, np.
<ul style="list-style-type: none"> • Amortyzacja budowli magazynowych, • Amortyzacja wyposażenia magazynowego, • Koszt personelu magazynowego. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dodatkowe koszty wykorzystywanej przestrzeni magazynowej, • Koszty naturalnych strat i ubytków magazynowych, • Koszty kradzieży i innych strat, • Koszt ubezpieczenia zapasu, • Koszt zamrożonego kapitału (koszty kredytu lub utraconych korzyści inwestycyjnych z kapitału własnego).

Tab. 2.2: Przyjęte oznaczenia oraz formuły obliczeń dotyczące kosztów związanych z utrzymywaniem zapasów (patrz również załącznik nr 1).

Koszty niezależne (stałe) od wielkości zapasu	Koszty zależne (zmienne) od wielkości zapasu
SKUtZ	$ZKU_tZ = u_0 * C * Z$ <p> u_0 – współczynnik okresowego (np. rocznego) KUtZ C – cena zakupu jednostki zapasu Z – wielkość zapasu </p>

⁶ Donald Waters, Zarządzanie operacyjne. Towary i usługi, PWN, Warszawa 2001, s.548-549.

2.3 Koszty niedoboru (braku)

Z takim rodzajem kosztów mamy do czynienia w przypadku, gdy jakiś towar jest w danej chwili potrzebny, a nie może być dostarczony z magazynu. „W najlepszym przypadku detalista może po prostu stracić zysk ze sprzedaży. Ale efekty braku zapasu są zazwyczaj znacznie szersze i obejmują utratę dobrego imienia firmy, reputacji i potencjalnej przyszłej sprzedaży. Braki surowców do procesu produkcyjnego mogą powodować naruszenie i rewizję kalendarzowego planu produkcji, konieczność zwalniania pracowników i temu podobne”⁷.

Do kosztów niedoboru możemy zaliczyć także różne opłaty związane z działaniami rekompensującymi straty, takimi jak przyspieszona realizacja zamówień, wysyłanie zamówień w trybie natychmiastowym, opłaty związane ze specjalnymi dostawami, opłaty za magazynowanie częściowo ukończonych towarów, bądź zużywanie innych, relatywnie droższych komponentów.

Koszty braku mogą być bardzo wysokie, a co więcej są zawsze trudne do zidentyfikowania. W rezultacie wielu przedsiębiorców, chcąc ich uniknąć godzi się na ponoszenie stosunkowo niższych kosztów – kosztów utrzymywania zapasów.

Tab. 2.3: Podstawowe kategorie kosztów związanych z występowaniem braków w zapasie.

Koszty niezależne (stałe) od wielkości braku, np.	Koszty zależne (zmiennie) od wielkości braku, np.
<ul style="list-style-type: none">• Koszt awaryjnego zakupu,• Koszt przestoju instalacji lub linii produkcyjnej,• Wielkość przewidywanej utraconej marży od utraconego klienta.	<ul style="list-style-type: none">• Koszt awaryjnego zakupu (np. wyższa cena jednostkowa),• Koszt niewykonanej produkcji (zależny od wielkości braku surowca),• Utracona marża od każdej niesprzedanej pozycji.

⁷ Donald Waters, Zarządzanie operacyjne. Towary i usługi, PWN, Warszawa 2001, s.549.

Tab. 2.4: Przyjęte oznaczenia oraz formuły obliczeń dotyczące kosztów związanych z niedoborem (patrz również załącznik nr 1).

Koszty niezależne (stałe) od wielkości zapasu	Koszty zależne (zmienne) od wielkości zapasu
$SKBZ=KB \cdot p(BZ)$ $SKBZ=(1-POK) \cdot KB \cdot Id$	$ZKBZ=NB \cdot k_{bz}$
KB – koszt wystąpienia braku zapasu p(BZ) – prawdopodobieństwo wystąpienia braku zapasu POK – założony poziom obsługi klienta	NB – liczba braków w okresie k _{bz} – koszt braku jednej jednostki

2.4 Koszty ponownego zamówienia

Koszty realizacji jednego zamówienia (koszty uzupełnienia magazynu), są generowane przy powtórnym zamówieniu konkretnej pozycji. ”Mogą one zawierać koszty pozwolenia na sporządzenie zamówienia (ze sprawdzeniem, podpisaniem, rozliczeniem, dystrybucją i wykonaniem), „koszty komputerowe”, koszty korespondencji pocztowej i rozmów telefonicznych, koszty dostawy (z rozładunkiem, sprawdzeniem, przetestowaniem), koszty czynności kontrolnych, transportu, sortowania, przemieszczania.

Koszty ponownego zamówienia powinny być związane tylko z zamówieniami powtarzаныmi i dokonywanymi nie po raz pierwszy – co można powiązać z dodatkowymi pozwoleniami, poszukiwaniami wiarygodnych dostawców, dobrej jakości i możliwością negocjowania z różnymi dostawcami”⁸.

Specjalny rodzaj kosztów uzupełnienia magazynu pojawia się wówczas, gdy przedsiębiorstwo samodzielnie produkuje konkretne przedmioty. W takim przypadku do kosztów takich zaliczamy koszty partii towaru w danej strukturze, które obejmują koszty dokumentacji produkcyjnej, koszty zezwolenia na przerwanie produkcji podczas przenoszenia maszyn, koszty uszkodzonych przy testach materiałów, koszty niewykorzystania czasu produkcji itp.

⁸ Donald Waters, Zarządzanie operacyjne. Towary i usługi, PWN, Warszawa 2001, s.548.

Tab. 2.5: Podstawowe kategorie kosztów związanych z uzupełnianiem (odnawianiem) zapasów.

Koszty niezależne (stałe) od wielkości zapasu rotującego (tzn. od pojedynczej dostawy), np.	Koszty zależne (zmienne) od wielkości zapasu rotującego (tzn. od pojedynczej dostawy), np.
<ul style="list-style-type: none"> Koszty działu zaopatrzenia (zakupów), obejmujące wynagrodzenia z pochodnymi, koszty użytkowania pomieszczeń, koszty zużycia prądu, wody, itp., Koszt utrzymania własnego taboru samochodowego, wykorzystywanego w realizacji dostaw. 	<ul style="list-style-type: none"> Koszt składania zamówień, Koszty zmienne transportu (zależne od liczby dostaw), Koszty ubezpieczenia, Koszty związane z celnymi opłatami manipulacyjnymi, Koszty specjalne przyjęcia dostaw (np. badania laboratoryjne każdej dostawy).

Tab. 2.6: Przyjęte oznaczenia oraz formuły obliczeń dotyczące kosztów związanych z uzupełnianiem zapasów (patrz również załącznik nr 1).

Koszty niezależne (stałe) od wielkości zapasu	Koszty zależne (zmienne) od wielkości zapasu
SKUzZ	$ZKUzZ = Id * k_u$ Id – liczba dostaw k_u – jednostkowy koszt uzupełniania związany z jedną dostawą

2.5 Koszty całkowite

Funkcja kosztów całkowitych związanych z uzupełnianiem i utrzymywaniem zapasu oraz występowaniem braków w zapasie ma następującą postać:

$$KZC = SKUzZR + SKUtZR + ZKUzZR + ZKUtZR + SKUtZB + ZKUtZB + SKBZ + ZKBZ \quad (2.1)$$

Pierwsza część funkcji dotyczy stałych i zmiennych kosztów związanych z utrzymywaniem i uzupełnianiem zapasu rotującego (ZR), natomiast druga stałych i zmiennych kosztów związanych z utrzymywaniem i uzupełnianiem zapasu zabezpieczającego (ZB), w tym kosztów związanych z wystąpieniem braku w zapasie. Symbole poszczególnych części składowych kosztu zostały przedstawione w powyższych tablicach oraz w załączniku nr 1. Warto jeszcze

dodać, iż koszt związany z uzupełnianiem i utrzymywaniem zapasu zabezpieczającego (KZB), a dokładniej z częścią zależną od założonego poziomu obsługi, jest sumą zmiennych kosztów utrzymywania zapasu zabezpieczającego (ZKUtZB) i stałych kosztów związanych z wystąpieniem braku w zapasie (SKBZ). Natomiast część stała kosztów utrzymywania zapasu zabezpieczającego (SKUtZB) nie zależy od wielkości zapasu i przyjętego poziomu obsługi. Od wielkości dostaw nie zależy również stały koszt uzupełniania zapasu rotującego (SKUzZR) oraz jego stały koszt utrzymania (SKUtZR).

2.6 Kontrola zapasów

Rozważając kwestię kosztów zapasów, należy zwrócić uwagę na fakt, iż część z nich wzrasta, a część maleje wraz z wielkością składowaną. Gdy ilość zapasów rośnie, rosną koszty ich utrzymania, ale jednocześnie spadają koszty związane z ich niedoborem. Niezbędna zdaje się być kontrola zapasów, obejmująca analizę i porównanie poszczególnych kosztów, pomagająca w obraniu odpowiedniej polityki owocującej redukcją kosztów całkowitych. „W tym celu trzeba odpowiedzieć na trzy podstawowe pytania:

- **Co powinno być magazynowane?**

Żadne zapasy, nawet tanie, nie powinny być magazynowane bez porównania kosztów i korzyści. Oznacza to, że organizacja powinna zaprzestać dodawania zapasów niepotrzebnych i powinna dokonywać regularnych przeglądów, aby usunąć zapasy zepsute i przestarzałe.

- **Kiedy powinno się dokonać zamówienia?**

Zależy to od systemu kontroli zapasów, rodzaju zapotrzebowania (wysokie czy niskie, stałe czy zmienne, znane dokładnie czy w przybliżeniu), wartości przedmiotów, czasu między złożeniem zamówienia a jego realizacją, wiarygodności dostawcy i wielu innych czynników.

- **Jaka ilość powinna być zamówiona?**

Jeśli dokonywane są zamówienia o dużej ilości, ale o niezbyt dużej częstotliwości, to ogólny poziom zapasów jest wysoki, ale niskie są koszty dostawy i administracyjne. Jeśli zamówienia

są dokonywane często, ale w małych ilościach, to średni poziom zapasów jest niski, ale wysokie są koszty dostawy i administracyjne”⁹. Natomiast „kiedy zamówienie jest dokonywane dla ekonomicznej wielkości zamówienia, wtedy całkowite koszty zamówienia zawsze są takie same jak całkowite koszty utrzymywania zapasów”¹⁰.

⁹ Donald Waters, Zarządzanie operacyjne. Towary i usługi, PWN, Warszawa 2001, s.550.

¹⁰ Donald Waters, Zarządzanie operacyjne. Towary i usługi, PWN, Warszawa 2001, s.555.

ROZDZIAŁ 3

3. ANALIZA POPYTU

Profil popytu, a w szczególności jego prezentacja graficzna, jest bogatym źródłem informacji dotyczących charakteru zużycia i stanowi punkt wyjściowy przy doborze jednego ze statystycznych rozkładów. To w rezultacie stwarza możliwość analizy poziomu obsługi i obliczenia zapasu zabezpieczającego. „Analiza popytu obejmuje szereg różnych ocen jakościowych i ilościowych (w tym także obliczenia lub oszacowania konkretnych wartości liczbowych). Służą one między innymi wstępnemu określeniu sposobu podejścia do zarządzania zapasami”¹¹.

3.1 Analiza ABC

Źródła metody ABC należy się doszukiwać w badaniach Wilfredo Pareto (1848-1923), włoskiego ekonomisty, wybitnego przedstawiciela szkoły lozańskiej. „Metoda polega na podziale magazynowanych towarów na klasy A,B,C,... według malejącej troski koniecznej do poświęcenia danemu towarowi w czasie optymalnego magazynowania, a następnie zarządzaniu klasami zapasów w stopniu intensywności wynikającym z wyżej zdefiniowanej hierarchii”¹².

Idea metody ABC oparta jest na „prawie 20-80”. Zgodnie z tym prawem „w zbiorowości niejednorodnej 20% elementów reprezentuje 80% skumulowanej wartości cechy, która służy jako kryterium badania (wyboru). Oczywiście relację „20-80” należy traktować jako umowną. W rzeczywistości mogą występować dość znaczne odchylenia od tej proporcji, lecz główna idea „prawa 20-80” pozostaje niezmienną”¹³.

Klasyczny podział na poszczególne grupy oparty jest na następujących proporcjach udziału: grupa A – 80% sumarycznej wartości wielkości kryterialnej, grupa B – 15% i C – 5%. I tak nawiązując do zasady Pareto grupa, pod względem liczności, stanowi ok. 20% rozpatrywanych pozycji, chociaż niejednokrotnie zdarza się (szczególnie w firmach dystrybucyjnych), iż jest to

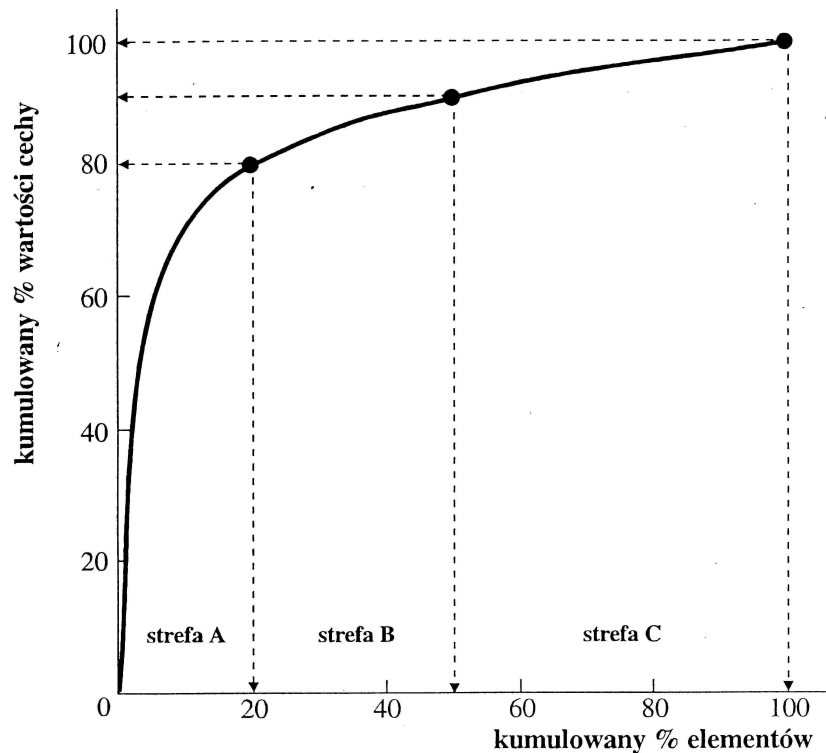
¹¹ Krzyżaniak Stanisław, Podstawy zarządzania zapasami w przykładach, Instytut LiM, Poznań 2002, s.20.

¹² Jabłoński Tomasz, Zarządzanie produkcją. Streszczenie wykładu, WSB, Nowy Sącz 2000, s.21.

¹³ Martyniak Zbigniew, Organizacja i zarządzanie. 15 efektywnych metod, Antykwa s.c., Kluczbork 1997, s.85.

zaledwie 10-15% pozycji asortymentowych występujących w ofercie przedsiębiorstwa, grupa B to ok. 30% pozycji, natomiast grupa C – 50%.

Rys. 3.1: Krzywa ABC (źródło: Martyniak Zbigniew, Organizacja i zarządzanie. 15 efektywnych metod, Antykwa s.c., Kluczbork 1997, s.86).



Należy zaznaczyć, iż analiza ABC nie dzieli towarów czy materiałów na ważne, mniej ważne i nieważne, ale pomaga wyodrębnić pozycje o dużej wartości sprzedaży bądź zużycia. Jest to niezwykle istotne z punktu widzenia zarządzania ich zapasami, ponieważ zapasy te będą także stanowiły dużą wartość.

Najczęściej towary są klasyfikowane według malejącej wartości sprzedaży w optymalnie dobranym okresie czasu (np. rok, kwartał, miesiąc), gdyż przeważnie najczęściej jesteśmy w stanie zaoszczędzić na kosztach magazynowania towarów o dużej wartości tego wskaźnika.

Klasyfikacja ABC jest fundamentem stosowanego obecnie systemu zarządzania zapasami w analizowanej przeze mnie w dalszej części pracy firmie Ozas-Esab sp. z o.o. Kryterium klasyfikacji jest procentowy udział w wartości sprzedaży z okresu ostatnich sześciu miesięcy. Poszczególnym grupom towarów przyporządkowany został wymagany poziom obsługi klienta. W ten sposób grupa A obejmuje towary, dla których POK został ustalony na poziomie 95%, dla grupy B wymagany poziom obsługi wynosi 90%, natomiast grupa C obejmuje towary sprowadzane tylko pod zamówienie, nie mające prawa być magazynowane. Klasyfikacja jest sprawdzana i aktualizowana raz na trzy miesiące (ang. review time) na podstawie historii sprzedaży za ostatnie pół roku, a potencjalna zmiana grupy pociąga za sobą szereg dalszych zmian w postaci innego poziomu obsługi, innej wielkości zapasu zabezpieczającego, innego poziomu informacyjnego itd. Wyniki analizy ABC przeprowadzonej dla towarów wchodzących w skład oferty firmy Ozas-Esab sp. z o.o. zostały, ze względu na ich obszerność, przedstawione w formie wydruku z Excela w załączniku nr 2.

Należy jednak zaznaczyć, iż przeprowadzenie klasyfikacji ABC nie jest całkowicie wystarczające dla podejmowania trafnych decyzji związanych z utrzymywaniem zapasów. Dla uzasadnienia można wskazać na, zamieszczone w załączniku nr 2, przykładowe trzy pozycje zakwalifikowane do grupy A: tulejka gwintowana USMGa-406 (469832 szt.), źródło prądu SYNERMIG-401 (112 szt.) i trzymetrowy uchwyt spawalniczy MB-25AK ze sprężyną (3628 szt.). Pomimo dużej wartości sprzedaży znalazły się dość blisko siebie z całkowicie różnych powodów. Tanich tulejek izolacyjnych sprzedano aż 469832 sztuki wobec zaledwie 124 sztuk profesjonalnego urządzenia spawalniczego jakim jest drogi SYNERMIG-401. Tulejka znalazła się w grupie A ze względu na duży obrót, natomiast SYNERMIG-401 dzięki wysokiej cenie. Trzecia wybrana pozycja – uchwyt spawalniczy – znajduje się pomiędzy obydwoma przedstawionymi wyżej skrajnymi przypadkami. Powyższe spostrzeżenia prowadzą do wniosku, iż niezbędne jest zastosowanie dodatkowego kryterium podziału towarów.

3.2 Klasyfikacja XYZ

Drugim, obok wartości, kryterium podziału towarów bądź materiałów powinna być wielkość ilościowa sprzedaży. Na tym właśnie kryterium oparta jest klasyfikacja XYZ. Podstawą podziału w tej metodzie jest charakter zużycia (sprzedaży):

- Grupa X – pozycje sprzedawane w dużych ilościach, o charakterze masowym;
- Grupa Y – średnia wielkość sprzedaży w ujęciu ilościowym;
- Grupa Z – pozycje sprzedawane raczej jednostkowo, sporadycznie.

Zdarza się, iż klasyfikacja na grupy XYZ jest odnoszona do kryterium regularności zapotrzebowania i precyzyjności prognozowania. Biorąc pod uwagę takie ujęcie mamy do czynienia z następującym podziałem:

- Grupa X – towary o regularnym zapotrzebowaniu (niewielkie wahania) i wysokiej precyzji prognozy;
- Grupa Y – towary o sezonowych wahaniami zapotrzebowania lub odznaczające się widocznym trendem popytu, dla których dokładność prognozy jest zaledwie średnia;
- Grupa Z – towary o nieregularnym zapotrzebowaniu, przy jednocześnie niskiej precyzji prognoz tego zapotrzebowania.

Poniższą klasyfikację ABC/XYZ dla wybranych artykułów oferowanych przez firmę Ozas-Esab sp. z o.o. przeprowadziłem po przyjęciu umownych granic podziału w poszczególnych grupach XYZ: dla wielkości sprzedaży od 1 do 100 sztuk - grupa Z, od 101 do 500 - grupa Y i dla wartości powyżej 500 – grupa X. Kryteria podziału XYZ wynikają przeważnie z charakteru branży oraz lokalizacji zapasu w łańcuchu logistycznym. Ponadto, dokonując poniższej klasyfikacji założyłem, iż przykładowo duży popyt na białą tulejkę izolacyjną MB-401/501 (153644 sztuki) rozkładał się równomiernie i oznacza dużą częstotliwość zakupu. W rzeczywistości mogło się zdarzyć, że tulejki zostały sprzedane dwóm większym dystrybutorom urządzeń i materiałów spawalniczych w ilości po 50000 sztuk i pięciu mniejszym w ilościach po 10000 sztuk, a dopiero pozostałe 3644 sztuki zostały sprzedane indywidualnym klientom. W takim przypadku rozkład popytu byłby całkiem inny niż w razie 153644 indywidualnych zakupów.

Wynik tak przeprowadzonej klasyfikacji ABC/XYZ pozwala w sposób zróżnicowany podejść do zarządzania zapasami poszczególnych pozycji, od tych najbardziej znaczących wartościowo i sprzedawanych w dużych ilościach – grupa AX, do tych sprzedawanych sporadycznie, w małych ilościach i mało znaczących pod względem wartościowym – grupa CZ.

Tab. 3.1: Wynik podziału wybranych pozycji przedstawionych w załączniku nr 2 według klasyfikacji ABC/XYZ.

	X	Y	Z
A	<ul style="list-style-type: none"> - Tulejka izolacyjna MB-401/501 biała - Uchwyt spaw. MB-15AK (3m) ze sprężyną, MB-25AK (3m,4m,5m) ze sprężyną, MB-36KD (3m,4m,5m) ze sprężyną, MB-501D (4m,5m) - ZP-30W, ZP30 Podajnik drutu - Źródło prądu ESABMig 505W, 425W - Tulejka gwintowana USMGa-406 - UF-3 Tulejka rozprężna 	<ul style="list-style-type: none"> - Zespół przewodów MAGOMIG-505W,425W 5 m* - Uchwyt spaw. MB-501D (3 m) - Źródło prądu ESABMig 425, 325, SYNERMIG-401 - Zespół napędowy ZP-15/15E, 20 - Uchwyt spaw. SRT-18 5 m, F-315 - ZP-20/1 Podajnik drutu - UCHW-2 Urządzenie do chłodzenia - Uchwyt plazmowy PSB-121S 6 m - ZP-20, ZP-26 Podajnik drutu 	<ul style="list-style-type: none"> - Zestaw ZET-3, UCHW-2 kpl - ZP-15P Podajnik drutu DPS-402 - Uchwyt plazmowy ABIPLAS CUT 200W 6 m - UCHW-5 Urządzenie do chłodzenia - Źródło prądu TEP- 801
B	<ul style="list-style-type: none"> - Tulejka zaciskowa SRT-18, 18SC, 26 2,4 - Wkład kpl. 2,0/4,5 czerwony 3 m - Zawór elektromag. 24V 9W CELE - Uchwyt spaw. MB-15AK (5m) ze sprężyną - Wentylator MEZAXIAL 3141 230V 2 	<ul style="list-style-type: none"> - Wkład węglowo-teflon. kpl. 2,0/4,0 4,5 m - Wentylator EBM A4E (W-11) - Wkład teflon. kpl. 1,5/4,0 niebieski 3 m - Zawór elektromag. 220V CEME 13,5W - Złącze szybkomocujące ZP-10/12 - Zespół przewodów MAGOMIG-325 5m - Wtyczka SZR28 P7 NG9 - Uchwyt spaw. SRT-26 5 m, F-160 - Zestaw kołowy ZP-10/20, 26 	<ul style="list-style-type: none"> - Uchwyt spaw. SRT-20 8 m, F-315 - Uchwyt plazmowy PSB- 31KK 4 m - Zespół przewodów SYNERMIG-401 10 m - Zespół napędowy ZP- 2 - Zespół przewodów MAGOMIG-425W 10 m - Wentylator WOP 35 DPS-400/402 - Wózek jezdny dwubutlowy
C	<ul style="list-style-type: none"> - Wąż PCV fi 5x1,5 niebieski, czerwony - Wąż gazowy MB-401/501 [m] - Tulejka zaciskowa SRT- 9, 20 2,4 - UF-3 Łuska - Ustnik ZP-10/20 - Tulejka izolacyjna MB-13/15 palnika - Wkręt ZP-10/20 mocujący rolkę podającą - Wkładka topikowa WTA-T 10,0 A 	<ul style="list-style-type: none"> - Wyposażenie uchwytu MB-25AK 3 m 1,2 - Tulejka zaciskowa SRT-18, 18SC, 26 1,0 - Wkład MB-401/501 2,0/4,5 3 m - Wkład kpl. 1,5/4,3 niebieski 4 m - Uchwyt SZR16 P2 EG5 - Zawias pokrywy podajnika ZP-10/26 - Wspornik do płytek drukowanych P3/6 	<ul style="list-style-type: none"> - Wtyczka sterownicza 5-POL - Zacisk bieg. śrubowy ZB-70 - Tulejka zaciskowa SR-24 1,6 - Uchwyt SZR20 P4 EG4 - Wkład tefl. kpl. 2,7/4,7 żółty 5 m - Zespół rolek HD - 1,2 x 3 - Zespół napędowy EUROMAG-180 - Zbiornik – LAW

3.4 Identyfikacja profilu popytu i dopasowywanie rozkładów teoretycznych

Właściwa identyfikacja profilu popytu (profilu zużycia, szybkości zużycia) jest niezwykle ważna, gdyż stanowi podstawę przyjęcia jednego z typowych teoretycznych rozkładów częstości występowania. Otrzymany profil popytu stanowi ponadto swoiste źródło informacji o charakterze zapotrzebowania na dany towar, jednakże praktyczne korzystanie z

niego jest niemal niemożliwe przy jednoczesnym zarządzaniu kilkoma tysiącami pozycji. Co więcej, co zostanie przedstawione w kolejnych rozdziałach mojej pracy, poza jakościową, niezbędną jest również informacja natury ilościowej, pozwalająca na obliczenia dotyczące poziomu obsługi i zapasu zabezpieczającego. Potrzeba opisu rozkładów empirycznych jednym z poniższych trzech typowych rozkładów teoretycznych zdaje się być szczególnie uzasadniona w przypadku, kiedy nie mamy możliwości (np. z powodu braku wystarczającej liczby danych) wyznaczenia charakterystyki analizowanego przez nas rozkładu empirycznego bezpośrednio z próby (np. przy pomocy arkusza kalkulacyjnego Excel) lub w przypadku, kiedy mamy do czynienia z dużą liczbą różnych pozycji i chcemy uprościć sobie zadanie opisu ich rozkładów zapotrzebowania.

3.4.1 Rozkład Poissona

Pierwszym takim typowym rozkładem teoretycznym jest rozkład Poissona. Jest on stosowany dla artykułów wydawanych sporadycznie, o niewielkim ilościowym zużyciu (sprzedaży). Średnia wartość popytu w tym przypadku (w odniesieniu do przyjętej jednostki czasu) w przybliżeniu równa jest kwadratowi jego odchylenia standardowego:

$$P \approx \sigma_p^2 \quad (3.1)$$

Ponadto, prawdopodobieństwo zdarzenia polegającego na wystąpieniu w danym dniu popytu na x jednostek równe jest:

$$(3.2) \quad \frac{P^x}{x!} e^{-P} \quad \text{gdzie } e \text{ to podstawa logarytmu naturalnego.}$$

3.4.2 Rozkład normalny

Rozkładem najczęściej przyjmowanym w przypadku towarów szybko rotujących, o dużym wolumenie sprzedaży jest rozkład normalny, którego charakteryzują dwa parametry: wartość średnia zapotrzebowania P i odchylenie standardowe σ_p .

W tym przypadku dobre dopasowanie rozkładu normalnego do rozkładu doświadczalnego możliwe jest gdy:

$$P > \sigma_P^2 \quad (3.3)$$

3.4.3 Rozkład wykładniczy

„Trzecim stosowanym czasem w praktyce rozkładem częstości występowania popytu jest rozkład wykładniczy. Znajduje on zastosowanie wtedy, gdy mamy do czynienia z „wolną” sprzedażą (zużyciem), ale po obliczeniu wartości średniej i odchylenia standardowego otrzymujemy”¹⁴:

$$P \approx \sigma_P \quad (3.4)$$

3.4.4 Współczynnik zmienności

Zgodność przyjętego rozkładu z rozkładem empirycznym można sprawdzić za pomocą jednego z wielu testów statystycznych. Ponadto, warto również wspomnieć o jeszcze jednym bardzo prostym, a zarazem użytecznym wskaźniku oceny rozkładu, o tzw. współczynniku zmienności. Możemy go zdefiniować jako stosunek odchylenia standardowego popytu do jego średniej wartości:

$$V_P = \frac{\sigma_P}{P} \quad (3.5)$$

Wartość tego wskaźnika pomaga wstępnie określić typ rozkładu (np. $V=1$ wskazuje na rozkład wykładniczy) oraz informuje nas o skali rozrzutu obserwowanych wartości popytu. Większa wartość V_P oznacza większy rozrzut.

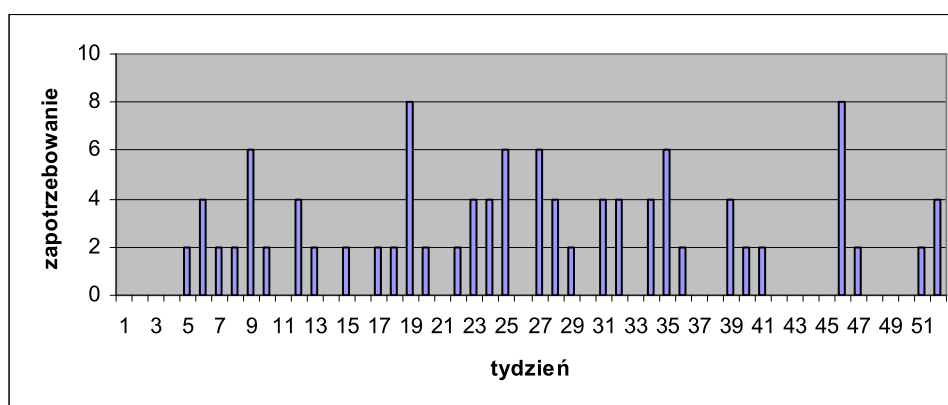
¹⁴ Krzyżaniak Stanisław, Podstawy zarządzania zapasami w przykładach, Instytut LiM, Poznań 2002, s.35.

Prezentacji budowy profilu popytu dokonałem na przykładzie jednego artykułu wybranego z oferty firmy Ozas- Esab sp. z.o.o. - źródła prądu SYNERMIG-401 z grupy towarów AY (zgodnie z wykonaną powyżej klasyfikacją ABC/XYZ), charakteryzującym się dużą wartością roczną sprzedaży, ale równocześnie o niezbyt dużej sprzedaży rocznej w ujęciu ilościowym. Profil został stworzony w układzie tygodniowym przy założeniu równomierności sprzedaży w ciągu roku. Poniższa tablica zawiera dane dotyczące tygodniowego popytu na badany artykuł, na podstawie których został ustalony empiryczny (czyli doświadczalny, gdyż powstaje w wyniku bezpośredniej analizy danych doświadczalnych) rozkład częstotliwości występowania popytu i przedstawiony jego profil.

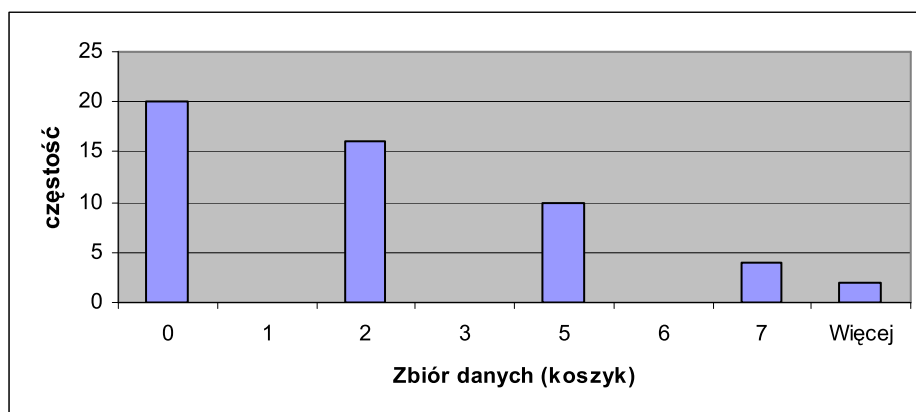
Tab. 3.2: Wartości tygodniowego popytu na artykuł SYNERMIG-401 w roku 2004..

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
0	0	0	0	2	4	2	2	6	2	0	4	2
T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26
0	2	0	2	2	8	2	0	2	4	4	6	0
T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39
6	4	2	0	4	4	0	4	6	2	0	0	4
T40	T41	T42	T43	T44	T45	T46	T47	T48	T49	T50	T51	T52
2	2	0	0	0	0	8	2	0	0	0	2	4

Rys. 3.2: Przebieg zmian popytu na artykuł SYNERMIG-401 w roku 2004.



Rys. 3.3: Rozkład częstości występowania wartości popytu na artykuł SYNERMIG-401 w roku 2004.



Tab. 3.3: Statystyka opisowa dla popytu na artykuł SYNERMIG-401 w roku 2004.

Statystyka opisowa	
Średnia	2,153846
Błąd standardowy	0,309946
Mediana	2
Tryb	0
Odchylenie standardowe	2,235056
Wariancja próbki	4,995475
Kurioza	0,136793
Skośność	0,895351
Zakres	8
Minimum	0
Maksimum	8
Suma	112
Licznik	52

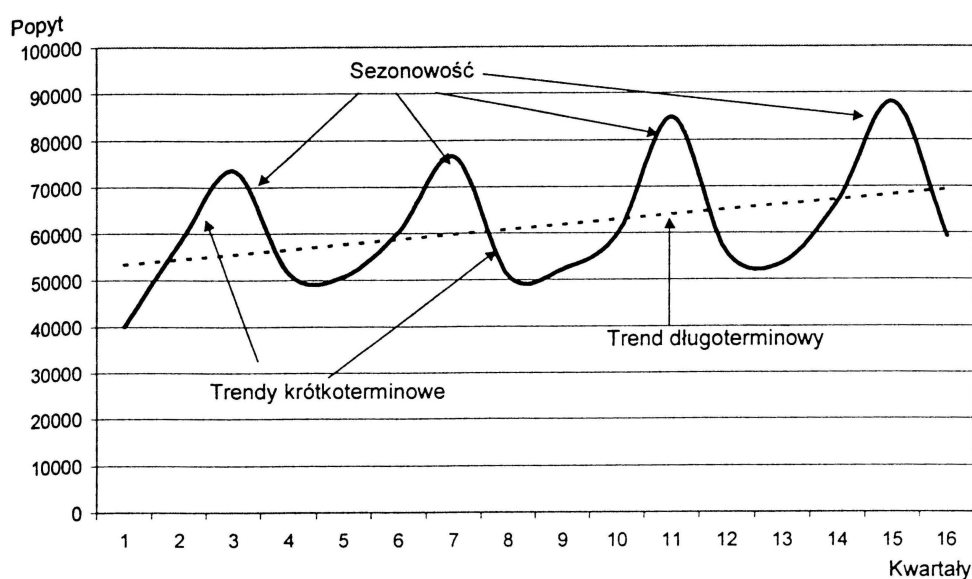
Jak możemy odczytać z powyższej tablicy wartość średnia popytu na analizowany artykuł jest bardzo zbliżona do wartości odchylenia standardowego tego popytu, dlatego też zgodnie ze wzorem 3.4 możemy stwierdzić, iż najlepszym rozkładem teoretycznym opisującym badany rozkład empiryczny będzie rozkład wykładniczy. Ponadto korzystając ze wzoru 3.5 otrzymałem wartość współczynnika zmienności równą 1,038 co potwierdza zgodność przyjętego rozkładu z rozkładem empirycznym (wartość oscyluje wokół jedności).

3.5 Trendy i sezonowość popytu

Zapotrzebowanie charakteryzuje się zmiennością w czasie, w której można wyróżnić zmiany sezonowe, trendy długookresowe, trendy krótkookresowe i odchylenia losowe. Odchylenia losowe uzewnętrzniają się przykładowo w formie rozkładów częstości występowania, co zostało przedstawione w tym rozdziale na konkretnym przykładzie. Sezonowość i obecność trendów została jednak wykluczona wraz z założeniem przeze mnie równomiernego rozłożenia popytu w rozważanych okresach (stacjonarność przebiegu).

Warto również wspomnieć, iż „z zagadnieniem trendów, zarówno rosnących jak i malejących wiąże się też zagadnienie identyfikacji aktualnego położenia produktu na jego krzywej życia, albo jego położenia w jednej ze znanych macierzy marketingowych, jak choćby macierzy Boston Consulting Group. Jest przecież oczywiste, że sposób zarządzania zapasami produktu znajdującego się w fazie wzrostu różnić się będzie od zarządzania zapasami produktu znajdującego się np. w fazie wycofywania. Podobnie inaczej będziemy postępować z produktami „gwiazdami” niż z „dojnymi krowami” w macierzy BCG. Często także „wędrówka produktu” wzdłuż jego krzywej życia, czy też kolejnych polach macierzy BCG towarzyszą zmiany jego położenia w ramach klasyfikacji ABC/XYZ”¹⁵.

Rys. 3.4: Typowe formy zmian popytu w funkcji czasu (źródło: Krzyżaniak Stanisław, Podstawy zarządzania zapasami w przykładach, Instytut LiM, Poznań 2002, s.39).



¹⁵ Krzyżaniak Stanisław, Podstawy zarządzania zapasami w przykładach, Instytut LiM, Poznań 2002, s.38.

ROZDZIAŁ 4

4. PROGNOZOWANIE POPYTU

Efektywne zarządzanie zapasami wiąże się z umiejętnością przewidywania przyszłych zdarzeń. „Obejmować one mogą zjawiska makroekonomiczne, mające potencjalnie wpływ na funkcjonowanie przedsiębiorstwa i dotyczyć np. podstawowych relacji kosztowych, polityki podatkowej i celnej państwa. Jednak z punktu widzenia operacyjnego zarządzania zapasami najistotniejszym przedmiotem przewidywania jest przyszły popyt na towary lub materiały”¹⁶.

4.1 Metody prognozowania

Prognozy przyszłego popytu można dokonać na podstawie pewnego doświadczenia w danej dziedzinie i w oparciu o określoną wiedzę ekspercką. Przeważnie jednak konieczne jest dodatkowe wsparcie w postaci metod formalnych, będących pewnymi zależnościami w postaci funkcji matematycznych.

Można dokonać następującej klasyfikacji metod prognozowania:

- Metody oparte na szeregach czasowych („prognozowany popyt jest wyłącznie – mniej lub bardziej złożoną - funkcją wcześniej zarejestrowanych wartości popytu, przy czym rejestracja ta ma miejsce w określonych odstępach czasu (np. dzień, tydzień, miesiąc, kwartał). Częstość pomiaru zależy zarówno od charakteru popytu na dane dobro, jak i oczywiście od stosowanych rozwiązań w sferze pozyskiwania, gromadzenia i wykorzystywania tego typu informacji”¹⁷;
- Metody prognozowania przyczynowo- skutkowego (metody te stanowią równania regresji pojedynczej bądź wielokrotnej, w zależności od ilości zmiennych objaśniających). Do przeprowadzenia prognoz tego typu niezbędne są jednak dane tzw. zewnętrzne, przeważnie trudne do uzyskania.

¹⁶ Krzyżaniak Stanisław, Podstawy zarządzania zapasami w przykładach, Instytut LiM, Poznań 2002, s.44.

¹⁷ Krzyżaniak Stanisław, Podstawy zarządzania zapasami w przykładach, Instytut LiM, Poznań 2002, s.44.

Metody powyższe można podzielić w następujący sposób:

- Prognozowanie krótkoterminowe szeregów nie wykazujących istotnych zmian trendu, tzw. quasi-stacjonarnych (średnia arytmetyczna, średnia arytmetyczna ruchoma, średnia arytmetyczna ważona, proste wygładzanie wykładnicze wg modelu Browna);
- Prognozowanie krótkoterminowe szeregów wykazujących istotne zmiany trendu, tzw. niestacjonarnych (wygładzanie wykładnicze wg modelu Holta);
- Prognozowanie średnioterminowe i długoterminowe popytu odznaczającego się brakiem zmian sezonowych (prosta regresja liniowa);
- Prognozowanie zmian popytu o charakterze sezonowym (prosta metoda współczynników sezonowości, metoda współczynników sezonowości oparta o wygładzanie średnią ruchomą, metoda Wintera).

Celem każdej z wyżej wymienionych metod jest wyznaczenie na drodze obliczeń takich wartości jak:

- Oczekiwana (średnia) wartość popytu na kolejny okres (ewentualnie kilka kolejnych okresów),
- Miary odchylenia (zmienności) popytu od prognoz (np. odchylenie standardowe),
- Typ rozkładu popytu jako zmiennej losowej.

4.1.1 Prognozowanie krótkoterminowe szeregów stacjonarnych

Metoda średniej

Prognozowanie za pomocą zwykłej średniej arytmetycznej określamy mianem konserwatywnego, co oznacza, iż nowo napływające informacje nie mają dużego wpływu na wartość prognozy. Należy również pamiętać o tym, że „im starsze dane wchodzi w formułę obliczeniową, tym bardziej prognoza będzie obciążona odległymi w czasie zdarzeniami”¹⁸.

Prognozę obserwacji Pr_{i+1} na okres „i+1” można otrzymać stosując średnią, zgodnie z poniższym wzorem:

$$Pr_{i+1} = \frac{\sum_{j=1}^i P_j}{i} \quad (4.1)$$

gdzie:

Pr_i – prognoza na okres „i”,

P_i – zapotrzebowanie rzeczywiste w okresie „i”,

Metoda średniej ruchomej

Pojęcie średniej ruchomej występuje zarówno w kontekście identyfikacji trendu jak i przy obliczaniu prognoz krótkoterminowych. W celu otrzymania takiej prognozy należy zastosować poniższy wzór:

$$Pr_{i+1} = \frac{\sum_{j=i+1-k}^i P_j}{k} \quad (4.2)$$

Możemy zauważyć, iż średnia ruchoma, jako prognoza, istotnie różni się od średniej ruchomej, stosowanej jako metody wygładzania danych, gdyż przewidywanie na kolejny okres oparte jest na k ostatnich danych z szeregu czasowego, a nie na danych przed i po obserwacji w momencie i .

¹⁸ Krzyżaniak Stanisław, Podstawy zarządzania zapasami w przykładach, Instytut LiM, Poznań 2002, s.48.

Metoda średniej ruchomej jest także dość konserwatywna przy prognozowaniu. W przypadku, gdy podstawa k jest dość duża, wpływ świeżo napływającej informacji P_{i+1} na wartość prognozy Pr_{i+2} jest niewielki. Metodę średniej ruchomej w prognozowaniu czasem oznacza się poprzez $MA(k)$.

Metoda prostego wygładzania wykładniczego

Metoda ta jest niezwykle popularna wśród prognozowania krótkoterminowego. Jest lepsza od metody zwykłej średniej jak i średniej ruchomej, gdyż pozbawiona jest jednej istotnej wady, tj. konserwatywizmu, polegającego na przydzielaniu takich samych wag obserwacjom bieżącym i obserwacjom odległym w czasie.

Prognoza Pr_{i+1} na okres „ $i+1$ ” otrzymywana jest z następującego wzoru:

$$Pr_{i+1} = Pr_i + \alpha * (P_i - Pr_i) \quad (4.3)$$

Parametr α , będący stałą wygładzania, zawiera się w przedziale $\langle 0;1 \rangle$ i pozwala nam zmieniać wpływ bieżącej informacji na wartość prognozy. „Im α jest bliższe 0 tym w większym stopniu brane są pod uwagę wcześniejsze dane historyczne. Zwiększenie wartości stałej α w stronę 1 zmniejsza to znaczenie”¹⁹. Zależność ta jest bardziej widoczna po przekształceniu wzoru do następującej postaci:

$$Pr_{i+1} = P_i * \alpha + Pr_i * (1 - \alpha) \quad (4.4)$$

4.1.2 Prognozowanie krótkoterminowe szeregów niestacjonarnych

Wygładzanie wykładnicze według modelu Holta

Do wcześniej opisanych metod przewidywania krótkoterminowego warto jeszcze dodać dwuparametryczny model wygładzania wykładniczego, nazywany modelem Holta, który

¹⁹ Krzyżaniak Stanisław, Podstawy zarządzania zapasami w przykładach, Instytut LiM, Poznań 2002, s.49.

umożliwia wyznaczenie oceny przyrostu średniej, czyli trendu. W modelu tym prognozę Pr_{i+j} na okres „i+j” otrzymujemy ze wzoru:

$$Pr_{i+j} = a_i + b_i * j \quad (4.5)$$

gdzie:

Pr_i – prognoza na okres „i”,

P_i – zapotrzebowanie rzeczywiste w okresie „i”,

α – stała wygładzania zawierająca się w przedziale $<0;1>$,

β – stała wygładzania trendu zawierająca się w przedziale $<0;1>$.

$$a_i = \alpha * P_i + (1 - \alpha) * (a_{i-1} + b_{i-1}) \quad (4.6)$$

$$b_i = \beta * (a_i - a_{i-1}) + (1 - \beta) * b_{i-1} \quad (4.7)$$

Wyżej opisane modele przewidywania oparte na szeregach czasowych dotyczyły wyłącznie prognoz krótkoterminowych i wspomagają przewidywania popytu w operacyjnym horyzoncie czasowym (są pomocne na przykład przy ustalaniu wielkości najbliższych dostaw).

4.1.3 Prognozowanie długoterminowe

Równie duże znaczenie w zarządzaniu zapasami ma przewidywanie zapotrzebowania w dłuższych okresach czasu (np. kwartałach, półroczach czy nawet kolejnych latach). Rzetelne prognozy tak agregowanego popytu, obok ogólnego znaczenia dla planowania funkcjonowania całej firmy, są także istotne dla podejmowania decyzji dotyczących zarządzania zapasami.

Model regresji liniowej

W większości przypadków prognozowania długoterminowego wiarygodne wyniki można uzyskać poprzez zastosowanie modelu regresji liniowej. „Dzisiejsze narzędzia służące obliczeniom, począwszy od kalkulatorów, przez arkusz kalkulacyjny Excel, aż po specjalizowane pakiety statystyczne pozwalają bez trudu wyznaczyć parametry

(współczynniki) prostej najmniejszych kwadratów stanowiącej geometryczną reprezentację regresji liniowej. Prostą tę można przedstawić w różnych postaciach, zależnych m.in. od sposobu zdefiniowania tzw. zmiennej niezależnej²⁰. Należy jednak pamiętać, że prognoza w oparciu o model regresji liniowej może dawać zafałszowane wyniki, jeżeli dane historyczne są mocno ze sobą skorelowane w czasie.

W naszym przypadku zmienną niezależną (i) jest czas (numer porządkowy okresu), a wzór analityczny przedstawia się następująco:

$$Pr_i = a * i + b \quad (4.8)$$

Modele regresji krzywoliniowej

W wielu przypadkach charakter zmian długoterminowych nie będzie liniowy, a to oznacza konieczność zastosowania, zamiast modelu liniowego, innego modelu regresji (np. wykładniczego, wielomianowego, logarytmicznego czy potęgowego), będącego właściwszym opisem zmian i zapewniającego właściwą prognozę. W takim przypadku kryterium wyboru najwłaściwszego modelu jest wartość współczynnika determinacji R^2 , będącego kwadratem współczynnika korelacji, informującego o stopniu współzależności zmiennej objaśnianej i zmiennej objaśniającej. Po porównaniu poszczególnych wartości, wybieramy model o największym R^2 oraz oczywiście z najmniejszą wariancją reszt, które mają być jak najbardziej zbliżone do tak zwanego białego szumu.

4.1.4 Prognozowanie zmian popytu o charakterze sezonowym

W przypadku, kiedy popyt wykazuje ewidentnie charakter sezonowy prognozowanie długoterminowe za pomocą modelu regresji liniowej bądź krzywoliniowej nie przyniesie zadowalających efektów w postaci wiarygodnych wyników, po prostu nie sprawdzi się.

²⁰ Krzyżaniak Stanisław, Podstawy zarządzania zapasami w przykładach, Instytut LiM, Poznań 2002, s.63.

Do najpopularniejszych metod przewidywania zapotrzebowania wykazującego zmiany sezonowe zaliczamy:

- Metodę opartą na współczynnikach sezonowości odniesionych do średniego popytu w cyklu zmian sezonowych,
- Metodę opartą na współczynnikach sezonowości odniesionych do popytu wyrównanego modelem regresji,
- Metodę opartą na współczynnikach sezonowości odniesionych do popytu wygładzonego średnią ruchomą,
- Metodę opartą na trendach jednoimiennych okresów.

Ze względu na obszerność zagadnienia nie będę się zagłębiać w opis każdej z powyższych metod, a zaznaczę jedynie, iż do prognozy popytu na wybrany produkt analizowanej przeze mnie spółki wybrałem metodę opartą na współczynnikach sezonowości odniesionych do średniego popytu w cyklu zmian sezonowych, a jej algorytm został szczegółowo przedstawiony w części praktycznej mojej pracy.

4.2 Podstawowe parametry oceny jakości prognoz

Dokładność, czyli jakość poszczególnych przewidywań będzie różna, w zależności od konkretnego przypadku. Do oceny jakości pojedynczej prognozy stosujemy błąd „i-tej” prognozy, czyli tzw. resztę:

$$e_i = P_i - Pr_i \quad (4.9)$$

Ponadto, do oceny prognozowania służą trzy podstawowe miary stanowiące ocenę prognoz w przyjętym okresie obejmującym „n” przewidywań. Należą do nich:

- Średni błąd prognozy

$$e = \frac{\sum_1^n (P_i - Pr_i)}{n} \quad (4.10)$$

- Średni bezwzględny błąd prognozy (MAE)

$$d = \frac{\sum_1^n |P_i - Pr_i|}{n} \quad (4.11)$$

- Standardowy średniokwadratowy błąd prognozy (MSE)

$$s = \sqrt{\frac{\sum_1^n (P_i - Pr_i)^2}{n-1}} \quad (4.12)$$

Należy zwrócić uwagę na fakt, iż jeżeli błędy e_i podlegają rozkładowi normalnemu to zachodzi zależność: $s=1,25*d$. „Dla poprawnie dobranego modelu prognostycznego średni błąd prognozy e powinien w dłuższym okresie dążyć do 0, zaś spośród modeli wykazujących tę własność należy stosować ten, dla którego standardowy błąd prognozy s jest najmniejszy”²¹.

- Sygnał śledzący (TS)

Istnieje jeszcze jeden wskaźnik jakości prognoz, umożliwiający szybką ocenę poprawności doboru modelu. Wskaźnik ten nazywany jest sygnałem śledzącym TS (ang. tracking signal) i umożliwia bieżące monitorowanie procesu przewidywania. Bieżącą wartość TS możemy otrzymać ze wzoru:

$$TS_j = \frac{e_j}{d_j} \quad (4.13)$$

²¹ Krzyżaniak Stanisław, Podstawy zarządzania zapasami w przykładach, Instytut LiM, Poznań 2002, s.53.

gdzie:

e_j – średni błąd prognozy po okresie „j”,

d_j – średni bezwzględny błąd prognozy po okresie „j”.

Przewidywanie zapotrzebowania należy do najistotniejszych zadań determinujących efektywne zarządzanie zapasami w firmie. Im dokładniejsza prognoza, tym większa szansa uniknięcia zbędnych kosztów związanych z utrzymywaniem nadmiernego zapasu. Czasem warto ponieść znaczne nakłady na prognozowanie, gdyż zazwyczaj owocuje to dużymi oszczędnościami. Zamieszczona w dalszej części pracy analiza przypadku firmy Ozas-Esab sp. z o.o. również obejmuje element prognozy, który jest niezwykle istotny dla zaplanowania optymalnego poziomu zapasu i uniknięcia niepotrzebnego zamrożenia kapitału. Do przewidywania przyszłego zapotrzebowania wykorzystane zostaną zatem metody prognozowania oparte na szeregach czasowych, będących danymi zgromadzonymi wewnątrz przedsiębiorstwa. Są one zupełnie wystarczające, zwłaszcza jeżeli chodzi o przewidywanie krótkoterminowe. Ze względu na fakt, iż rozkład popytu na urządzenia wchodzące w skład oferty firmy Ozas-Esab sp. z o.o. ma charakter stacjonarny, czyli nie wykazuje istotnych zmian sezonowych ani nie posiada trendu, jedyną sensowną i uzasadnioną prognozą na następny rok jest wartość średnia obliczona na podstawie ubiegłorocznych danych. W takim przypadku odchylenie standardowe błędu prognozy popytu jest równe po prostu odchyleniu standardowemu popytu od średniej. Jednakże analizując przebieg zmian popytu na sprzedawane przez spółkę części zamienne możemy wyraźnie zauważyć zarówno trend o charakterze rosnącym jak i ewidentną sezonowość związaną z koniecznością wymiany zużytych części na drodze eksploatacji urządzeń. W celu otrzymania prognozy zapotrzebowania na pierwszy kwartał roku 2005, dokonałem analizy danych historycznych opisujących rozkład popytu na przestrzeni okresu ostatnich sześciu lat i użyłem metody opartej na współczynnikach sezonowości odniesionych do średniego popytu w cyklu zmian sezonowych.

ROZDZIAŁ 5

5. POZIOM OBSŁUGI KLIENTA I ZAPAS ZABEZPIECZAJĄCY

5.1 Losowa zmienność popytu w cyklu uzupełnienia zapasu

Znajomość rozkładu popytu obserwowanego w przyjętej jednostce czasu pomaga przewidzieć prawdopodobieństwo wystąpienia pewnych zdarzeń związanych z zapasem, a przede wszystkim ryzyko wystąpienia braku lub oczekiwaną liczbę braków w danym okresie. Dla podejmowania trafnych decyzji dotyczących odnawiania zapasu jest jednak istotne nie to, jak zachowuje się popyt w dowolnie przyjętej jednostce czasu, lecz jak przedstawiają się jego zmiany w czasie upływającym od chwili wystąpienia obiektywnej potrzeby uzupełnienia zapasu do momentu jego udostępnienia do sprzedaży. Umiejętne określenie rozkładu popytu w cyklu uzupełnienia zapasu umożliwia skuteczne realizowanie przyjętych modeli odnawiania zapasu, gwarantujących założony poziom obsługi klienta.

Dla prawidłowego określenia wielkości zapasu zabezpieczającego niezbędna jest umiejętność jak najdokładniejszego zidentyfikowania i opisanie trendów i zmian sezonowych, a także ilościowego określenia zmian o charakterze losowym, nie dających się opisać modelem opartym na analizie szeregu czasowego. Dalsze rozważania będą oparte na przebiegach stacjonarnych (wartości zapotrzebowania oscylują wokół pewnej stałej wartości średniej), dla których prognozy na kolejne okresy są równe wartości średniej, a co za tym idzie, zachodzi prosta zależność pomiędzy błędem standardowym prognozy s , a odchyleniem standardowym popytu σ_P :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_1^n (P_i - Pr_i)^2}{n-1}} = \sigma_P = \sqrt{\frac{\sum_1^n (P_i - P)^2}{n-1}} \quad (5.1)$$

gdzie:

P_i – „i-ty” kolejny obserwowany rzeczywisty popyt,

Pr_i – prognoza zapotrzebowania na „i-ty” okres,

P – średnia wartość zapotrzebowania w badanym okresie obejmującym „n” obserwacji.

5.2 Cykl uzupełnienia zapasu

Przy podejmowaniu wszelkich decyzji dotyczących zarządzania zapasami niezwykle istotnym elementem wymagającym wnikliwej analizy jest cykl uzupełnienia zapasu, gdyż bardzo ważne jest to jak kształtuje się zapotrzebowanie i co dzieje się z zapasem nie w przyjętej jednostce czasu, lecz w okresie oczekiwania na uzupełnienie zapasu. Szczególne znaczenie ma długotrwałość cyklu uzupełnienia zapasu, ponieważ inaczej będzie wyglądała sytuacja, jeżeli czas cyklu uzupełnienia zapasu białych tulejek izolacyjnych MB-401/501 będzie wynosił dwa dni, a inaczej, jeżeli ten czas wydłuży się do dwóch tygodni. Poza średnim czasem cyklu uzupełnienia zapasu T , istotna jest również jego zmienność, wyrażana przeważnie odchyleniem standardowym σ_T .

Należy koniecznie zaznaczyć, iż średnia długotrwałość cyklu T i czas realizacji zamówienia τ_{RZ} to dwie całkowicie różne rzeczy. Oczywiście jest bowiem, że „ryzyko wystąpienia braku zapasu dotyczy okresu od wystąpienia potrzeby uzupełnienia zapasu przez zamówienie nowej dostawy, aż do chwili udostępnienia materiału (towaru) pochodzącego z tej dostawy do zużycia (sprzedaży). Pomiędzy tymi dwoma zdarzeniami zachodzi wiele innych zdarzeń, a cała ich sekwencja może w ogólnym przypadku obejmować:

1. Wystąpienie potrzeby uzupełnienia zapasu (fakt obiektywny)
2. Stwierdzenie (dostrzeżenie) wystąpienia tej potrzeby
3. Przygotowanie zamówienia
4. Wysłanie zamówienia
5. Przyjęcie zamówienia przez dostawcę
6. Kompletacja lub produkcja zgodnie z zamówieniem
7. Przygotowanie dostawy do wysyłki
8. Transport dostawy
9. Przyjęcie dostawy (kontrola jakości)
10. Złożenie w magazynie
11. Udostępnienie do zużycia

W szczególnych przypadkach do powyższej listy trzeba dodać: oczekiwanie na odprawę celną, na granicy, składowanie w magazynie celnym itp.”²²

Analizując powyższą listę możemy szybko zauważyć, iż po stronie dostawcy zachodzą zdarzenia objęte trzema lub czterema punktami (5-7 lub 5-8), a zatem będzie przeważnie zachodziła nierówność $T > \tau_{RZ}$. Natomiast przyczyną zmienności czasu T , jest fakt, iż właśnie czas T jest sumą kilkunastu czasów składowych, wpływających pomiędzy poszczególnymi zdarzeniami ($T = \tau_{1-2} + \tau_{2-3} + \tau_{3-4} + \dots + \tau_{10-11}$).

Znajomość rozkładu zapotrzebowania w cyklu uzupełnienia zapasu jest niezbędna przy tworzeniu odpowiedniego zapasu zabezpieczającego i podejmowania innych trafnych decyzji ze sfery zarządzania zapasami. Należy jednak zaznaczyć, iż znajomość rozkładu dziennego zapotrzebowania na pewien artykuł, na przykład na wyżej wspomniane białe tulejki izolacyjne MB-401/501, będzie niewystarczająca, jeżeli cykl uzupełnienia zapasu będzie obejmował wszystkie, opisane powyżej składowe i trwał na przykład dwa tygodnie.

5.3 Poziom obsługi klienta (POK)

Poziom obsługi klienta jest niezwykle ważną kategorią determinującą procesy zarządzania zapasami i określa on zdolność systemu do obsłużenia zmiennego zapotrzebowania bezpośrednio ze zgromadzonego zapasu.

Zagwarantowanie odpowiedniego poziomu obsługi należy do podstawowych celów kształtowania i utrzymywania zapasu zabezpieczającego. Bez wyznaczenia tego poziomu niemożliwe jest określenie wymaganej wielkości zapasu zabezpieczającego. „Poziom obsługi klienta (POK) w odniesieniu do zarządzania zapasami można zdefiniować dwojako:

- 1 Jako prawdopodobieństwo nie wystąpienia braku w zapasie w danym cyklu uzupełniania zapasu. Tak zdefiniowany poziom obsługi będziemy oznaczać jako POK1.

²² Krzyżaniak Stanisław, Podstawy zarządzania zapasami w przykładach, Instytut LiM, Poznań 2002, s.88.

2. Jako stopień ilościowej realizacji zamówień. Tak rozumiany poziom obsługi będziemy określali jako POK2.

- POK1=95% oznacza, że prawdopodobieństwo zdarzenia „w danym cyklu uzupełniania zapasu cały prognozowany popyt zostanie zaspokojony” wynosi 0,95. Inaczej mówiąc ryzyko wystąpienia braku w zapasie wynosi 0,05.
- POK2=95% oznacza, że w danym cyklu uzupełnienia zapasu zrealizowane zostanie 95% popytu, tzn. jeśli popyt w danym cyklu wynosił np. 1000 jednostek, to z zapasu wydano 950 jednostek”²³.

Należy przy tym pamiętać, iż zapewnienie prawdopodobieństwa zaspokojenia popytu na danym poziomie (POK1) nie jest równoznaczne z realizacją ilościową popytu na tym samym poziomie (POK2).

W praktyce, „dla konkretnego asortymentu, powinno się stosować jeden ze zdefiniowanych wyżej parametrów poziomu obsługi. Wybór ten powinien być uzależniony od charakteru materiału (towaru), jego przeznaczenia oraz natury konsekwencji (m.in. ekonomicznych) związanych z faktem wystąpienia braku w zapasie.

Poziom obsługi rozumiany jako prawdopodobieństwo nie wystąpienia braku (POK1) będzie miał większe znaczenie wszędzie tam, gdzie istotna jest nie tyle wielkość brakującego zapasu, ale sam fakt wystąpienia braku. Będzie to dotyczyło zatem zaopatrzenia materiałowego i surowcowego produkcji, zabezpieczenia w części zamiennie, a także dostaw do finalnych odbiorców, tam gdzie niezrealizowanie zamówienia może grozić utratą ważnego klienta.

Poziom obsługi traktowany jako poziom ilościowej realizacji popytu (POK2) ma znaczenie tam, gdzie na wyniku waży zrealizowanie każdego pojedynczego zamówienia, szczególnie więc w handlu i dystrybucji, gdzie każdy brak w zapasie oznacza np. utratę marży”²⁴.

²³ Krzyżaniak Stanisław, Podstawy zarządzania zapasami w przykładach, Instytut LiM, Poznań 2002, s.100.

²⁴ Krzyżaniak Stanisław, Podstawy zarządzania zapasami w przykładach, Instytut LiM, Poznań 2002, s.104-105.

W praktyce poziom obsługi klienta jest zazwyczaj ustalany na podstawie doświadczenia, literatury, porównań z konkurencją bądź wręcz intuicyjnie. Mając do dyspozycji pewne dane dotyczące kosztów wystąpienia braków można poddać optymalizacji poziom obsługi, a co za tym idzie, poziom zapasu zabezpieczającego.

5.4 Zapas zabezpieczający (ZB)

Pojęcie zapasu zabezpieczającego jest ściśle związane z wyżej opisanym pojęciem poziomu obsługi klienta.

„Dane i informacje niezbędne do przeprowadzenia właściwych obliczeń tego zapasu, koniecznego do utrzymywania w przyjętym okresie obejmują:

1. Oszacowanie odchylenia standardowego błędu prognozy popytu w cyklu uzupełnienia zapasu s_{PT} . Do jego wyznaczenia konieczna jest znajomość:
 - Prognozy średniej wartości popytu P ,
 - Odchylenia standardowego błędu prognozy s ,
 - Oczekiwanego czasu cyklu uzupełnienia zapasu T ,
 - Odchylenia standardowego czasu cyklu uzupełnienia σ_T ;
2. Wymagany poziom obsługi; zarówno definicję (POK1 lub POK2) jak i wartość. Poziom ten można wyznaczyć na podstawie:
 - Doświadczenia,
 - Danych literaturowych,
 - Porównań z konkurencją (benchmarking),
 - Określonych wymagań odbiorców,
 - Rachunku optymalizacyjnego przy znajomości zarówno kosztów utrzymywania zapasu jak i wystąpienia braku w zapasie.

3. Przyjęty sposób odnawiania zapasu”²⁵. Występują dwa podstawowe modele: model zamawiania oparty na poziomie informacyjnym oraz model zamawiania oparty na przeglądzie okresowym. Modele te zostaną dokładnie przeze mnie opisane w dalszej części pracy, natomiast w poniższych rozważaniach zamierzam oprzeć się na pierwszym z nich..

„Zapasy zabezpieczające nie mają wpływu na liczbę ponownych zamówień, która jest ciągle definiowana przez EOQ, ale mają one wpływ na czas wysłania zamówienia. Zwykle poziom ponownego zamówienia jest podnoszony przez ilość zapasu zabezpieczającego (...). Im większe są zapasy zabezpieczające, tym lepsze jest zabezpieczenie przeciwko niespodziewanie wysokiemu popytowi i tym lepsza obsługa klientów. Oczywiście, koszt przechowywania większych zapasów jest także wyższy”²⁶.

Jak już wiadomo, poziom zapasu zabezpieczającego ulegnie zmianie wraz ze zmianą:

- Odchylenia standardowego popytu -> błędu standardowego prognozy popytu w obserwowanym okresie czasu;
- Odchylenia standardowego czasu cyklu uzupełnienia zapasu σ_T ;
- Średniego czasu cyklu uzupełnienia zapasu T ;
- Wymaganego poziomu obsługi klienta $POK1$ lub $POK2$.

Wzrost któregokolwiek z wyżej wymienionych parametrów niesie ze sobą wzrost koniecznego zapasu zabezpieczającego. W przypadku drugiej definicji poziomu obsługi $POK2$, poziom niezbędnego zapasu zabezpieczającego uzależniony jest również od wielkości dostawy. „Im częściej zamawiamy, tym większa liczba cykli uzupełniania zapasu i tym częściej stajemy wobec ryzyka wystąpienia braku. Fakt ten powoduje wzrost oczekiwanej sumarycznej liczby braków, choć samo ryzyko (związane z definicją $POK1$) oraz standaryzowana liczba braków w jednym cyklu nie zmieniają się ze zmianą wielkości i częstotliwości dostaw”²⁷.

W przypadku analizowanego przeze mnie przedsiębiorstwa Ozas-Esab sp. z o.o., popyt na oferowane przez to przedsiębiorstwo urządzenia spawalnicze jest bardzo zmienny, przy

²⁵ Krzyżaniak Stanisław, Podstawy zarządzania zapasami w przykładach, Instytut LiM, Poznań 2002, s.110.

²⁶ Donald Waters, Zarządzanie operacyjne. Towary i usługi, PWN, Warszawa 2001, s.561.

²⁷ Krzyżaniak Stanisław, Podstawy zarządzania zapasami w przykładach, Instytut LiM, Poznań 2002, s.118.

równocześnie wysokim odchyleniu standardowym tego popytu w okresie między złożeniem zamówienia a otrzymaniem towaru. Tak więc bardzo wysokie zapasy zabezpieczające są niezbędne, żeby utrzymać poziom obsługi blisko 100%. Jednak takie podejście zwykle jest zbyt drogie i organizacje w takim przypadku ustalają niższy poziom, z reguły około 95%. Niekiedy korzystniej jest dać jednostkom różne poziomy obsługi, w zależności od ich znaczenia. Wówczas bardzo ważne jednostki mają poziom obsługi bliski 100%, natomiast te mniej istotne w granicach 85%. W firmie Ozas-Esab sp. z o.o. wymagany poziom obsługi klienta jest uzależniony od aktualnej przynależności wybranych towarów do jednej z grup, zgodnie z klasyfikacją ABC. I tak grupa A obejmuje towary, dla których POK został ustalony na poziomie 95%, dla grupy B wymagany poziom obsługi wynosi 90%, natomiast grupa C obejmuje towary sprowadzane tylko pod zamówienie, nie mające prawa być magazynowane. Raz w kwartale następuje analiza historii sprzedaży na przestrzeni ostatnich sześciu miesięcy i klasyfikacja ulega aktualizacji, w rezultacie której, niektóre oferowane produkty mogą zmienić swój wymagany poziom obsługi, a co za tym idzie również wielkość wymaganego zapasu zabezpieczającego

ROZDZIAŁ 6

6. PODSTAWOWE MODELE W ZARZĄDZANIU ZAPASAMI

6.1 Modele uzupełniania zapasu

6.1.1 System zamawiania oparty na poziomie informacyjnym (model ROP)

Jednym z podstawowych modeli odnawiania zapasów jest system zamawiania oparty na poziomie informacyjnym. Charakteryzuje się on przede wszystkim tym, że decyzja o złożeniu zamówienia podejmowana jest wówczas, gdy poziom wolnego zapasu spada poniżej określonego poziomu, nazywanego poziomem informacyjnym lub poziomem ponownego zamówienia (Reorder Point).

„Podstawowy, klasyczny model systemu zamawiania opartego na poziomie informacyjnym jest realizowany w oparciu o następujące założenia i warunki:

- Dostawca akceptuje złożenie zamówienia w dowolnym momencie;
- W każdej chwili, w praktyce po każdej transakcji magazynowej (przyjęcie lub wydanie), znany jest stan tzw. zapasu wolnego (dysponowanego) ZW. Dzisiejsze, najczęściej z informatyzowane systemy wspomagające gospodarkę materiałową i magazynową, w swojej warstwie ewidencyjnej, gwarantują pełną dostępność do tej informacji, w praktyce wystarczy jednak wiedzieć tylko, czy wolny zapas jest większy czy mniejszy od ustalonego poziomu informacyjnego;
- Zamówienie zostaje złożone wtedy, gdy po kolejnym wydaniu dobra materialnego, stan jego zapasu dysponowanego jest niższy od poziomu informacyjnego;
- W klasycznym modelu, zamówienia składane są w stałej wielkości, np. zgodnie z obliczoną ekonomiczną wielkością zamówienia, w praktyce może być zmienna, zależna od rzeczywistej wielkości zapasu w momencie składania zamówienia.

Zapas dysponowany obliczany jest w oparciu o aktualny stan magazynowy, powiększany o zamówienia już złożone i pomniejszany o wszelkie dyspozycje i rezerwacje czasu. Przestrzeganie tej zasady jego obliczania jest ważne dla prawidłowego uzupełnienia zapasu²⁸.

Najważniejszym parametrem w systemie zamawiania opartym na poziomie informacyjnym jest mianowicie wartość tego poziomu (ZI). Uruchamiający proces zamówienia zapas informacyjny wyznaczany jest intuicyjnie bądź dostarczany w postaci wewnętrznych normatywów i musi uwzględniać średnie i oczekiwane zapotrzebowanie w cyklu uzupełnienia zapasu oraz zapas zabezpieczający, który gwarantuje określony poziom obsługi klienta. Ogólny wzór analityczny przedstawia się następująco:

$$ZI = P * T + ZB \quad (6.1)$$

przy czym:

P – popyt w przyjętej jednostce czasu (np. dzień, tydzień)

T – czas cyklu uzupełnienia zapasu

ZB – zapas zabezpieczający

Dla przypomnienia:

$$ZB = \omega * \sigma_{PT} \quad (6.2)$$

gdzie:

ω – współczynnik bezpieczeństwa zależny od przyjętego poziomu obsługi

σ_{PT} – odchylenie standardowe popytu w czasie trwania cyklu uzupełnienia zapasu

Przy obliczaniu zapasu zabezpieczającego, wielkość którego jest z kolei niezbędna do obliczenia optymalnego poziomu informacyjnego, mamy do czynienia z trzema podstawowymi

²⁸ Krzyżaniak Stanisław, Podstawy zarządzania zapasami w przykładach, Instytut LiM, Poznań 2002, s.128.

przypadkami związanymi ze źródłami zmienności (wartość σ_{PT} zależy od zmienności czasu cyklu uzupełnienia zapasu oraz od zmienności zapotrzebowania):

- Popyt zmienny (względnie duże odchylenia wartości popytu prognozowanego od rzeczywistego) przy relatywnie stałej wartości czasu cyklu uzupełnienia zapasu

$$\sigma_P > 0 \quad \sigma_T \approx 0 \quad (6.3)$$

Dla takiego przypadku wartość odchylenia standardowego zapotrzebowania w czasie trwania cyklu uzupełnienia zapasu σ_{PT} należy obliczyć ze wzoru:

$$\sigma_{PT} = \sigma_P * \sqrt{T} \quad (6.4)$$

a więc poziom informacyjny zapasu wynosi:

$$ZI = P * T + \omega * \sigma_P * \sqrt{T} \quad (6.5)$$

- Popyt relatywnie stały przy znaczących zmianach wartości czasu cyklu uzupełnienia zapasu

„Stale zapotrzebowanie może występować w tzw. procesach aparaturowych, o ściśle określonej recepturze i ustalonej wydajności instalacji. Zakładając, że czas cyklu uzupełnienia zapasu jest zmienną losową zgodną z rozkładem normalnym, przypadek ten oznacza warunek”²⁹:

$$\sigma_P \approx 0 \quad \sigma_T > 0 \quad (6.6)$$

Dla takiego przypadku σ_{PT} obliczamy z następującego wzoru:

$$\sigma_{PT} = \sigma_T * P \quad (6.7)$$

²⁹ Krzyżaniak Stanisław, Podstawy zarządzania zapasami w przykładach, Instytut LiM, Poznań 2002, s.133.

a zatem poziom informacyjny zapasu jest równy:

$$ZI = P * T + \omega * \sigma_r * P \quad (6.8)$$

- Popyt zmienny przy równocześnie znaczących zmianach wartości czasu cyklu uzupełnienia zapasu

Przypadek ten jest najbardziej złożony, ale niewątpliwie najczęściej występuje w rzeczywistości. Zakłada on, iż czas cyklu uzupełnienia zapasu jest zmienną losową zgodną z rozkładem normalnym.

$$\sigma_P > 0 \quad \sigma_T > 0 \quad (6.9)$$

W tym przypadku σ_{PT} jest równe:

$$\sigma_{PT} = \sqrt{(P^2 * \sigma_T^2 + \sigma_P^2 * T)} \quad (6.10)$$

a wzór na poziom informacyjny zapasu wygląda następująco:

$$ZI = P * T + \omega * \sqrt{(P^2 * \sigma_T^2 + \sigma_P^2 * T)} \quad (6.11)$$

Warto jeszcze zaznaczyć, że stosując do obliczeń wyżej zaprezentowane wzory należy pamiętać, iż sprawdzą się one wtedy, gdy wielkość pojedynczych wydań będzie relatywnie mała (2-3%) w stosunku do wartości wyznaczonego poziomu zabezpieczającego i informacyjnego. Przy większych wydaniach jednostkowych, aby założony poziom obsługi został zachowany, należy do wyliczonego poziomu informacyjnego zapasu dodać jeszcze połowę średniej wielkości pojedynczego wydania:

$$ZI = P * T + 0,5 * W_j + ZB \quad (6.12)$$

W takich przypadkach stosuje się również zmienną wielkość zamówienia, „domawiając” do pewnego, przeważnie określonego doświadczalnie, poziomu. Taki sposób zamawiania określa się jako tzw. MIN-MAX i charakteryzuje się relatywnie małą liczbą dużych wydań.

Wyżej opisany system wymaga stałego monitorowania poziomu zapasów i najlepiej pasuje do niskiego, nieregularnego popytu na relatywnie drogie pozycje.

6.1.2 System zamawiania oparty na przeglądzie okresowym

Drugim z podstawowych modeli odnawiania zapasu jest system oparty na przeglądzie okresowym. Polega na „zamawianiu zmieniających się ilości towarów w regularnych odstępach czasu, żeby podnieść poziom zapasów do określonej wartości. (...) Operacyjny koszt tego systemu jest generalnie niższy i lepiej dopasowany do wysokiego, regularnego popytu na towary o niskiej wartości”³⁰.

Metody okresowych przeglądów, jak wspomniano wyżej, charakteryzują się tym, iż zamówienie jest składane w określonym cyklu o stałym okresie T_0 , a wielkość zamówienia (dostawy) jest zmienna i stanowi różnicę między pewnym, określonym poziomem zapasu, zwanym zapasem maksymalnym (ZMax), a aktualnym zapasem wolnym (dysponowanym).

$$\text{Ilość zamawiana} = \text{docelowy poziom zapasów} - \text{zapasy posiadane} \quad (6.13)$$

„Klasyczny model systemu zamawiania opartego na przeglądzie okresowym jest realizowany przy następujących założeniach i warunkach:

- Przegląd zapasu jest przeprowadzany w stałym, z góry określonym cyklu; przeprowadzenie przeglądu jest równoznaczne ze złożeniem zamówienia;
- W trakcie przeglądu ustala się poziom zapasu dysponowanego (wolnego) ZW;

³⁰ Donald Waters, Zarządzanie operacyjne. Towary i usługi, PWN, Warszawa 2001, s.564.

- W klasycznym modelu zamówienie zostaje złożone w wielkości równej Z_{Max-ZW} , w praktyce może być to także wartość stała, wynikająca na przykład z ustaleń z dostawcą;
- Dostawa, zgodna z zamówieniem, przychodzi po ustalonym czasie T ³¹.

Omawiany system znajduje zastosowanie np. w realizacji dostaw wybranych towarów do sklepów detalicznych, bądź dostaw do punktów sieci dystrybucyjnej firmy.

W systemie zamawiania opartym na przeglądzie okresowym podstawowym parametrem, poza cyklem przeglądu T_0 , jest wartość zapasu maksymalnego Z_{Max} , która decyduje o wielkości zamówienia. Może być ona wyznaczana, tak jak w przypadku poziomego informacyjnego zapasu (system zamawiania oparty na poziomie informacyjnym) intuicyjnie, bądź dostarczana w postaci wewnętrznych normatywów. Tak jak w przypadku zapasu informacyjnego, przy obliczeniach zapasu maksymalnego należy również uwzględnić średni i oczekiwany popyt w cyklu uzupełnienia zapasu, zapas bezpieczeństwa gwarantujący założony poziom obsługi klienta oraz ponadto zapotrzebowanie (średnie i oczekiwane) w cyklu przeglądu.

$$Z_{Max} = P * (T + T_0) + ZB \quad (6.14)$$

$$ZB = \omega * \sigma_{PT, T_0} \quad (6.15)$$

gdzie:

P – popyt w przyjętej jednostce czasu,

T – czas cyklu uzupełnienia zapasu,

T_0 – okres cyklu przeglądu zapasu,

ZB – zapas zabezpieczający,

ω – współczynnik bezpieczeństwa zależny od przyjętego poziomu obsługi,

σ_{PT, T_0} – odchylenie standardowe popytu w czasie trwania cyklu uzupełnienia oraz przeglądu zapasu.

Tak samo jak w przypadku systemu zamawiania opartym na poziomie informacyjnym, tak samo w systemie zamawiania opartym na przeglądzie okresowym możemy rozróżnić trzy

³¹ Krzyżaniak Stanisław, Podstawy zarządzania zapasami w przykładach, Instytut LiM, Poznań 2002, s.146.

podstawowe przypadki związane, jak wcześniej, ze źródłem zmienności (wartość σ_{PT, T_0} zależy od zmienności popytu oraz zmienności czasu cyklu uzupełnienia zapasu):

- Popyt zmienny (duże odchylenia wartości prognozowanych od rzeczywistych) przy relatywnie stałej wartości czasu cyklu uzupełnienia zapasu

$$\sigma_p > 0 \quad \sigma_r \approx 0 \quad (6.16)$$

W tym przypadku wartość σ_{PT, T_0} należy obliczyć z następującego wzoru:

$$\sigma_{PT} = \sigma_p * \sqrt{T + T_0} \quad (6.17)$$

Natomiast poziom maksymalnego zapasu jest równy:

$$ZMax = P * T + \omega * \sigma_p * \sqrt{T + T_0} \quad (6.18)$$

- Popyt relatywnie stały przy znaczących zmianach wartości czasu cyklu uzupełnienia zapasu

„Stale zapotrzebowanie może występować w tzw. procesach aparaturowych, o ściśle określonej recepturze i ustalonej wydajności instalacji. Zakładając, że czas cyklu uzupełnienia zapasu jest zmienną losową zgodną z rozkładem normalnym, przypadek ten oznacza warunek”³²:

$$\sigma_p \approx 0 \quad \sigma_r > 0 \quad (6.19)$$

Dla tego przypadku wartość σ_{PT} otrzymamy ze wzoru:

$$\sigma_{PT, T_0} = \sigma_r * P \quad (6.20)$$

³² Krzyżaniak Stanisław, Podstawy zarządzania zapasami w przykładach, Instytut LiM, Poznań 2002, s.153.

a więc zapas maksymalny wynosi:

$$ZMax = P * (T + T_0) + \omega * \sigma_r * P \quad (6.21)$$

- Popyt zmienny przy równocześnie znaczących zmianach wartości czasu cyklu uzupełnienia zapasu

$$\sigma_r > 0 \quad \sigma > 0 \quad (6.22)$$

Dla tego przypadku wartość σ_{PT, T_0} wyliczymy ze wzoru:

$$\sigma_{PT, T_0} = \sqrt{P^2 * \sigma_T^2 + \sigma_P^2 (T + T_0)} \quad (6.23)$$

a zapas maksymalny równy jest:

$$ZMax = P * (T + T_0) + \omega * \sqrt{P^2 * \sigma_T^2 + \sigma_P^2 (T + T_0)} \quad (6.24)$$

Przypadek ten jest, tak samo jak w przypadku systemu zamawiania opartym na poziomie informacyjnym, najbardziej złożony, ale niewątpliwie najczęściej występuje w rzeczywistości. Zakłada on, iż czas cyklu uzupełnienia zapasu jest zmienną losową zgodną z rozkładem normalnym.

Na koniec należy zaznaczyć, iż w powyższych rozważaniach przyjęto założenie o regularności cyklu przeglądu, przy jednoczesnym braku odchylenia jego długości. W innym przypadku powyższe formuły nie sprawdziłyby się i należałoby je zweryfikować.

6.2 Modele typu EOQ

Ekonomiczna wielkość zamówienia EWZ (ang. EOQ – Economic Order Quantity) jest podstawową, prostą metodą analizy i kontroli poziomu zapasów, stosowaną od lat dwudziestych XX wieku. Jest ona często utożsamiana z nazwiskami Harris lub Wilson, ale tak

naprawdę została wynaleziona niezależnie aż kilkanaście razy. Jej rezultaty są bardzo szeroko stosowane i tworzą szkielet większości systemów kontroli zapasów.

Modele typu EOQ pozwalają określić o ile surowca warto uzupełnić jednorazowo magazyn. Możemy wyróżnić następujące modele tego typu:

- Ekonomiczna wielkość zamówienia,
- Ekonomiczna wielkość zamówienia w warunkach stosowania upustów cenowych,
- Ekonomiczna wielkość zamówienia w warunkach zróżnicowanych kosztów transportowych,
- Ekonomiczna wielkość zamówienia z uwzględnieniem kosztów braku zapasu,
- Ekonomiczna długość serii produkcyjnej,
- Inne (np. Ekonomiczna wielkość zamówienia z uwzględnieniem inflacji).

6.2.1 Klasyczny model EOQ

W modelu tym cały proces magazynowania porównywany jest do procesu oddychania: wdech – uzupełnianie magazynu, wydech – opróżnianie magazynu. Celem modelu EOQ jest określenie optymalnej wielkości jednorazowego uzupełnienia magazynu (głębokości wdechu), która minimalizuje całkowity roczny koszt magazynowania.

W klasycznym modelu na ekonomiczną wielkość zamówienia przyjmujemy następujące założenia:

- Roczne zapotrzebowanie jest znane (na podstawie prognozy lub złożonych zamówień),
- „prędkość” opróżniania magazynu jest niezmienna,
- magazyn uzupełniany jest zawsze o tę samą ilość,
- cena jednostkowa uzupełnianego towaru jest stała i nie zależy od wielkości zamówienia (brak upustów),
- zamówienie realizowane jest w postaci jednej dostawy,
- czas dostawy jest znany i stały,
- nie dopuszcza się do powstania niedoborów,
- koszt obsługi jednej dostawy jest stały i nie zależy od wielkości zamówienia.

Do głównych zalet modelu EOQ możemy zaliczyć jego małą wrażliwość na zmiany szacunkowych wartości rocznego zapotrzebowania, kosztu przechowywania jednej sztuki towaru przez jeden rok oraz kosztu jednorazowego uzupełnienia magazynu. Dzieje się tak, ponieważ w dużym otoczeniu EOQ wykres kosztów całkowitych jest prawie poziomy, a co za tym idzie, popełnienie pewnych ograniczonych błędów w ocenie wyżej wspomnianych wartości spowoduje zaledwie nieznaczny wzrost całkowitych kosztów magazynowania.

Przy założeniach modelu EOQ:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * PP * k_u}{k_m}} = \sqrt{\frac{2 * PP * k_u}{C * u_o}} \quad (6.25)$$

Przedmiotem zainteresowania w rozważaniach dotyczących ekonomicznej wielkości zamówienia będzie część kosztów całkowitych związanych z uzupełnianiem i utrzymywaniem zapasu rotującego. Zarówno stały koszt uzupełniania (SKUzZR) jak i stały koszt utrzymywania (SKUtZR) zapasu rotującego nie zależy od wielkości dostaw (tab. 1.1). Natomiast zmienny koszt uzupełniania i zmienny koszt utrzymania zapasu rotującego obliczamy w następujący sposób:

$$ZKUzZR = Id * k_u = \frac{PP}{WZ} * k_u \quad (6.26)$$

$$ZKUtZR = u_o * C * ZR = u_o * C * 0,5 * WZ \quad (6.27)$$

A zatem koszt związany z utrzymywaniem i uzupełnianiem zapasu rotującego można zapisać w następujący sposób:

$$KZR = SKUzZR + \frac{PP}{WZ} * k_u + SKUtZR + u_o * C * 0,5 * WZ \quad (6.28)$$

Przyjęte oznaczenia:

PP – przewidywany popyt w rozważanym okresie,

k_u – koszt związany z obsługą jednego zamówienia,

k_m – jednostkowy koszt utrzymania zapasu w rozważanym okresie czasu ($k_m = u_o * C$),

u_o – współczynnik okresowego kosztu utrzymania zapasu,

C – cena jednostkowa zakupu,

WZ – wielkość zamówienia,

Id – ilość dostaw w rozważanym okresie.

6.2.2 EOQ w warunkach stosowania upustów cenowych

Model ten jest modyfikacją klasycznego modelu EOQ, uwzględniającym możliwe upusty ceny przy zakupie hurtowym. W modelu tym analityczny wzór na koszt związany z uzupełnianiem i utrzymywaniem zapasu rotującego przybiera postać:

$$KZR = SKUzZR + \frac{PP}{WZ} * k_u + SKUtZR + u_o * C(WZ) * 0,5 * WZ \quad (6.29)$$

Modyfikacja tego wzoru w stosunku do wzoru 6.28 polega na tym, iż cena nie jest wartością stałą, ale jest funkcją wielkości zamówienia.

Natomiast algorytm wyznaczania optymalnej wielkości jednorazowego zakupu minimalizującego całkowity roczny koszt magazynowania wygląda następująco:

- Obliczenie wielkości zamówienia WZ z klasycznego modelu EOQ,
- Określenie do jakiego zakresu cen należy WZ ,
- Jeżeli WZ należy do najniższego zakresu, to w WZ jest minimum KZR,
- Jeżeli WZ nie należy do najniższego zakresu, to następuje obliczenie KZR kolejno dla tej ceny oraz dla wszystkich najmniejszych ilości uprawniających do pozostałych niższych cen,
- Wybranie ilości dającej najniższy KZR.

6.2.3 EOQ w warunkach zróżnicowanych kosztów transportowych

W tej sytuacji koszt związany z utrzymywaniem i uzupełnianiem zapasu rotującego można zapisać według następującego wzoru:

$$KZR = SKUzZR + \frac{PP}{WZ} * k_u(WZ) + SKUtZR + u_o * C * 0,5 * WZ \quad (6.30)$$

W tym przypadku modyfikacja klasycznego wzoru na EOQ (wzór 6.25) polega na tym, iż tym razem koszt jednostkowy k_u nie jest wartością stałą, ale jest nieciągłą funkcją wielkości zamówienia. Ekonomiczną wielkość zamówienia dla poszczególnych przypadków obliczamy ze wzoru nr 6.25, a algorytm jest podobny jak w poprzednim przypadku, tylko z tym wyjątkiem, iż wielkość dostawy wpływa na koszt transportu, a nie na cenę jednostkową towaru.

6.2.4 EOQ z uwzględnieniem kosztów braku zapasu

Kolejna modyfikacja klasycznego wzoru na ekonomiczną wielkość zamówienia polega na uwzględnieniu w formule obliczeniowej kosztów braku zapasu:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * PP * (k_u + k_b)}{C * u_o}} \quad (6.31)$$

gdzie:

$$k_b = (1 - POK) * KB \quad (6.32)$$

6.2.5 Model EPRS

Model EPRS (Economic Production Run Size) jest ostatnią modyfikacją klasycznego modelu EOQ i pomaga określić ekonomiczną długość serii produkcyjnej, tak aby przy danych kosztach jednorazowego uruchomienia produkcji zminimalizować koszt magazynowania wyrobów gotowych do sprzedaży.

Możemy wyprowadzić następujące wzory analityczne:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * PP * k_u}{C * u_o}} * \sqrt{\frac{1}{1 - \frac{z}{d}}} \quad (6.33)$$

$$ZR = 0,5 * WZ * \left(1 - \frac{z}{d}\right) \quad (6.34)$$

gdzie:

d – tempo realizacji zamówienia, produkcji (ilość jednostek na okres),

s – średnie tempo sprzedaży, zużycia (ilość jednostek na okres),

k_u – w tym przypadku koszt jednorazowego uruchomienia linii produkcyjnej,

C – w tym przypadku jednostkowy koszt wytworzenia.

Powyższa modyfikacja ma sens jedynie dla $d > z$ i znajduje zastosowanie o wiele częściej w przypadku zapasów artykułów pochodzących z produkcji własnej przedsiębiorstw, ponieważ na ogół właśnie wtedy możemy na bieżąco dysponować częściowymi realizacjami uruchomionego zlecenia. Będzie to więc raczej tzw. ekonomiczna wielkość partii.

Wszystkie powyższe modele i rozważania na ich temat dotyczyły określania optymalnej wielkości zamówienia, a podstawowy wzór może być zastosowany w systemie zamawiania opartym na poziomie informacyjnym, gdzie wielkość zamówienia jest wielkością stałą.

6.3 Model ECP

Wszystkie wyżej przyjęte założenia i kryteria można również analogicznie zastosować w celu określania optymalnego, ekonomicznego cyklu przeglądu (ECP) w systemie opartym na przeglądzie okresowym. Jak już wspomniano, klasyczna realizacja systemu przeglądu okresowego charakteryzuje się zmiennością wielkości zamówień. W tym przypadku jako zmienną niezależną w równaniu na koszt KZR wygodniej jest przyjąć ilość dostaw zamiast wielkości zamówienia. Poniższe wzory analityczne otrzymujemy bazując na klasycznym wzorze na ekonomiczną wielkość zamówienia (6.25):

$$KZR = SKUzZR + Id * k_u + SKUtZR + u_o * C * 0,5 * \frac{PP}{Id} \quad (6.35)$$

$$EId = \sqrt{\frac{u_o * C * PP}{2 * k_u}} = \frac{PP}{EOQ} \quad (6.36)$$

$$ECP = \frac{\text{okres}}{EId} \quad (6.37)$$

$$SWZ = \frac{PP}{Id} \quad (6.38)$$

gdzie:

EId – ekonomiczna ilość dostaw,

SWZ – średnia wielkość zamówienia.

6.4 Modele MRP

„Istotą modeli MRP (Material Requirements Planning – planowanie zapotrzebowania na materiały) jest optymalne wyznaczenie, na podstawie harmonogramów produkcyjnych, właściwych ilości i czasu dostarczania części składowych wchodzących w skład produktu końcowego”³³. Modele te stosowane są zatem w przypadku zapotrzebowania zależnego.

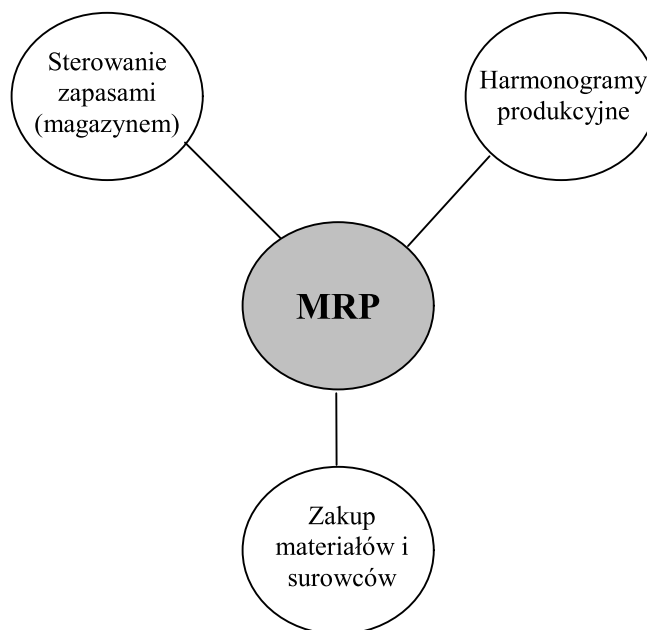
Do głównych założeń MRP należą:

- Zapotrzebowanie na większość materiałów i surowców jest wzajemnie zdeterminowane,
- Zapotrzebowanie jest zmienne w czasie (sporadyczne),
- Główna zasada to *just in time*.

Zastosowanie systemu MRP dostarcza bieżących informacji na temat przyszłego terminu wyczerpania obecnych zapasów, informuje kiedy i jak duże zamówienie należy wygenerować oraz kiedy zamówione elementy będą dostępne do wykorzystania. Ponadto pozwala stale wiedzieć kiedy będzie trzeba sprostać zapotrzebowaniu na produkt finalny, tudzież na części składowe oraz jak to zapotrzebowanie rozłożone będzie w czasie.

³³ Jabłoński Tomasz, Zarządzanie produkcją. Streszczenie wykładu, WSB, Nowy Sącz 2000, s.30.

Do głównych zalet MRP należy zaliczyć doskonałą koordynację w czasie poszczególnych operacji magazynowych prowadzącą do minimalizacji zapasów. Obejmuje ona trzy główne grupy operacji i może być schematycznie zobrazowana w postaci następującego diagramu:



Rys. 6.1: MRP a koordynacja poszczególnych operacji magazynowych w czasie.

Do użycia systemu MRP niezbędny jest komputer, gdzie na wejściu wprowadzamy dane dotyczące głównego harmonogramu produkcji, który specyfikuje niezależne zapotrzebowanie oraz jego przebieg, dane na temat materiałów składowych produktu finalnego, które determinują zapotrzebowanie zależne na elementy składowe i jego charakter oraz dane w postaci kart magazynowych materiałów składowych, będące źródłem informacji o aktualnie dostępnych zapasach. W rezultacie na wyjściu otrzymujemy informacje na temat tego, kiedy, ile i jakie części powinniśmy zamówić.

W analizowanej przeze mnie firmie Ozas-Esab sp. z o.o. dużo kwestii z dziedziny zarządzania zapasami opiera się na wyczuciu, intuicji i swobodnych, często nie przemyślanych decyzjach. Uważam, iż zarówno poziom zapasów, wielkości dostaw, cykl przeglądu jak i cały proces uzupełniania zapasu wymaga gruntownej optymalizacji. Zastosowanie któregośkolwiek z

wyżej opisanych modeli jest w stanie przynieść dużo korzyści w postaci redukcji zbędnych kosztów związanych z utrzymywaniem i uzupełnianiem zapasów, a tym samym pozwala zwiększyć efektywność funkcjonowania firmy. Co prawda przedmiotem mojej pracy jest analiza zarządzania zapasami w warunkach zapotrzebowania niezależnego opartego na klasycznej teorii zapasów, chciałbym jednak zaznaczyć, iż omawiana przeze mnie firma Ozas-Esab sp. z o.o. prowadzi również działalność produkcyjną i zastosowanie modelu MRP jest jak najbardziej wskazane, gdyż może znacznie usprawnić gospodarkę magazynową w ramach pojawiającego się wówczas zapotrzebowania zależnego.

ROZDZIAŁ 7

7. SYSTEM KONTROLI ZAPASÓW W P.P.H. OZAS-ESAB SP. Z O.O. - ANALIZA PRZYPADKU

7.1 Charakterystyka firmy

Historia firmy Ozas-Esab sp. z.o.o. sięga końca lat siedemdziesiątych, a status samodzielnego przedsiębiorstwa jako Opolskie Zakłady Aparatury Spawalniczej "OZAS" Opole uzyskała w roku 1978. Trzydzieści lat później przedsiębiorstwo zostało sprywatyzowane i przejęte przez spółkę o nazwie OZAS Przedsiębiorstwo Produkcyjno - Handlowe Sp. z o.o. W 1998 roku, po trwających ponad rok negocjacjach, OZAS wszedł w skład Grupy ESAB. W wyniku tych działań ESAB został właścicielem 75% udziałów; pozostałe 25% jest nadal w rękach dotychczasowych wspólników. W roku 2003 firma zmieniła nazwę na Ozas-Esab sp. z.o.o.

Aktualnie OZAS - ESAB Sp. z o.o. zatrudnia około 300 osób i zajmuje powierzchnię 4,3 ha, w tym powierzchnia hal produkcyjnych wynosi 6000 m². Dobry park maszynowy i nowoczesne linie montażu zapewniają najwyższą jakość wytwarzania wyrobów spawalniczych. Kapitał zakładowy firmy wynosi 4.029.400 zł. Siedziba spółki Ozas-Esab zlokalizowana jest w Opolu przy ul. Struga 10. Znajduje się tam zarówno zakład produkcyjny OZAS, jak i biuro handlowe jedyne polskiego przedstawiciela firmy ESAB, którego siedziba główna znajduje się w Katowicach przy ul. Żelaznej 9. Przedsiębiorstwo posiada także bardzo dobrze rozwiniętą sieć serwisową. Obecnie w całej Polsce funkcjonuje 31 punktów autoryzowanego serwisu zewnętrznego, gdzie prowadzone są zarówno naprawy gwarancyjne jak i pogwarancyjne.

Firma zaopatruje obok klientów indywidualnych całą sieć dealerów na terenie całej Polski. W swojej połączonej ofercie posiada ok. 2000 różnych produktów z branży spawalniczej. Są to różnego rodzaju urządzenia i materiały zarówno potężnej szwedzkiej firmy ESAB, jak i przejętej przez nią krajowej firmy OZAS. Popyt na nie zmienia się od 0 do prawie 500 000 jednostek rocznie. Jeżeli chodzi o urządzenia to rozkład zapotrzebowania ma charakter stacjonarny, tzn. nie wykazujący żadnego trendu ani zmian sezonowych. Sezonowość pojawia się natomiast w przypadku części wymiennych, powodem której jest ich zużycie. Łączna

wartość zapasów w przedsiębiorstwie wynosi 2 700 000 PLN i są to w 70% wyroby gotowe. Czas realizacji zamówienia waha się od 15 minut dla rzeczy kupionych w przykładowym sklepie do czterech tygodni dla niektórych artykułów spawalniczych sprowadzanych od producenta ze Szwecji. Cała gospodarka magazynowa w analizowanym przedsiębiorstwie jest wysoce zautomatyzowana i wspierana przez bieżąco aktualizowane oprogramowanie komputerowe. Obecnie profesjonalnym narzędziem wspomagającym ZZ w firmie jest najnowsza wersja programu Scala. Poziom obsługi klienta w odniesieniu do zarządzania zapasami w firmie Ozas-Esab sp. z o.o. został zdefiniowany jako prawdopodobieństwo nie wystąpienia braku w zapasie w danym cyklu uzupełnienia zapasu (POK1) i uzależniony jest, jak już wspomniałem niejednokrotnie, od aktualnej przynależności oferowanych towarów do jednej z grup wg klasyfikacji ABC, będącej zresztą fundamentem całego systemu zarządzania zapasami w omawianej spółce. Odnawianie zapasów w przypadku artykułów Esab odbywa się zgodnie z systemem zamawiania opartym na poziomie informacyjnym (ROP), natomiast w przypadku artykułów Ozas za pomocą systemu opartego na przeglądzie okresowym.

7.2 Przedmiot analizy

Do analizy kontroli zapasów w firmie Ozas-Esab sp. z o.o. wybrałem cztery produkty wchodzące w skład aktualnej, połączonej oferty. Są to dwa urządzenia (urządzenie Esab i urządzenie Ozas) i dwie części zamienne (część zamienna Esab i część zamienna Ozas). Kryterium wyboru tych artykułów stanowi duży ich udział procentowy w wartości rocznej sprzedaży omawianej spółki. Wartość ta oscyluje wokół 30% (patrz zał. nr 2) i dlatego wykazanie nieefektywności zarządzania zapasami tych artykułów może stanowić poważny dowód na to, iż można znacząco usprawnić funkcjonowanie przedsiębiorstwa. Optymalizując poziom zapasów tych produktów chciałbym pokazać źródło potencjalnych oszczędności, uzyskanych w skutek redukcji zbędnych kosztów związanych z utrzymywaniem i uzupełnianiem zapasu.

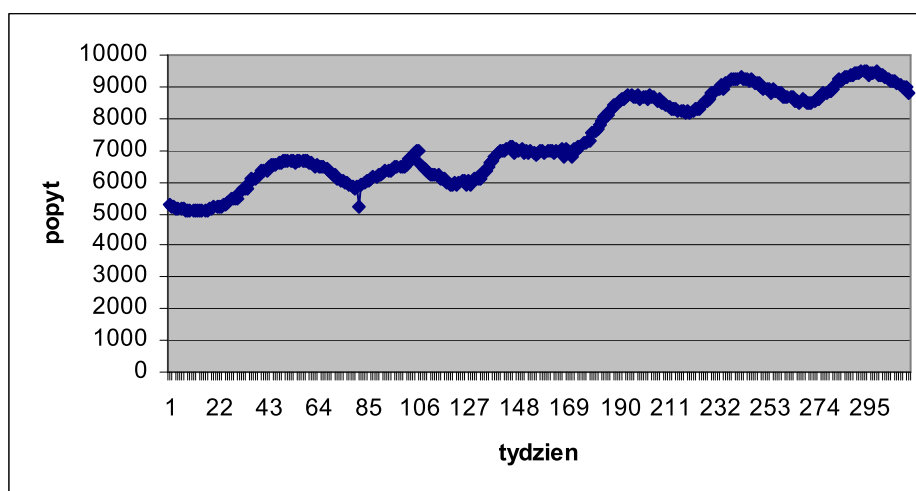
7.3 Prognoza zapotrzebowania

W celu przeprowadzenia prognozy wykorzystałem udostępnione przez kierownictwo analizowanej przeze mnie firmy dane historyczne sprzedaży obejmujące okres czterech lat

wstecz, tj. od początku roku 2001 do końca 2004 roku w przypadku urządzeń spawalniczych, oraz okres sześciu lat (1999-2004) w przypadku oferowanych przez firmę części do tych urządzeń.

Poniższy wykres przedstawia przebieg zmian popytu na tulejkę gwintowaną USMGa-406 (część zamienna Esab).

Rys. 7.1: Przebieg zmian popytu na tulejkę gwintowaną USMGa-406 w okresie czasu od 1999-2004 roku.



Analizując powyższy wykres możemy wyraźnie zauważyć zarówno rosnący trend sprzedaży omawianego artykułu, jak i zmiany o charakterze sezonowym. Ze względu na występującą sezonowość podjęcie próby prognozy za pomocą modelu regresji liniowej, bądź krzywoliniowej nie sprawdzi się. W przypadku prognozy krótkoterminowej, z powodzeniem można by zastosować model ARMA szeregów czasowych. Dysponując danymi historycznymi sprzedaży firmy Ozas-Esab sp. z o.o. z okresu ostatnich sześciu lat (1999-2004) podjąłem się próby prognozy zapotrzebowania na tulejkę gwintowaną USMGa-406 w pierwszym kwartale roku 2005, a wykorzystałem w tym celu prostą metodę opartą na współczynnikach sezonowości, odniesionych do średniego popytu w cyklu zmian sezonowych.

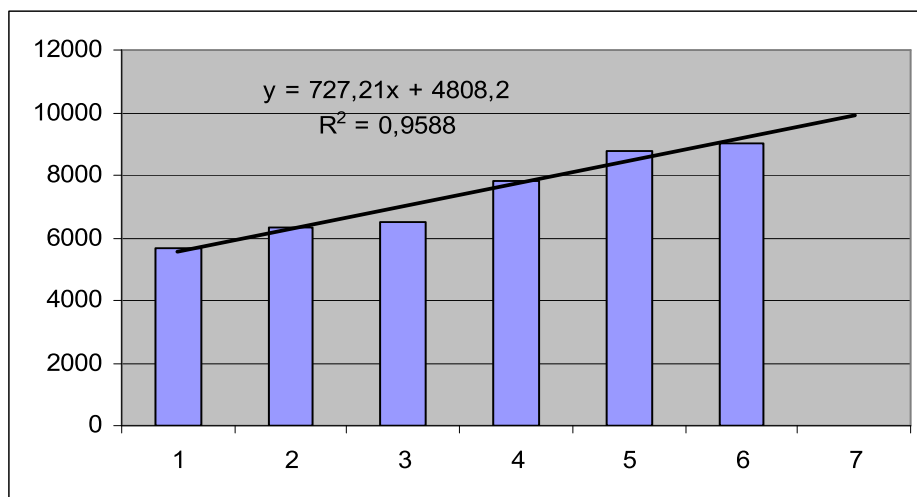
Oto algorytm zgodnie z którym podążałem w celu przewidzenia popytu w nadchodzącym kwartale:

1. W pierwszym kroku dysponując danymi o popycie w rozkładzie tygodniowym wyznaczyłem średni tygodniowy popyt dla każdego badanego roku odpowiadającego pełnemu cyklowi sezonowości i otrzymałem następujący wynik:

Tab. 7.1: Średni popyt tygodniowy na tulejkę gwintowaną USMGa-406 w latach 1999-2004.

Rok	Średni popyt (szt.)
1999	5674
2000	6323
2001	6496
2002	7833
2003	8759
2004	9035

Rys. 7.2: Średni popyt na tulejkę gwintowaną USMGa-406 w latach 1999-2004.



2. Następnie dla każdego tygodnia wyznaczyłem współczynnik sezonowości, który obliczyłem jako stosunek popytu w danym tygodniu danego roku do średniego tygodniowego popytu w tym roku.
3. Wyznaczyłem średnie tygodniowe współczynniki sezonowości jako średnią arytmetyczną współczynników dla kolejnych lat.
4. W kolejnym kroku skorzystałem z obliczonych wartości średniego tygodniowego popytu dla każdego roku, określiłem równanie prostej regresji dla średniego tygodniowego rocznego popytu i wyznaczyłem jego prognozę na rok 2005:

$$Pr_{(2005)} = 727,21 * 7 + 4808,2 = 9898$$

5. Ostatecznie, korzystając z wyliczonych współczynników sezonowości oraz prognozy średniego tygodniowego popytu w roku 2005, obliczyłem prognozy tygodniowe na pierwszy kwartał 2005 roku.

Tab. 7.2: Prognoza zapotrzebowania na tulejkę gwintowaną w kolejnych tygodniach I kwartału 2005 roku.

Tydzień roku 2005	Prognoza zapotrzebowania (szt.)
1	9710
2	9683
3	9537
4	9481
5	9452
6	9416
7	9391
8	9368
9	9360
10	9329
11	9271
12	9305
13	9311
SUMA	122616

7.4 Optymalizacja wielkości zamówienia

Najbardziej klasyczna optymalizacja wielkości zamówienia opiera się na kryterium minimalnego łącznego kosztu uzupełniania i utrzymania zapasu rotującego (KZR). Przedmiotem zainteresowania w tym przypadku będzie część wzoru na koszt całkowity (wzór 2.1), dotycząca właśnie uzupełniania i utrzymywania zapasu rotującego:

$$KZR = SKU_{zZR} + \frac{PP}{WZ} * k_u + SKU_{tZR} + u_o * C * 0,5 * WZ \quad (7.1)$$

Ten przykład ma na celu dobitnie ukazać, jak duże rezerwy kapitałowe ukryte są w zapasach i jakie oszczędności może przynieść zastosowanie podstawowego modelu z dziedziny zarządzania zapasami – modelu na ekonomiczną wielkość zamówienia.

Firma Ozas-Esab sp. z o.o. planuje dalsze dostawy pewnej części do urządzeń spawalniczych, tj. tulejki gwintowanej USMGa- 406, zamawianej u producenta w systemie opartym na poziomie informacyjnym. Planowana wielkość zapotrzebowania zgodnie z przeprowadzoną przeze mnie powyżej prognozą kwartalną wynosi 122 616 sztuk. Koszt związany z obsługą jednego zamówienia, obejmujący zamówienie i przyjęcie dostawy wynosi 800 zł. Cena zakupu jednej tulejki u szwedzkiego producenta wynosi 3 zł (niezależnie od wielkości zamówienia), a roczny koszt utrzymania zapasu wynosi 20%. Tulejki pakowane są po 500 sztuk, a firma do tej pory składa zamówienia na ten artykuł o stałej wartości równej 15 000 sztuk na dostawę. Zakupione od producenta tulejki składowane są w dzierżawionym magazynie, którego koszt wynajęcia wynosi 3000 zł miesięcznie, czyli 36 000 zł rocznie. Zapas zawiera również regularnie utrzymywany zapas zabezpieczający w wysokości 2500 szt. Do obsługi dostaw firma zatrudnia jedną osobę, która z wszystkimi narzutami kosztuje 1200 zł miesięcznie, co daje 14 400 zł rocznie. Pracownik obsługujący magazyn kosztuje miesięcznie 1500 zł, czyli 18 000 zł rocznie. Firma reguluje wszystkie należności u producenta z bieżących środków obrotowych. Kapitałowy koszt zapasu został oszacowany na 4800 zł rocznie (koszt utraconych możliwości w postaci lokaty terminowej, której oprocentowanie oscyluje wokół wartości 4%), a koszty strat powstałych w wyniku zniszczeń i uszkodzeń oszacowano na podstawie dotychczasowego doświadczenia na 1200 zł rocznie.

Tab. 7.3: Zestawienie danych do obliczeń.

Dane	Symbol	Wartość
Kwartalny koszt dzierżawy i obsługi magazynu [zł]	RKM (SKUtZ)	13 500
Kwartalny koszt obsługi zamówień [zł]	RKZ (SKUzZ)	3 600
Koszt transportu na jedną dostawę [zł]	K_t	800
Planowane kwartalne zapotrzebowanie [szt]	PP	122 616
Cena jednostkowa towaru [zł]	C	3
Aktualna liczba dostaw w ciągu roku	I_d	8,1744
Wielkość pojedynczej dostawy [szt]	WD	15 000
Wielkość zapasu zabezpieczającego	ZB	2 500
Kwartalny koszt kapitału i strat związany ze składowaniem [zł]	$KKS = u_{kw} * C * ZC$	1 500
Współczynnik kwartalnego kosztu utrzymania zapasu	$u_{kw} = KKS / ZCw$	0,05
Kwartalny koszt utrzymania jednostki zapasu (kapitał i straty) [zł]	$k_m = u_{kw} * C$	0,15
Koszt jednego zamówienia i dostawy [zł]	$k_u = k_t$	800
Wielkość średniego zapasu rotującego [szt]	$ZR = WD / 2$	7 500
Wartość średniego zapasu rotującego [zł]	ZRw	22 500
Wielkość średniego zapasu zabezpieczającego [szt]	ZB	2 500
Wartość średniego zapasu zabezpieczającego [zł]	ZBw	7 500
Wielkość średniego zapasu całkowitego [szt]	ZC	10 000
Wartość średniego zapasu całkowitego [zł]	ZCw	30000

Przy wyznaczaniu kosztów k_u (koszt jednego zamówienia i dostawy) i k_m (jednostkowy koszt magazynowania) do obliczeń optymalizacyjnych należy brać pod uwagę wyłącznie składniki kosztowe, które w sposób bezpośredni zależą od wielkości i liczby dostaw oraz wielkości zapasu. Tak więc do obliczeń nie będziemy brali pod uwagę rocznego kosztu pracy osoby obsługującej zamówienia (gdyż nie zależy on od liczby tych zamówień) ani rocznego kosztu dzierżawy magazynu (gdyż nie zależy on od wielkości zapasu), ale takie składniki jak roczny koszt transportu (zależy od liczby zamówień), czy też roczny koszt kapitału i strat magazynowych (zależy od wielkości zapasu i jest do niego proporcjonalny). Tak więc w tym przypadku k_u równe 800 zł jest równoznaczne z kosztem transportu związanym z awaryjnym zamówieniem tulejki USMGa-406 ze Szwecji.

Korzystając z klasycznego wzoru na ekonomiczną wielkość zamówienia (wzór 6.25), po podstawieniu odpowiednich wartości, otrzymałem wynik równy 36 165 sztuk.

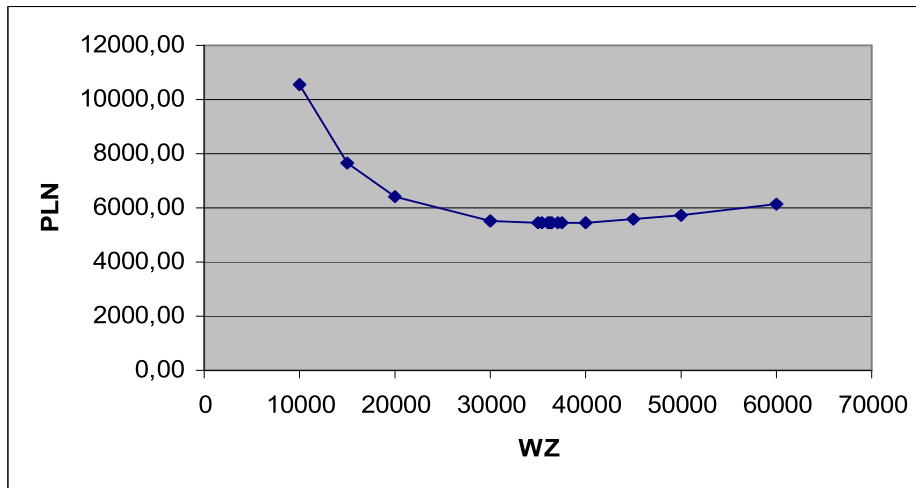
Tab. 7.4: Kalkulacje kosztów uzupełniania i utrzymywania zapasu rotującego w funkcji wielkości zamówienia [PLN].

WZ	Id	ZKUzZR	ZKUtZR	KZR
10000	12,3	9809,28	750,00	10559,28
15000	8,2	6539,52	1125,00	7664,52
20000	6,1	4904,64	1500,00	6404,64
30000	4,1	3269,76	2250,00	5519,76
35000	3,5	2802,65	2625,00	5427,65
35500	3,5	2763,18	2662,50	5425,68
36000	3,4	2724,80	2700,00	5424,80
36165	3,4	2712,37	2712,38	5424,74
36500	3,4	2687,47	2737,50	5424,97
37000	3,3	2651,16	2775,00	5426,16
37500	3,3	2615,81	2812,50	5428,31
40000	3,1	2452,32	3000,00	5452,32
45000	2,7	2179,84	3375,00	5554,84
50000	2,5	1961,86	3750,00	5711,86
60000	2,0	1634,88	4500,00	6134,88

Analizując powyższą tabelę, zawierającą przeprowadzoną przeze mnie kalkulację kosztów uzupełniania i utrzymywania zapasu rotującego w funkcji wielkości zamówienia, możemy zauważyć znaczną redukcję kosztów po zastosowaniu podstawowego modelu z dziedziny zarządzania zapasami, jakim jest model na ekonomiczną wielkość zamówienia. Przy dotychczasowych wielkościach dostaw, koszty związane z utrzymywaniem i uzupełnianiem zapasu rotującego tulejki gwintowanej USMGa-406 w pierwszym kwartale 2005 roku wyniosą

7664,52 zł, natomiast po zoptymalizowaniu tych wielkości, zgodnie z wyliczonym powyżej EOQ, nie przekroczą 5425 zł. Redukcja kosztów w tym przypadku sięga aż około 30%, gdyż jak możemy szybko obliczyć jest to różnica ponad 2239 zł. Uważam, iż jest to ewidentna różnica, a biorąc pod uwagę fakt, iż rozpatrywanym okresem jest kwartał, suma oszczędności uzyskanych tą drogą staje się znacznie większa w skali roku.

Rys. 7.3: Graficzna prezentacja zależności $KZR=f(WZ)$.



Na powyższym wykresie widzimy, iż w stosunkowo szerokim przedziale zmian wielkości zamówienia (WZ), tj. od 30 000 do 45 000 sztuk, całkowity koszt nie ulegnie większym zmianom. Jest to niezwykle korzystne i oznacza, że rozważana funkcja kosztu całkowitego jest mało wrażliwa, co natomiast umożliwia w praktyce stosowanie znacznych odchyleń od obliczonej wartości EOQ, często wymuszonych niezależnymi, zewnętrznymi czynnikami (w rozpatrywanym przypadku jest to np. pakowanie tulejek w workach foliowych po 500 sztuk).

W celu ewentualnego obliczenia kwartalnych kosztów całkowitych w tym przypadku możemy skorzystać z następującego wzoru:

$$KC=SKUzZ+Id*k_t+SKUtZ+KKS \quad (7.2)$$

Tab. 7.5: Zestawienie wybranych wielkości po optymalizacji

Dane	Symbol	Wartość
Ekonomiczna wielkość zamówienia [szt]	EOQ	36164,96
Optymalna roczna liczba dostaw	Id _{opt}	3,39
ZR uwzględniający EOQ [szt]	ZR_OPT	18082,48
ZC uwzględniający EOQ [szt]	ZC_OPT	20582,48

I tak zgodnie ze wzorem 7.2:

$$KC=3600+8,1744*800+13500+1500=25139,52 \text{ zł}$$

A po optymalizacji:

$$KC_{opt}=3600+3,39*800+13500+1500*(20582,48/10000)= 22899,74 \text{ zł}$$

$$25139,52 \text{ zł} - 22899,71 \text{ zł} = 2239,78 \text{ zł (jak wyżej)}$$

Oczywiście otrzymaną, zoptymalizowaną wartość kosztów całkowitych można poddać próbie dalszej optymalizacji, eliminując potencjalny zapas nadmierny z zapasu zabezpieczającego, ale zagadnienie optymalizacji poziomu obsługi i zapasu zabezpieczającego poruszyłem w dalszej części pracy. Powyższy przykład traktuje o optymalizacji zapasu rotującego dzięki zastosowaniu modelu EOQ.

7.5 Optymalizacja cyklu przeglądu

Powyższy przykład dotyczył części dostarczanych przez szwedzkiego producenta ESAB. W tej części pracy chciałbym wskazać kolejny zakres możliwych działań optymalizacyjnych, a mianowicie zastosowanie modelu na ekonomiczny cykl przeglądu. Model ten jest jak najbardziej możliwy do zastosowania gdyż, w odróżnieniu do części esabowskich, system odnawiania zapasu części ozasowskich oparty jest na przeglądzie okresowym.

Do analizy wybrałem taki artykuł z oferty firmy Ozas-Esab sp. z o.o. jak trzymetrowy uchwyt spawalniczy MB-25AK ze sprężyną. Ponieważ popyt na tą część, tak jak w przypadku wyżej analizowanej części esabowskiej wykazuje zarówno trend rosnący jak i zmiany o charakterze sezonowym, w celu dokonania prognozy zapotrzebowania na pierwszy kwartał roku 2005 posłużyłem się dokładnie tą samą metodą co w poprzednim przypadku (tj. metodą opartą na współczynnikach sezonowości odniesionych do średniego popytu w cyklu zmian sezonowych) i otrzymałem wartość popytu w nadchodzącym okresie równą 1019 sztuk. Współczynnik rocznego kosztu utrzymania zapasu wynosi tak jak w poprzednim przypadku 0,2, natomiast koszt awaryjnego uruchomienia linii produkcyjnej 600zł. Ponadto, cena wytworzenia jednostki badanego towaru wynosi 280 zł, a przegląd zapasu, równoznaczny ze złożeniem zamówienia, przeprowadzany jest w stałym cyklu CP równym 2 tygodnie. W poniższym przykładzie zamierzam udowodnić, iż Ozas-Esab sp. z o.o. jest w stanie dokonać dalszej redukcji kosztów poprzez optymalizację cykli przeglądu zapasów oferowanych przez siebie produktów.

Tab. 7.6: Zestawienie danych do obliczeń.

Dane	Symbol	Wartość
Kwartalne zapotrzebowanie [szt]	PP	1019
Koszt transportu na jedną dostawę [zł]	k_t	600
Cena jednostkowa towaru [zł]	C	280
Okres cyklu przeglądu zapasu [tyg]	CP	2
Współczynnik kwartalnego kosztu utrzymania zapasu	u_{kw}	0,05

W tym przypadku za zmienną niezależną we wzorze na koszt zapasu rotującego (KZR) przyjmujemy liczbę dostaw (I_d) zamiast wielkości zamówienia (patrz wzór 6.35) i postępując najpierw zgodnie ze wzorem 6.36 otrzymałem wartość ekonomicznej liczby dostaw dla analizowanego uchwytu spawalniczego równą 3,45. W następnym kroku korzystając ze wzoru 6.37 obliczyłem, iż wartość ekonomicznego cyklu przeglądu dla badanego produktu wynosi 3,77 tyg. Ze względów organizacyjnych możemy zaokrąglić otrzymaną wartość do 4 tygodni, co w konsekwencji obniży liczbę dostaw do 3,25 i wskaże na średnią wielkość zamówienia równą 313,5 sztuk (wzór 6.38). Ze względu na wspomnianą już wcześniej małą wrażliwość rozważanej funkcji kosztu całkowitego, zaokrąglenie takie jest jak najbardziej możliwe i uzasadnione, gdyż spowoduje tylko nieznaczny wzrost kosztów.

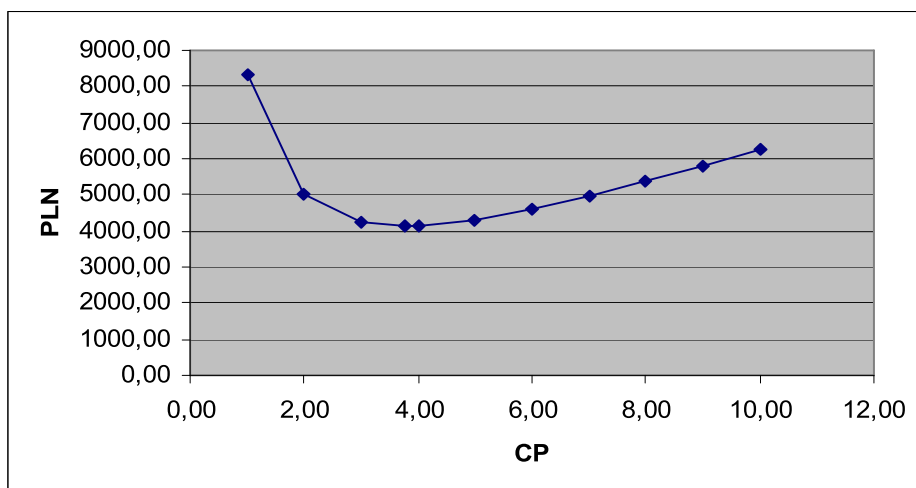
Tab. 7.7: Kalkulacje kosztów uzupełniania i utrzymywania zapasu rotującego w funkcji liczby dostaw [PLN].

CP	Id	ZKUzZR	ZKUtZR	KZR	SWZ
1,00	13,0	7800,00	548,69	8348,69	78,4
2,00	6,5	3900,00	1097,38	4997,38	156,8
3,00	4,3	2600,00	1646,08	4246,08	235,2
3,77	3,4	2068,97	2068,57	4137,54	295,5
4,00	3,3	1950,00	2194,77	4144,77	313,5
5,00	2,6	1560,00	2743,46	4303,46	391,9
6,00	2,2	1300,00	3292,15	4592,15	470,3
7,00	1,9	1114,29	3840,85	4955,13	548,7
8,00	1,6	975,00	4389,54	5364,54	627,1
9,00	1,4	866,67	4938,23	5804,90	705,5
10,00	1,3	780,00	5486,92	6266,92	783,8

Powyższa tabela, zawierająca dokonaną przeze mnie kalkulację kosztów uzupełniania i utrzymywania zapasu rotującego w funkcji liczby dostaw, jest swoistym dowodem na to, iż Ozas-Esab sp. z o.o. jest w stanie także sporo zaoszczędzić po wprowadzeniu do swojego systemu zarządzania zapasami kolejnego modelu, jakim jest model ECP. Z tabeli możemy szybko odczytać, iż istniejący cykl przeglądu dla badanego artykułu jest dość daleki od optymalnego. Przy dotychczasowym czasie cyklu przeglądu, koszty związane z utrzymywaniem i uzupełnianiem zapasu rotującego trzymetrowego uchwyty spawalniczego MB-25AK ze sprężyną w pierwszym kwartale 2005 roku sięgną kwoty 4997,38 zł., natomiast po zoptymalizowaniu tej wielkości, zgodnie z obliczonym powyżej ekonomicznym cyklem przeglądu i po zaokrągleniu, nie przekroczą 4145 zł. W tym przypadku koszty ulegną redukcji o nieco ponad 852 zł, co stanowi 17% dotychczasowych kosztów. Po zastosowaniu modelu ECP, widzimy jak duże straty kapitałowe, kryją się za niewłaściwym ustaleniem długości czasu cyklu przeglądu. Kolejny raz, tak jak w przypadku tulejki gwintowanej USMGa-406, kwota w skali roku zdaje się być znaczna i dowodzi, iż zarządzanie zapasami w spółce Ozas-Esab jest mało efektywne.

Poniżej zamieszczony wykres obrazuje zakres możliwych odchyłeń od wyliczonej za pomocą wzoru na ekonomiczny cykl przeglądu optymalnej wartości, dla których koszt całkowity pozostaje na podobnym poziomie. W tym przypadku jest to okres czasu przeglądu od trzech do pięciu tygodni. Widzimy więc wyraźnie, iż zaokrąglenie otrzymanej przeze mnie optymalnej wartości 3,77 do 4 tygodni nie powoduje istotnego wzrostu kosztu, a ułatwia jedynie cały proces odnawiania zapasu z organizacyjnego punktu widzenia.

Rys. 7.4: Graficzna prezentacja zależności $KZR=f(Id)$.



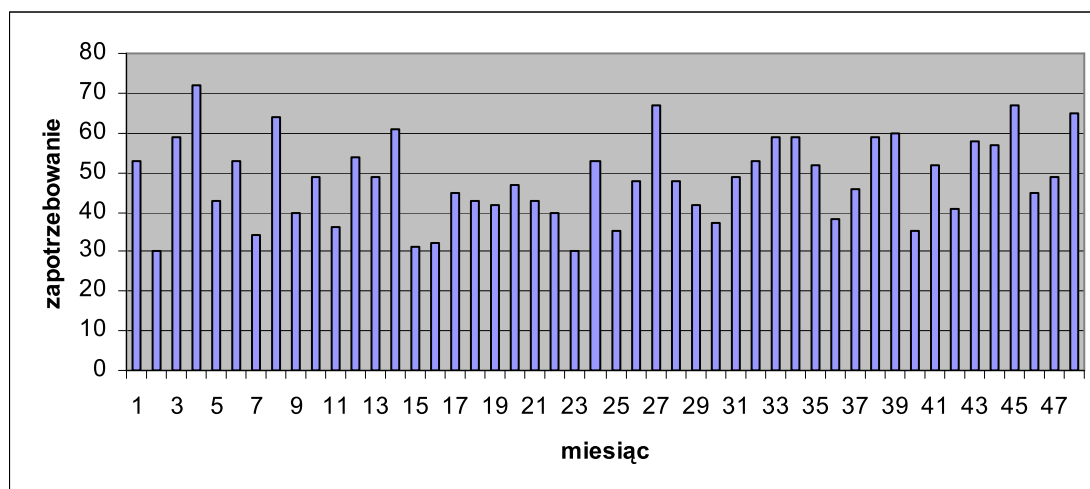
7.6 Optymalizacja poziomu obsługi i zapasu zabezpieczającego

W przypadku oferowanych przez firmę Ozas-Esab sp. z o.o. urządzeń spawalniczych trudno jest sporządzić wiarygodną prognozę, ze względu na stacjonarny charakter popytu, pozbawiony zarówno trendu jak i zmian sezonowych (patrz rys. 7.5). Zarządzanie zapasami tego typu produktów wykluczać będzie zatem prognozę, nawet krótkoterminową, a będzie opierało się na oszacowaniu rozkładu danych empirycznych, tzn. na dotychczasowym przebiegu zapotrzebowania na dany produkt.

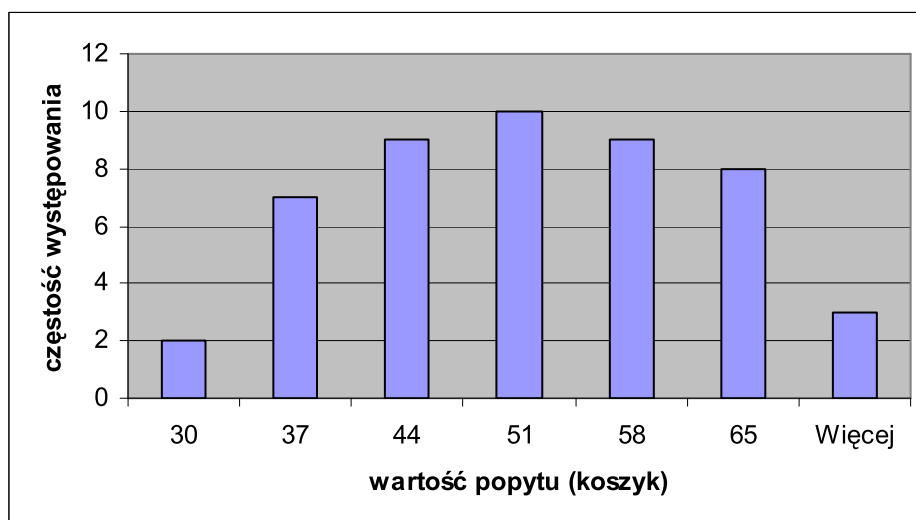
W tym przypadku do analizy wybrałem urządzenie spawalnicze ESABMig 505W, którego wartość sprzedaży w roku 2004 sięgnęła nieco ponad 13% (patrz zał. nr 2) i dysponując danymi o popycie z okresu ostatnich czterech lat (2001-2004) określiłem optymalny poziom informacyjny ROP, tj. poziom informujący o konieczności uzupełnienia magazynu w celu uniknięcia niedoboru, przy założonym wcześniej wymaganym poziomie obsługi. Stosunkowo nieduża skala rozrzutu obserwowanych wartości, potwierdzona przez stosunkowo niską wartość współczynnika zmienności (zgodnie ze wzorem 3.65 wartość 0,23) oraz zamieszczony poniżej rozkład częstości występowania poszczególnych wartości popytu świadczy o normalności badanego rozkładu. Z otrzymanej w arkuszu Excel statystyki opisowej dla analizowanych danych otrzymałem miesięczną wartość średnią popytu równą 48 sztuk, przy odchyleniu standardowym 11 sztuk. Cena jednostkowa urządzenia spawalniczego ESABMig 505W wynosi 7000 zł, a dostawy są realizowane po czterech tygodniach od złożenia

zamówienia, w wielkości 20 sztuk. Wartość poziomu informacyjnego, zgodnie z którym następuje uzupełnienie zapasu analizowanego urządzenia wynosi 80 sztuk. Koszt związany z niedoborem w tym przypadku równy jest 800 zł, a roczny koszt utrzymania zapasu 20%.

Rys. nr 7.5: Popyt na urządzenie ESABMig 505W w kolejnych miesiącach badanego czteroletniego okresu.



Rys. 7.6: Rozkład częstości występowania obserwowanych wartości popytu na urządzenie ESABMig 505W.



Analizując powyższe dane o popycie na urządzenie spawalnicze ESABMig 505W, możemy łatwo zauważyć, że zapotrzebowanie na ten artykuł jest zmienne. Ponadto, biorąc pod uwagę fakt, iż wartość czasu cyklu uzupełniania zapasu tego urządzenia jest stałe (1 miesiąc), w celu określenia optymalnego poziomu informacyjnego (ROP) skorzystałem ze wzoru 6.5 i dla wcześniej określonego wymaganego poziomu obsługi rzędu 95% (grupa A wg klasyfikacji ABC. Patrz zał. nr 2) otrzymałem wynik równy 66 sztuk (identyczny wynik otrzymałem stosując funkcję PERCENTYL w arkuszu kalkulacyjnym Excel):

$$ROP = 48 * 1 + 1,645 * 11 * \sqrt{1} = 66$$

gdzie:

Wartość 1,645 jest odczytana z tablic wartością współczynnika bezpieczeństwa ω dla wcześniej określonego dla tej grupy towarów wymaganego poziomu obsługi rzędu 95%.

Widzimy zatem, że dotychczasowe intuicyjne wyznaczenie i utrzymywanie punktu informacyjnego na poziomie 80 sztuk jest dość dalekie od optymalnego i pociąga za sobą zbędne koszty związane z utrzymywaniem niepotrzebnie wysokiego zapasu zabezpieczającego. W tym przypadku zapas nadmierny wynosi aż 14 sztuk tego drogiego urządzenia, którego łączna wartość równa jest 98 000 zł, co przy wartości współczynnika rocznego kosztu utrzymania zapasu równej 0,2 generuje zbędne koszty rzędu 19 600 zł. w skali roku.

Zbyt wysoka i nieuzasadniona wartość ROP jest powszechnym problemem zarządzania zapasami urządzeń wchodzących w skład oferty firmy Ozas-Esab sp. z o.o. (urządzeń ESAB, gdyż zapas tych właśnie urządzeń odnawiany jest zgodnie z modelem opartym na poziomie informacyjnym) a powyższy przykład jest poważnym dowodem na to ile firma jest w stanie zaoszczędzić poprzez położenie większego nacisku na właściwe określenie poziomów informacyjnych.

W poniższej tabelicy zamieściłem propozycję procesu uzupełniania i umniejszania zapasu analizowanego urządzenia spawalniczego ESABMig 505W, zgodnie z systemem zamawiania opartym na poziomie informacyjnym, poprzez wydania zgodnie z obliczonym nowym optymalnym ROP dla wymaganego POK=95%.

Tab. 7.8: Prezentacja procesu realizacji wydań, zamówień i dostaw dla urządzenia ESABMig 505W.

Okres	Dostawa D	Zapasy początkowy ZP (w magazynie)	Popyt P	Zapasy końcowy ZK (w magazynie)	Zapasy wolny ZW	Zamówienie Zam
1		82	11	71	91	0
2	20	91	14	77	77	0
3		77	10	67	67	0
4		67	15	52	52	20
5		52	5	47	67	0
6		47	9	38	58	20
7		58	12	46	86	0
8		46	7	39	79	0
9	20	59	10	49	69	0

Okres	Dostawa D	Zapasy początkowy ZP (w magazynie)	Popyt P	Zapasy końcowy ZK (w magazynie)	Zapasy wolny ZW	Zamówienie Zam
10		49	13	36	56	20
11	20	56	6	50	70	0
12		50	16	34	54	20

Przebieg wyżej przedstawionego procesu odnawiania zapasu urządzenia ESABMig 505W w kolejnych okresach:

1. Brak zamówienia, ponieważ zapas wolny (ZW) jest większy od poziomu informacyjnego (ZI); zarówno zapas magazynowy jak i zapas wolny są większe od $ZI=66$ sztuk, ale zapas wolny jest równy 91 sztuk, gdyż stan magazynowy musi zostać zwiększony o wcześniej złożone zamówienie).
2. Przyjęcie dostawy; zamówienie równe jest 0, ponieważ $ZW > ZI$ (zapas wolny równy jest zapasowi magazynowemu, gdyż nie oczekuje się realizacji wcześniej złożonych zamówień).
3. Zamówienie równe jest 0, ponieważ $ZW > ZI$ (zapas wolny równy jest zapasowi magazynowemu, gdyż nie oczekuje się realizacji wcześniej złożonych zamówień).
4. Zostało złożone zamówienie, gdyż zapas wolny (równy magazynowemu w tym przypadku) spadł poniżej 66 sztuk.
5. Brak zamówienia, ponieważ mimo że zapas magazynowy na koniec okresu jest mniejszy od poziomu informacyjnego to $ZW > ZI$ (zapas wolny wynosi 67 sztuk, gdyż stan magazynowy musi być powiększony o zamówienie złożone pod koniec czwartego okresu).
6. Zostało złożone zamówienie gdyż zapas wolny spadł poniżej 66 sztuk.
7. Zamówienie jest równe 0, ponieważ mimo iż zapas magazynowy jest znacznie mniejszy od poziomu informacyjnego to $ZW > ZI$ (zapas wolny wynosi 86 sztuk, gdyż stan magazynowy musi być powiększony o złożone pod koniec czwartego i szóstego okresu zamówienia).

8. Zamówienie jest równe 0, ponieważ mimo iż zapas magazynowy jest znacznie mniejszy od poziomu informacyjnego to $ZW > ZI$ (zapas wolny wynosi 79 sztuk, gdyż stan magazynowy musi być powiększony o złożone pod koniec czwartego i szóstego okresu zamówienia).
9. Przyjęcie dostawy; brak zamówienia, ponieważ mimo iż zapas magazynowy jest mniejszy od poziomu informacyjnego to jednak $ZW > ZI$ (zapas wolny wynosi 69 sztuk, gdyż stan magazynowy musi być powiększony o złożone pod koniec szóstego okresu zamówienia).
10. Nastąpiło złożenie zamówienia, gdyż zapas wolny obniżył się do 56 sztuk.
11. Przyjęcie dostawy; zamówienie równe 0, gdyż pomimo że zapas magazynowy jest mniejszy od poziomu informacyjnego to $ZW > ZI$ (zapas wolny wynosi 70 sztuk, ponieważ stan magazynowy musi być powiększony o zamówienie złożone pod koniec dziesiątego okresu).
12. Zapas wolny spada do 54 sztuk, co powoduje złożenie kolejnego zamówienia.

Poziom obsługi klienta ustalany jest w praktyce zazwyczaj na podstawie doświadczenia, literatury, porównań z konkurencją, bądź czysto intuicyjnie. Takie postępowanie ma miejsce również w firmie Ozas-Esab sp. z o.o., gdzie, jak już wspomniałem wcześniej, wymagany poziom obsługi został sztywno przydzielony do poszczególnych grup artykułów wg klasyfikacji ABC. Mając do dyspozycji odpowiednie dane o kosztach wystąpienia braków można jednak podjąć próbę optymalizacji poziomu obsługi i związanego z nim poziomu zapasu zabezpieczającego. Przedmiotem zainteresowania w tym przypadku będzie część kosztów całkowitych (wzór 2.1) dotycząca utrzymywania i uzupełniania zapasu zabezpieczającego oraz część związana z wystąpieniem braków w zapasie (KZB):

$$\mathbf{KZB = ZKU + tZB + SKBZ} \quad (7.3)$$

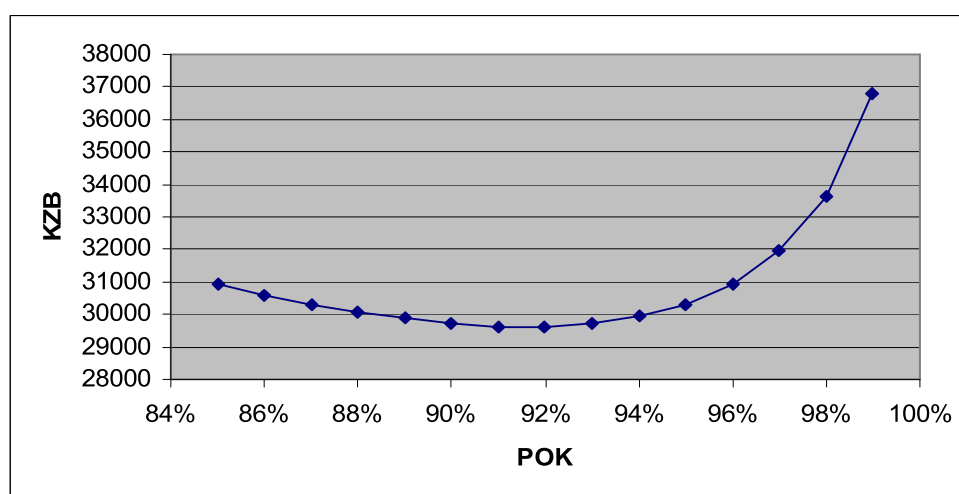
W poniższej tabeli przedstawiłem obliczone przeze mnie wartości poszczególnych składników kosztu KZB dla wartości poziomu obsługi klienta z przedziału $\langle 85\%; 99\% \rangle$. Możemy z niej

odczytać, iż łączny koszt utrzymania zapasu zabezpieczającego oraz oczekiwanych kosztów występowania braku w zapasie osiąga minimalną wartość dla POK=92%.

Tab. 7.9: Optymalizacja poziomu obsługi dla urządzenia spawalniczego ESABMig 505W.

Ω	POK	Pr.wyst.braku	SKBZ	ZB	ZKU _t ZB	KZB	ZI
1,036	85%	0,15	14 976	11	15954	30930	59
1,08	86%	0,14	13 978	12	16632	30610	60
1,126	87%	0,13	12 979	12	17340	30320	60
1,175	88%	0,12	11 981	13	18095	30076	61
1,227	89%	0,11	10 982	13	18896	29878	61
1,282	90%	0,10	9 984	14	19743	29727	62
1,341	91%	0,09	8 986	15	20651	29637	63
1,405	92%	0,08	7 987	15	21637	29624	63
1,476	93%	0,07	6 989	16	22730	29719	64
1,555	94%	0,06	5 990	17	23947	29937	65
1,645	95%	0,05	4 992	18	25333	30325	66
1,751	96%	0,04	3 994	19	26965	30959	67
1,881	97%	0,03	2 995	21	28967	31963	69
2,054	98%	0,02	1 997	23	31632	33628	71
2,326	99%	0,01	998	26	35820	36819	74

Rys. 7.7: Graficzna prezentacja wielkości KZB [PLN] w zależności od założonego poziomu obsługi.



Wyżej analizowany produkt ze względu na bardzo dużą roczną wartość sprzedaży (patrz zał. nr 2) znalazł się w grupie A wg klasyfikacji ABC, co automatycznie oznaczało przydzielenie mu poziomu obsługi rzędu 95%. Z tabeli odczytujemy, iż będąc w stanie podejść indywidualnie do wybranych pozycji (przynajmniej tych najistotniejszych, tj. pozycji z grupy A) jesteśmy w stanie właśnie drogą optymalizacji POK, a tym samym optymalizacji poziomu zapasu zabezpieczającego dokonać dalszej redukcji kosztów w przedsiębiorstwie, zwiększając zarazem jego efektywność.

Przykładowo obniżając wartość poziomu obsługi dla urządzenia ESABMig 505W z 95% do 92% łączny koszt związany z utrzymywaniem i uzupełnianiem zapasu zabezpieczającego oraz występowaniem braków w zapasie spada o nieco ponad 700 zł. Jak widzimy spada wielkość wymaganego zapasu zabezpieczającego omawianego drogiego artykułu o trzy jednostki, obniżając tym samym ROP do 63 sztuk. Moim zdaniem kwota 700 zł jest kwotą znaczącą i należałoby się zastanowić czy nie należałoby podejść, jak już wspomniałem wcześniej, w miarę indywidualnie do wybranych produktów, gdyż nie jest to jedyny przypadek artykułu dla którego poziom obsługi odbiega od optymalnego i który generuje niepotrzebne koszty. Jestem przekonany, iż podchodząc do artykułów z grupy A w sposób indywidualny firma mogłaby zaoszczędzić naprawdę sporą kwotę pieniędzy. Ponadto uważam, iż jest to praktycznie wykonalne, gdyż pozycji tych nie jest aż tak wiele w stosunku do całości oferty i warto dołożyć starań w tym obszarze zarządzania zapasami, ponieważ potencjalne korzyści mogą być naprawdę zaskakujące i niewspółmierne do dodatkowego nakładu pracy.

7.7 Zapas nadmierny

Kolejnym potwierdzeniem nieefektywnego zarządzania zapasami w analizowanej przeze mnie firmie Ozas-Esab sp. z o.o. jest występujący często i zasygnalizowany już wcześniej problem zapasu nadmiernego, kryjącego się w ramach gwarantującego osiągnięcie wymaganego poziomu obsługi zapasu zabezpieczającego (rys. 1.3). Nieefektywnej alokacji kapitału chciałbym dowieść na przykładzie oferowanego przez firmę dość drogiego, o dużej wartości rocznej sprzedaży urządzenia Ozas, jakim jest podajnik drutu ZP-30W.

Średni zapas całkowity podajnika drutu ZP-30W, wyliczony na przestrzeni ostatniego roku na podstawie cotygodniowych danych o zapasie, wyniósł 70 sztuk. Średnie tygodniowe zapotrzebowanie na ten artykuł równe było 32 sztuki, przy odchyleniu standardowym 6 sztuk. Czas cyklu uzupełniania zapasu wynosi 2 tygodnie, przy czym zapas ten uzupełniany był 10 razy. Wielkości poszczególnych dostaw przedstawiały się następująco:

Tab. 7.10: Wielkości poszczególnych dostaw podajnika drutu ZP-30W w roku 2004.

Nr dostawy	Wielkość dostawy (szt.)
1	95
2	80
3	95
4	140
5	115
6	80
7	100
8	95
9	115
10	95

W pierwszym kroku obliczyłem rzeczywisty poziom obsługi, wynikający z wielkości zapasu stanowiącej różnicę średniego zapasu całkowitego i średniego zapasu rotującego.

$$Z' = ZC - ZR$$

Ponieważ zapas całkowity wynosi 70 sztuk, a część rotująca, będąca połową średniej wielkości dostawy (wzór 1.1) ok. 50 sztuk, to Z' równe jest ok. 20 sztuk.

Następnie sprawdziłem czy w zapasie Z' kryje się część nadmierna, czy też w całości spełnia on funkcje zabezpieczające. Gdyby cały zapas Z' spełniał funkcje zabezpieczające to zgodnie ze wzorem 6.2 powinna zachodzić równość:

$$Z' = \omega' * \sigma_{PT}$$

Z powyższego równania obliczyłem zatem rzeczywisty współczynnik bezpieczeństwa:

$$\omega' = \frac{Z'}{\sigma_P * \sqrt{T}} = \frac{20}{8,5} \approx 2,35$$

Dla takiego współczynnika bezpieczeństwa z tablic odczytałem, iż poziom obsługi wynosi ok. 99%, a więc jest on zdecydowanie wyższy od wymaganego. Możemy zatem stwierdzić, że zapas Z' zawiera w sobie również zapas nadmierny, który obliczyłem szybko w następujący sposób:

$$ZB = 1,645 * 8,5 \approx 14 \quad \rightarrow \quad \text{wymagany zapas zabezpieczający}$$

$$ZN = Z - ZB = 20 - 14 = 6 \text{ sztuk} \quad \rightarrow \quad \text{zapas nadmierny}$$

Biorąc pod uwagę cenę jednostkową wytworzenia analizowanego produktu, jakim jest podajnik drutu ZP-30W, równą 2050 zł, wyliczyłem, że wartość zapasu nadmiernego sięga kwoty 12 300 zł., a to z kolei przy wartości współczynnika rocznego kosztu utrzymania zapasu wynoszącym 0,2 sprawia, że koszt utrzymania zapasu nadmiernego równy jest 2460 zł. Należy w tym miejscu zaznaczyć, iż takich pozycji materiałowych może być w firmie Ozas-Esab sp. z o.o. o wiele więcej, a ten przykład jednoznacznie pokazuje jakie rezerwy kapitałowe kryją w sobie zapasy. Ponadto, z drugiej strony widzimy jak istotne jest bieżące aktualizowanie kodowania ABC, gdyż każde zaniedbanie i niesłuszne pozostawienie artykułu w grupie o wyższym wymaganym poziomie obsługi pociąga za sobą zbędne koszty. Takie przypadki w zarządzaniu zapasami firmy Ozas-Esab sp. z o.o. zdarzają się niestety dość często, a sytuacja staje się tym bardziej drastyczna, gdy towary z grupy B po spadku do grupy C (nie utrzymywane na stanach magazynowych a sprowadzane jedynie na zamówienie) zalegają niepotrzebnie w magazynach. Utrzymywanie stanów magazynowych tylko na materiały, które są z grupy A i B jest jak najbardziej dobrym rozwiązaniem, przy założeniu, że grupy zostały oczywiście prawidłowo ustalone. Magazynowanie towarów z grupy C, nierzadko bardzo drogich, których sprzedaż i wskaźniki rotacji są na niskim poziomie, zdaje się być niekonieczne i nieuzasadnione. W celu ograniczenia powyższego problemu zaleca się częstszą aktualizację grup ABC, wraz z kontrolą manualną tego zautomatyzowanego procesu dla ważniejszych pozycji (np. towarów z grupy A) przez zespół doświadczonych ludzi.

7.8 Podsumowanie

Wyniki dokonanej przeze mnie analizy obecnego systemu zarządzania zapasami w przedsiębiorstwie produkcyjno-handlowym Ozas-Esab sp. z o.o. bez najmniejszych wątpliwości potwierdzają postawioną przeze mnie tezę. Jednoznacznie wykazałem, iż można znacząco zwiększyć efektywność funkcjonowania badanej spółki, poprzez redukcję zbędnych kosztów związanych z utrzymywaniem i uzupełnianiem zapasów. Kolejne prezentowane

przeze mnie przykłady pokazały, że możliwa jest dalsza optymalizacja stanu zapasów poprzez zastosowanie podstawowych modeli z dziedziny zarządzania zapasami.

Pierwszy przypadek pokazuje możliwe do uzyskania korzyści po wprowadzeniu podstawowego modelu z dziedziny zarządzania zapasami, jakim jest model na ekonomiczną wielkość zamówienia. Przy dotychczasowych wielkościach dostaw, koszty związane z utrzymywaniem i uzupełnianiem zapasu rotującego tulejki gwintowanej USMGa-406 w pierwszym kwartale 2005 roku wyniosą 7664,52 zł, natomiast po zoptymalizowaniu tych wielkości, zgodnie z wyliczonym powyżej EOQ, nie przekroczą 5425 zł. Oszczędności uzyskane tą drogą sięgają aż 30% dotychczasowych kosztów i jest to kwota ponad 2239 zł. Biorąc pod uwagę fakt, iż rozpatrywanym okresem jest kwartał, suma oszczędności uzyskanych tą drogą staje się naprawdę imponująca w skali roku.

Następny przykład wskazuje na kolejny zakres możliwych działań optymalizacyjnych, a mianowicie optymalizację cyklu przeglądu zapasu poprzez zastosowanie popularnego modelu ECP. Analizie poddałem trzymetrowy uchwyt spawalniczy MB-25AK ze sprężyną i dowiodłem, iż aktualny cykl przeglądu dla tego artykułu jest dość daleki od optymalnego. Przy dotychczasowym czasie cyklu przeglądu, koszty związane z utrzymywaniem i uzupełnianiem zapasu rotującego badanego uchwyty spawalniczego w pierwszym kwartale 2005 roku sięgną kwoty 4997,38 zł., natomiast po zoptymalizowaniu tej wielkości, zgodnie z obliczonym ekonomicznym cyklem przeglądu i po zaokrągleniu, nie przekroczą 4145 zł. W tym przypadku koszty ulegną redukcji o nieco ponad 852 zł, co stanowi 17% dotychczasowych kosztów. Symulacja zastosowania modelu ECP pokazała jak duże straty kapitałowe pociąga za sobą niewłaściwe ustalenie długości czasu cyklu przeglądu. Tak jak w poprzednim przypadku, kwota uzyskanych oszczędności staje się znacznie większa w skali roku i dowodzi, iż zarządzanie zapasami w spółce Ozas-Esab jest mało efektywne.

Kolejnym potwierdzeniem mojej tezy jest następny prezentowany przeze mnie przypadek, który obnaża negatywne skutki czysto intuicyjnego podejścia firmy Ozas-Esab sp. z o.o. do problemu wyznaczania punktu informacyjnego. Analiza oparta na urządzeniu spawalniczym ESABMig 505W pokazała, iż ustalona w ten sposób wartość ROP dla tego artykułu jest również daleka od optymalnej. Dotychczasowe intuicyjne wyznaczenie i utrzymywanie punktu informacyjnego na poziomie 80 sztuk, podczas gdy jego wyliczona optymalna wartość to 66 sztuk, generuje zbędne koszty związane z utrzymywaniem

niepotrzebnie wysokiego zapasu zabezpieczającego. W tym przypadku zapas nadmierny wynosi aż 14 sztuk drogiego urządzenia i pociąga za niepotrzebny koszt rzędu 19 600 zł. w skali roku. Zbyt wysoka i nieuzasadniona wartość ROP jest powszechnym problemem zarządzania zapasami urządzeń oferowanych przez firmę Ozas-Esab sp. z o.o., a przykład ten jest poważnym dowodem na to ile firma jest w stanie zaoszczędzić poprzez położenie większego nacisku na właściwe określenie poziomów informacyjnych.

Ponadto, w przykładzie tym pokazałem potencjalne korzyści indywidualnego podejścia do wybranych artykułów (przynajmniej tych najistotniejszych, tzn. pozycji z grupy A wg klasyfikacji ABC). Decydując się na optymalizację poziomu obsługi jesteśmy w stanie dokonać dalszej redukcji kosztów w przedsiębiorstwie, zwiększając zarazem jego efektywność. Obniżając wartość poziomu obsługi dla urządzenia ESABMig 505W z 95% (sztywno przydzielonego towarom z grupy A) do 92% (wyliczonej optymalnej wartości POK) spadnie łączny koszt związany z utrzymywaniem i uzupełnianiem zapasu zabezpieczającego oraz występowaniem braków w zapasie o ponad 700 zł. Uważam, iż jest to kwota znacząca i należałoby się zastanowić czy nie podejść, jak już wspomniałem wcześniej, w miarę indywidualnie do wybranych pozycji, ponieważ nie jest to jedyny przypadek artykułu dla którego poziom obsługi odbiega od optymalnego i który generuje niepotrzebne koszty. Jestem przekonany, że podchodząc do artykułów z grupy A w sposób indywidualny firma Ozas-Esab sp. z o.o. mogłaby zaoszczędzić naprawdę sporą sumę pieniędzy. Co więcej, uważam, iż jest to praktycznie wykonalne, gdyż pozycji tych nie jest aż tak wiele w stosunku do całości oferty i warto dołożyć dodatkowych starań w tym obszarze zarządzania zapasami, ponieważ potencjalne korzyści mogą być naprawdę zaskakujące i niewspółmierne do dodatkowego nakładu pracy.

Ostatni przedstawiony przeze mnie przykład porusza, zasygnalizowany w poprzednim przykładzie, problem zapasu nadmiernego. Nieefektywnej alokacji kapitału dowiodłem na przykładzie oferowanego przez firmę dość drogiego, o dużej wartości rocznej sprzedaży urządzenia, jakim jest podajnik drutu ZP-30W. Obliczenia wykazały, iż aktualnie utrzymywany poziom obsługi dla tej pozycji wynosi 99%, co oznacza, że jest on znacznie wyższy od wymaganego (95% dla artykułów z grupy A wg klasyfikacji ABC). Wyliczyłem również, że koszt utrzymania zapasu nadmiernego w tym przypadku równy jest 2460 zł. Warto jednak zaznaczyć, iż takich pozycji materiałowych jest w firmie Ozas-Esab sp. z o.o. dużo więcej, a ten przykład dobitnie pokazuje jakie rezerwy kapitałowe kryją w sobie zapasy.

Ponadto, przypadek ten uświadomił jak istotne jest bieżące aktualizowanie kodowania ABC. Pokazał, że każde zaniedbanie i niesłuszne pozostawienie artykułu w grupie o wyższym wymaganym poziomie obsługi pociąga za sobą zbędne koszty. Takie przypadki w zarządzaniu zapasami firmy Ozas-Esab sp. z o.o. zdarzają się niestety dość często, a sytuacja staje się tym bardziej drastyczna, gdy towary z grupy B po spadku do grupy C (towary nie utrzymywane na stanach magazynowych a sprowadzane jedynie na zamówienie) zalegają niepotrzebnie w magazynach. Moim zdaniem, utrzymywanie na stanach magazynowych wyłącznie pozycji z grupy A i B jest jak najbardziej dobrym rozwiązaniem, przy założeniu oczywiście, że grupy zostały prawidłowo ustalone. Magazynowanie artykułów z grupy C, nierzadko bardzo drogich, których sprzedaż i wskaźniki rotacji są na niskim poziomie, zdaje się być niekonieczne i nieuzasadnione. W celu ograniczenia powyższego problemu proponuję częstszą aktualizację grup ABC, wraz z kontrolą manualną tego zautomatyzowanego procesu dla ważniejszych pozycji (np. towarów z grupy A) przez zespół doświadczonych ludzi.

Pokazanie przeze mnie nieefektywności zarządzania zapasami artykułów o tak dużym udziale procentowym w wartości rocznej sprzedaży przedsiębiorstwa Ozas-Esab sp. z o.o. (patrz załącznik nr 2) stanowi poważny dowód na to, iż można znacząco usprawnić jego funkcjonowanie. Optymalizując poziom zapasów tych produktów pokazałem źródło potencjalnych oszczędności, możliwych do uzyskanych wskutek zastosowania poszczególnych modeli z dziedziny zarządzania zapasami. Duża wartość wykazanych przeze mnie zbędnych kosztów związanych z utrzymywaniem i uzupełnianiem zapasów w kolejnych prezentowanych przeze mnie przypadkach bez najmniejszych wątpliwości potwierdza tezę mojej pracy, więc uważam, że można uznać ją za jednoznacznie wykazaną.

Załącznik nr 1: Opis wszystkich przyjętych w tej pracy oznaczeń (wg kolejności występowania w pracy).

ZR – zapas rotujący

ZB – zapas zabezpieczający

ZN – zapas nadmierny

ZC – zapas całkowity

SWD – średnia wielkość dostawy

SKUtZ – stały koszt utrzymania zapasu

SKUtZB – stały koszt utrzymania zapasu zabezpieczającego

SKUtZR – stały koszt utrzymania zapasu rotującego

ZKUtZ – zmienny koszt utrzymania zapasu

ZKUtZB – zmienny koszt utrzymania zapasu zabezpieczającego

ZKUtZR – zmienny koszt utrzymania zapasu rotującego

u_o – współczynnik okresowego kosztu utrzymania zapasu

u_r – współczynnik rocznego kosztu utrzymania zapasu

u_{kw} – współczynnik kwartalnego kosztu utrzymania zapasu

C – cena zakupu lub wytworzenia jednostki zapasu

Z – wielkość zapasu

KB – koszt wystąpienia braku zapasu

$p(BZ)$ – prawdopodobieństwo wystąpienia braku zapasu

POK – poziom obsługi klienta

NB – liczba braków w okresie

k_{bz} – koszt braku jednej jednostki zapasu

SKBZ – stały koszt braku zapasu

ZKBZ – zmienny koszt braku zapasu

ZKUzZ – zmienny koszt uzupełnienia zapasu

ZKUzZR – zmienny koszt uzupełnienia zapasu rotującego

SKUzZ – stały koszt uzupełnienia zapasu

SKUzZR – stały koszt uzupełnienia zapasu rotującego

KZB - koszt związany z uzupełnianiem i utrzymywaniem zapasu zabezpieczającego

Id – liczba dostaw w rozważanym okresie

k_u – jednostkowy koszt uzupełnienia związany z jedną dostawą bądź jednorazowym uruchomieniem linii produkcyjnej
 k_m – jednostkowy koszt magazynowania
 k_t – koszt transportu na jedną dostawę
 KZC – koszty całkowite
 P - średnia wartość popytu w badanym okresie
 σ_p – odchylenie standardowe popytu w badanym okresie
 e – podstawa logarytmu naturalnego
 V_P - współczynnik zmienności
 Pr_i – prognoza na okres „i”
 P_i – zapotrzebowanie rzeczywiste w okresie „i”
 $MA(k)$ – średnia ruchoma o podstawie k ; k to liczba ostatnich obserwacji w szeregu czasowym
 α – stała wygładzania zawierająca się w przedziale $\langle 0;1 \rangle$,
 β – stała wygładzania trendu zawierająca się w przedziale $\langle 0;1 \rangle$.
 e – średni błąd prognozy
 n – liczba przewidywań
 d – średni bezwzględny błąd prognozy
 s – standardowy błąd prognozy
 TS – sygnał śledzący
 T - średni czas cyklu uzupełnienia zapasu
 σ_T – odchylenie standardowe (zmienność) czasu cyklu uzupełnienia zapasu
 τ_{RZ} - czas realizacji zamówienia
 σ_{PT} - odchylenie standardowe błędu prognozy popytu w cyklu uzupełnienia zapasu
 P - prognoza średniej wartości popytu
 s - odchylenie standardowe błędu prognozy
 ZW – zapas wolny (dysponowany)
 $ZI=ROP$ – poziom informacyjny (reorder point)
 ω – współczynnik bezpieczeństwa zależny od przyjętego poziomu obsługi
 σ_{PT} – odchylenie standardowe popytu w czasie trwania cyklu uzupełnienia zapasu
 W_j - średnia wielkości pojedynczego wydania
 $ZMax$ – zapas maksymalny
 $CP=T_0$ – okres cyklu przeglądu zapasu
 σ_{PT, T_0} – odchylenie standardowe popytu w czasie trwania cyklu uzupełnienia oraz przeglądu zapasu.

EWZ=EOQ – ekonomiczna wielkość zamówienia

PP – przewidywany popyt w rozważanym okresie,

k_m – jednostkowy koszt utrzymania zapasu w rozważanym okresie czasu

WZ=WD – wielkość zamówienia/dostawy

KZR - koszt związany z uzupełnianiem i utrzymywaniem zapasu rotującego

KKS – koszt kapitału i strat związany ze składowaniem

d – tempo realizacji zamówienia, produkcji (ilość jednostek na okres)

s – średnie tempo sprzedaży, zużycia (ilość jednostek na okres)

ECP – ekonomiczny cykl przeglądu

EId – ekonomiczna ilość dostaw

Załącznik nr 2: Klasyfikacja ABC dla artykułów wchodzących w skład aktualnej oferty

Ozas-Esab sp. z o.o.

Towar	Cena jednostkowa	Roczna sprzedaż ilościowo	Wartość roczna sprzedaży	Udział % w całej sprzedaży	Suma narastająca	Grupa
Źródło prądu ESABMig 505W	8 670,00	632,00	5479440	13,1589%	13,1589%	A
ZP-30W Podajnik drutu	2 400,00	1 642,00	3940800	9,4638%	22,6227%	A
Źródło prądu ESABMig 325	2 200,00	1 630,00	3586000	8,6118%	31,2345%	A
Źródło prądu ESABMig 425W	5 280,00	467,00	2465760	5,9215%	37,1560%	A
Źródło prądu SYNERMIG-401	18 028,00	112,00	2019136	4,8490%	42,0050%	A
Tulejka gwintowana USMGa-406	4,00	469 832,00	1879328	4,5132%	46,5182%	A
Źródło prądu ESABMig 425	4 400,00	356,00	1566400	3,7617%	50,2799%	A
ZP-30 Podajnik drutu	1 915,00	676,00	1294540	3,1088%	53,3887%	A
Uchwyt spaw. MB-25AK 3 m ze sprężyną	350,00	3 628,00	1269800	3,0494%	56,4382%	A
UF-3 Tulejka rozprężna	5,90	115 720,00	682748	1,6396%	58,0778%	A
Uchwyt spaw. MB-501D ERMAT 5 m	757,30	820,00	620982,72	1,4913%	59,5691%	A
ZP-20/1 Podajnik drutu bez przewodu sterow.	2 254,00	252,00	568008	1,3641%	60,9332%	A
Uchwyt spaw. MB-25AK 4 m ze sprężyną	226,37	2 404,00	544188,672	1,3069%	62,2400%	A
Tulejka izolacyjna MB-401/501 biała	3,41	153 644,00	523618,752	1,2575%	63,4975%	A
Uchwyt spaw. SRT-18 5 m, F-315	666,77	764,00	509412,28	1,2234%	64,7208%	A
Uchwyt spaw. MB-501D 5 m	670,18	744,00	498610,944	1,1974%	65,9183%	A
Źródło prądu LUD 450 UWuniwersalne (TIG,OKC)	26 426,16	18,00	475670,88	1,1423%	67,0606%	A
Uchwyt spaw. MB-36KD 3 m* ze sprężyną	296,54	1 580,00	468539,52	1,1252%	68,1858%	A
Uchwyt spaw. MB-15AK 3 m ze sprężyną	164,54	2 796,00	460053,84	1,1048%	69,2906%	A
Uchwyt spaw. MB-501D 4 m	640,85	692,00	443466,816	1,0650%	70,3556%	A
ZP-26 Podajnik drutu	3 795,00	116,00	440220	1,0572%	71,4128%	A
Uchwyt spaw. MB-25AK 5 m ze sprężyną	241,34	1 796,00	433453,824	1,0409%	72,4537%	A
UCHW-5 Urządzenie do chłodzenie	2 399,00	164,00	393436	0,9448%	73,3986%	A
UCHW-2 Urządzenie do chłodzenia	1 799,00	212,00	381388	0,9159%	74,3145%	A
Uchwyt spaw. MB-36KD 4 m ze sprężyną	326,69	1 052,00	343675,776	0,8253%	75,1398%	A
Uchwyt spaw. MB-36KD 5 m ze sprężyną	356,74	892,00	318212,08	0,7642%	75,9040%	A
Zespół przewodów MAGOMIG-505W 5 m*	593,00	492,00	291756	0,7007%	76,6046%	A
ZP-20 Podajnik drutu bez przewodu sterowniczego	2 254,20	120,00	270504	0,6496%	77,2543%	A
Zespół przewodów MAGOMIG-425W 5 m*	548,00	468,00	256464	0,6159%	77,8702%	A
Uchwyt spaw. MB-501D 3 m	614,93	412,00	253350,336	0,6084%	78,4786%	A
Uchwyt spaw. MB-401D 4 m	616,80	404,00	249187,2	0,5984%	79,0770%	A
Zespół napędowy ZP-15/15E, 20	673,20	348,00	234273,6	0,5626%	79,6396%	A
Uchwyt spaw. MB-15AK 4 m ze sprężyną	179,04	1 268,00	227022,72	0,5452%	80,1848%	A
Zestaw ZET-3, UCHW-2 kpl	2 581,00	80,00	206480	0,4959%	80,6807%	A
Uchwyt plazmowy PSB-121S 6 m	1 194,10	156,00	186278,976	0,4473%	81,1280%	B
ZP-15P Podajnik drutu DPS-402	2 325,60	80,00	186048	0,4468%	81,5748%	B
Tulejka izolacyjna MB-36	3,22	57 112,00	183672,192	0,4411%	82,0159%	B
Źródło prądu TEP- 801	14 888,00	12,00	178656	0,4290%	82,4449%	B
Uchwyt plazmowy ABIPLAS CUT 200W 6 m	2 558,69	68,00	173990,92	0,4178%	82,8628%	B
Zespół napędowy WF-4G/37 ZP-22 1,2-1,6 42 V	841,50	196,00	164934	0,3961%	83,2589%	B
Tulejka izolacyjna USMGa-451 22x32 cer.	17,50	8 881,00	155417,5	0,3732%	83,6321%	B
Uchwyt spaw. MB-401D 5 m	646,13	240,00	155070,72	0,3724%	84,0045%	B
Uchwyt spaw. MB-15AK 5 m ze sprężyną	193,58	780,00	150995,52	0,3626%	84,3671%	B
Zespół przewodów MAGOMIG-325 5 m*	457,00	272,00	124304	0,2985%	84,6656%	B
Wentylator EBM A4E (W-11)	267,00	432,00	115344	0,2770%	84,9426%	B
Uchwyt spaw. MB-240D 4 m	648,34	173,00	112162,128	0,2694%	85,2120%	B
Zespół przewodów MAGOMIG-505W 10 m	940,00	108,00	101520	0,2438%	85,4558%	B
Uchwyt spaw. RAB-240D PLUS 3 m	1 209,07	80,00	96725,76	0,2323%	85,6881%	B
Uchwyt spaw. SRT-26 5 m, F-160	524,40	184,00	96489,6	0,2317%	85,9198%	B
Uchwyt plazmowy ABIPLAS CUT 200W MT 6 m	2 998,61	32,00	95955,456	0,2304%	86,1502%	B
Uchwyt spaw. MB-401D 3 m	587,47	160,00	93995,2	0,2257%	86,3760%	B
Uchwyt spaw. ABITIG 200 TTK-SK 4 m, F-200/250	543,60	172,00	93499,2	0,2245%	86,6005%	B
Zespół napędowy ZP-12/12E	667,08	136,00	90722,88	0,2179%	86,8184%	B
Uchwyt plazmowy PSB- 31KK 4 m	492,14	184,00	90554,496	0,2175%	87,0358%	B
Tulejka gwintowana USMGa-206	7,14	12 636,00	90221,04	0,2167%	87,2525%	B

Uchwyt spaw. SRT-20 5 m, F-315	656,69	136,00	89309,84	0,2145%	87,4670%	B
Zespół przewodów SYNERMIG-401 20 m osłona BINZEL	2 322,54	36,00	83611,44	0,2008%	87,6678%	B
Zespół przewodów MAGOMIG-403/425 5 m*	461,00	176,00	81136	0,1948%	87,8626%	B
Uchwyt spaw. SRT-18 8 m, F-315	787,58	96,00	75607,68	0,1816%	88,0442%	B
Zespół przewodów SYNERMIG-401 10 m osłona BINZEL	934,00	80,00	74720	0,1794%	88,2236%	B
Uchwyt spaw. SRT-20 8 m, F-315	731,47	100,00	73147,2	0,1757%	88,3993%	B
Tulejka zaciskowa SRT-18, 18SC, 26 2,4	1,14	61 200,00	69768	0,1675%	88,5669%	B
Uchwyt spaw. SRT-18SC 4 m	642,91	100,00	64291,2	0,1544%	88,7212%	B
Uchwyt MIG PKB 400 A9A typu pchaj-ciagnij	3 953,76	16,00	63260,16	0,1519%	88,8732%	B
Zespół przewodów uchwytu MB-401/501 4 m	524,69	120,00	62962,56	0,1512%	89,0244%	B
ZP-11 Podajnik drutu	1 570,80	40,00	62832	0,1509%	89,1753%	B
Uchwyt spaw. AUT-401/501D 3 m palnik 87°	1 686,24	36,00	60704,64	0,1458%	89,3210%	B
Zespół przewodów MAGOMIG-425W 10 m	785,00	72,00	56520	0,1357%	89,4568%	B
UCHW-2 Urządzenie do chłodzenia z czujnikiem	2 320,00	24,00	55680	0,1337%	89,5905%	B
Uchwyt spaw. MISTRAL TWL-2 4 m, F-200	593,81	92,00	54630,336	0,1312%	89,7217%	B
Uchwyt spaw. ABITIG 450W 4 m, F-400	718,49	76,00	54605,24	0,1311%	89,8528%	B
Wózek - MARATHON PAC	363,21	148,00	53755,08	0,1291%	89,9819%	B
Uchwyt spaw. RMB-36TF 3 m	380,50	140,00	53269,44	0,1279%	90,1098%	B
Uchwyt spaw. MISTRAL TWL-2 8 m, F-200	693,89	72,00	49959,936	0,1200%	90,2298%	B
Zawór elektromag. 24V 9W CEME	52,00	940,00	48880	0,1174%	90,3472%	B
Uchwyt spaw. MB-36KD-B 4 m, ZP-2	492,67	96,00	47296,512	0,1136%	90,4608%	B
Uchwyt spaw. RAB-36KD PLUS 4 m	1 158,91	40,00	46356,48	0,1113%	90,5721%	B
Uchwyt spaw. RMB-36TF 4 m	413,52	112,00	46314,24	0,1112%	90,6833%	B
Zespół napędowy ZP- 2	576,30	80,00	46104	0,1107%	90,7941%	B
Uchwyt spaw. RAB-240D PLUS 5 m	1 348,22	32,00	43143,168	0,1036%	90,8977%	B
Wózek pod AristoMig	957,00	44,00	42108	0,1011%	90,9988%	B
Uchwyt spaw. ABITIG 20 8 m, F-250/400	522,53	80,00	41802,24	0,1004%	91,0992%	B
Zespół przewodów MAGOMIG-505W 15 m	1 150,00	36,00	41400	0,0994%	91,1986%	B
Złącze szybkocujące ZP-10/12	127,50	324,00	41310	0,0992%	91,2978%	B
Uchwyt spaw. ABITIG 200 7TK-SK 8 m, F-200/250	679,10	60,00	40746,24	0,0979%	91,3957%	B
Zapłonnik SIG 8.41 42V, F-315	1 122,00	36,00	40392	0,0970%	91,4927%	B
Wentylator MEZAXIAL 3141 230V 21W	71,40	564,00	40269,6	0,0967%	91,5894%	B
Zespół przewodów MAGOMIG-505W 20 m	1 431,00	28,00	40068	0,0962%	91,6856%	B
Tulejka izolacyjna MB-13/15 palnika	2,05	19 452,00	39876,6	0,0958%	91,7814%	B
Uchwyt spaw. MB-25AK-B 4 m, ZP-2	377,04	104,00	39212,16	0,0942%	91,8755%	B
Tulejka izolacyjna MB-240D	3,65	10 748,00	39208,704	0,0942%	91,9697%	B
Uchwyt plazmowy ABIPLAS CUT 70 6 m	696,48	56,00	39002,88	0,0937%	92,0633%	B
Uchwyt spaw. MB-25AK-B 3 m, ZP-2	360,05	108,00	38885,184	0,0934%	92,1567%	B
Uchwyt spaw. SRT-18 12 m, F-315	862,61	44,00	37954,752	0,0911%	92,2479%	B
Uchwyt spaw. MB-24KD 4 m	283,54	128,00	36292,608	0,0872%	92,3350%	B
Uchwyt plazmowy ABIPLAS CUT 200W MT 6 m	2 967,37	12,00	35608,44	0,0855%	92,4205%	B
Złącze szybkocujące ZP- 7	109,14	308,00	33615,12	0,0807%	92,5013%	B
Zespół napędowy WF-4G/37 MM-241, 24V 35W	642,60	52,00	33415,2	0,0802%	92,5815%	B
Wkład węglowo-teflon. kpl. 2,0/4,0 4,5 m	66,00	500,00	33000	0,0792%	92,6608%	B
Uchwyt spaw. MISTRAL TWL-2 4 m, F-161	599,71	52,00	31185,024	0,0749%	92,7357%	B
Uchwyt spaw. SRT-18T 5 m	539,42	56,00	30207,744	0,0725%	92,8082%	B
Uchwyt plazmowy ABIPLAS CUT 200W MT 12 m	3 731,74	8,00	29853,92	0,0717%	92,8799%	B
Uchwyt spaw. RMB-36TF 5 m	450,19	64,00	28812,288	0,0692%	92,9491%	B
Wózek - LTC	899,00	32,00	28768	0,0691%	93,0182%	B
Wąż 16 m - PKB 250	1 797,16	16,00	28754,56	0,0691%	93,0872%	B
Uchwyt spaw. SRT-26 8 m, F-315	651,36	44,00	28659,84	0,0688%	93,1561%	B
Uchwyt spaw. AUT-401/501D 3 m palnik 45°	1 010,88	28,00	28304,64	0,0680%	93,2240%	B
Zespół przewodów MAGOMIG-403/425 15 m	884,00	32,00	28288	0,0679%	93,2920%	B
Uchwyt spaw. MB-36KD-B 3 m, ZP-2	468,05	60,00	28082,88	0,0674%	93,3594%	B
Uchwyt spaw. SRT-26T 5 m	455,62	60,00	27336,96	0,0656%	93,4251%	B
Uchwyt spaw. MB-240D 5 m	679,49	40,00	27179,52	0,0653%	93,4903%	B
Uchwyt plazmowy ABIPLAS CUT 200W MT 6 m ZA	3 379,82	8,00	27038,592	0,0649%	93,5553%	B
Uchwyt spaw. MB-40KD 5 m	655,01	40,00	26200,32	0,0629%	93,6182%	B
Uchwyt spaw. ROBO 455 1,0 m, palnik 22° M8	2 153,95	12,00	25847,424	0,0621%	93,6803%	B
Uchwyt spaw. SRT-18SC 8 m	806,45	32,00	25806,336	0,0620%	93,7422%	B
Zespół przewodów MAGOMIG-425W 20 m	1 251,00	20,00	25200	0,0601%	93,8023%	B
Uchwyt spaw. ABITIG 450W 8 m, F-400	1 036,08	24,00	24865,92	0,0597%	93,8620%	B
Uchwyt spaw. AUT-401/501D 3 m, palnik 0°	1 010,88	24,00	24261,12	0,0583%	93,9203%	B
Wtyczka SZR28 P7 NSZ9	100,98	240,00	24235,2	0,0582%	93,9785%	B
Uchwyt spaw. ABIMIG 501D V WZ-2 5 m HDH	1 005,31	24,00	24127,488	0,0579%	94,0364%	B
Wkład kpl. 2,0/4,5 czerwony 3 m	5,63	4 160,00	23420,8	0,0562%	94,0927%	B

Uchwyt spaw. SRT-26 5 m, F-315	523,30	44,00	23025,024	0,0553%	94,1480%	B
Uchwyt spaw. SRT-18 5 m, F-200/400	638,74	36,00	22994,496	0,0552%	94,2032%	B
Złącze szybkomocujące ZP-15	117,30	196,00	22990,8	0,0552%	94,2584%	B
Uchwyt spaw. RAB-501D PLUS 4 m	1 416,96	16,00	22671,36	0,0544%	94,3129%	B
Uchwyt spaw. MB-14AK 3 m	134,11	168,00	22530,816	0,0541%	94,3670%	B
Wentylator WOP 35 DPS-400/402	326,00	68,00	22168	0,0532%	94,4202%	B
Wózek jezdny dwubutlowy	420,00	52,00	21840	0,0524%	94,4726%	B
Uchwyt spaw. RAB-501D PLUS 3 m WZ-2	1 346,06	16,00	21537,024	0,0517%	94,5244%	B
Uchwyt plazmowy PSB- 60S 6 m	1 048,70	20,00	20974,08	0,0504%	94,5747%	B
Wkład teflon. kpl. 2,0/4,0 czerwony 4 m	56,10	372,00	20869,2	0,0501%	94,6249%	B
Zespół napędowy ZP- 7	521,22	40,00	20848,8	0,0501%	94,6749%	B
Uchwyt spaw. ABIMIG 300TS 4 m, palnik RMB-24	340,32	60,00	20419,2	0,0490%	94,7240%	B
Uchwyt spaw. AUT-401/501D 2 m	1 010,88	20,00	20217,6	0,0486%	94,7725%	B
Zestaw przewodów 1,7 m 500A z chłodzeniem	620,00	32,00	19840	0,0476%	94,8202%	B
Wkład do przyłbicy Eye-Tech 9/13	699,00	28,00	19572	0,0470%	94,8672%	B
Uchwyt spaw. RMB-24TF 5 m	374,11	52,00	19453,824	0,0467%	94,9139%	B
Uchwyt MIG PSF 250-E A10 4,5 m, złącze EURO	434,67	44,00	19125,48	0,0459%	94,9598%	B
ZP-15R Podajnik drutu	4 743,00	4,00	18972	0,0456%	95,0054%	B
Zawór elektromag. 220V CEME 13,5W	51,00	372,00	18972	0,0456%	95,0509%	B
Tulejka zaciskowa SRT- 9, 20 2,4	1,90	9 856,00	18726,4	0,0450%	95,0959%	B
Uchwyt spaw. RB-610D 3 m	1 161,89	16,00	18590,208	0,0446%	95,1405%	B
Uchwyt spaw. SRT-18 12 m, F-200/400	765,36	24,00	18368,64	0,0441%	95,1847%	B
ZP-12E Podajnik drutu	1 519,80	12,00	18237,6	0,0438%	95,2285%	B
Złącze szybkomocujące ZP-20	116,28	156,00	18139,68	0,0436%	95,2720%	B
Uchwyt spaw. SRT-26 8 m, F-200/250	642,38	28,00	17986,64	0,0432%	95,3152%	B
Zespół przewodów MAGOMIG-425W 25 m	1 476,00	12,00	17712	0,0425%	95,3578%	B
Uchwyt spaw. MB-602D 4 m	1 079,04	16,00	17264,64	0,0415%	95,3992%	B
Zespół przewodów uchwytu MB-401/501 3 m	478,85	36,00	17238,528	0,0414%	95,4406%	B
Wkład teflon. kpl. 1,5/4,0 niebieski 3 m	41,82	408,00	17062,56	0,0410%	95,4816%	B
Zespół napędowy ZP- 2 bez tulei prądowej	531,42	32,00	17005,44	0,0408%	95,5224%	B
Uchwyt spaw. SRT-18T 8 m	706,99	24,00	16967,76	0,0407%	95,5632%	B
Zespół przewodów SYNERMIG-401 2 m*	598,00	28,00	16744	0,0402%	95,6034%	B
Uchwyt spaw. MB-24KD 5 m	313,10	52,00	16281,408	0,0391%	95,6425%	B
Wkład teflon. kpl. 2,0/4,0 czerwony 5 m	61,79	260,00	16065,4	0,0386%	95,6811%	B
Uchwyt spaw. RP-610D 3 m	1 337,57	12,00	16050,816	0,0385%	95,7196%	B
Uchwyt spaw. MB-501D 4 m, palnik 034.0128	1 323,84	12,00	15886,08	0,0382%	95,7578%	B
Zestaw kołowy ZP-10/20, 26	91,80	172,00	15789,6	0,0379%	95,7957%	B
Wtyczka SZR28 P7 NG9	63,24	248,00	15683,52	0,0377%	95,8333%	B
Uchwyt spaw. RMB-24TF 3 m	322,37	48,00	15473,664	0,0372%	95,8705%	B
Uchwyt plazmowy ABIPLAS CUT 110 6 m	773,47	20,00	15469,44	0,0371%	95,9077%	B
Zespół napędowy MINIMAG-163/250	381,48	40,00	15259,2	0,0366%	95,9443%	B
Wózek ZET-3	470,22	32,00	15047,04	0,0361%	95,9804%	C
Uchwyt spaw. RV-14 2,5 m	128,30	116,00	14883,264	0,0357%	96,0162%	C
Uchwyt spaw. SRT-26 5 m, F-200/250	517,78	28,00	14497,84	0,0348%	96,0510%	C
Uchwyt spaw. SRT-17V 4 m	359,81	40,00	14392,32	0,0346%	96,0856%	C
UF-3 Łuska	4,03	3 528,00	14217,84	0,0341%	96,1197%	C
Uchwyt spaw. AUT 3 m palnik 30° L-160	3 534,96	4,00	14139,84	0,0340%	96,1537%	C
Uchwyt spaw. SRT-26 8 m, F-200 w osł. skórzanej	701,03	20,00	14020,6	0,0337%	96,1873%	C
Uchwyt SZR28 P7 EG9	55,08	248,00	13659,84	0,0328%	96,2201%	C
Uchwyt spaw. RMB-401D 3 m	847,01	16,00	13552,128	0,0325%	96,2527%	C
Uchwyt plazmowy ABIPLAS CUT 110 MT 6 m	846,77	16,00	13548,288	0,0325%	96,2852%	C
Zespół przewodów SYNERMIG-401 10 m	1 114,00	12,00	13368	0,0321%	96,3173%	C
Złącze szybkomocujące ZP-22	117,30	112,00	13137,6	0,0315%	96,3489%	C
Uchwyt spaw. MB-25AK-B 5 m, ZP-2	407,66	32,00	13045,12	0,0313%	96,3802%	C
Uchwyt plazmowy ABIPLAS CUT 150 6 m	1 085,09	12,00	13021,056	0,0313%	96,4115%	C
Uchwyt spaw. SRT-20 5 m, F-400	649,97	20,00	12999,4	0,0312%	96,4427%	C
Uchwyt spaw. AUT-401/501D 4 m, palnik 0°	1 070,00	12,00	12840	0,0308%	96,4735%	C
Wentylator PAPST 6078 ES 230V 24W	261,12	48,00	12533,76	0,0301%	96,5036%	C
Uchwyt spaw. MB-602D 3 m	1 043,09	12,00	12517,056	0,0301%	96,5337%	C
Uchwyt spaw. MB-15AK-B 3 m, MM-125, 160	222,72	56,00	12472,32	0,0300%	96,5636%	C
Uchwyt spaw. MB-24KD 3 m	259,68	48,00	12464,64	0,0299%	96,5936%	C
Uchwyt spaw. SRT-26 5 m, F-161	518,74	24,00	12449,664	0,0299%	96,6235%	C
Wentylator PAPST 4650 N 230V 19W	107,10	116,00	12423,6	0,0298%	96,6533%	C
Zacisk masowy EG 600	38,03	320,00	12169,6	0,0292%	96,6825%	C
Uchwyt spaw. ABITIG 200 7T4-SK 4 m, F-161	505,73	24,00	12137,472	0,0291%	96,7117%	C
Uchwyt spaw. AUT-401/501 3 m palnik 0°	1 010,88	12,00	12130,56	0,0291%	96,7408%	C

Uchwyt spaw. MB-14AK 3 m	115,49	104,00	12010,752	0,0288%	96,7696%	C
Zespół przewodów MAGOMIG-425W 15 m	1 000,00	12,00	12000	0,0288%	96,7985%	C
Wkład kpl. 2,5/4,9 żółty 5 m	7,37	1 620,00	11939,4	0,0287%	96,8271%	C
Wkład teflon. kpl. 2,0/4,0 czerwony 3 m	43,86	272,00	11929,92	0,0286%	96,8558%	C
Wkład MB-401/501 2,5/4,5 4 m	5,67	2 080,00	11793,6	0,0283%	96,8841%	C
Uchwyt spaw. MB-501D ERMAT 4 m	725,47	16,00	11607,552	0,0279%	96,9120%	C
Uchwyt spaw. MB-501 UP/DOWN 5 m WS	967,06	12,00	11604,672	0,0279%	96,9399%	C
Wkład kpl. 2,0/4,5 czerwony 4 m	6,30	1 840,00	11592	0,0278%	96,9677%	C
Wkład kpl. 1,5/4,3 niebieski 3 m	5,11	2 268,00	11589,48	0,0278%	96,9955%	C
Zestaw przewodów 1,7 m z chłodzeniem	724,00	16,00	11584	0,0278%	97,0233%	C
Wkład RB/RP-610 3,5/7,0 3 m	39,17	292,00	11437,056	0,0275%	97,0508%	C
Zespół przewodów MAGOMIG-403W 15 m	711,96	16,00	11391,36	0,0274%	97,0782%	C
Waż 16 m - PKB 400	2 842,00	4,00	11368	0,0273%	97,1055%	C
Zespół przewodów MAGOMIG-403W 7 m	472,26	24,00	11334,24	0,0272%	97,1327%	C
Zespół przewodów MAGOMIG-403/425 25 m	1 400,00	8,00	11200	0,0269%	97,1596%	C
Uchwyt spaw. MISTRAL TWL-2 8 m, F-161	693,89	16,00	11102,208	0,0267%	97,1862%	C
Uchwyt spaw. SRT-18 8 m, ARISTO	681,17	16,00	10898,688	0,0262%	97,2124%	C
Zespół napędowy ELVI 24V MM-164/240 35W	267,32	40,00	10692,8	0,0257%	97,2381%	C
Zespół napędowy ZP-12/12E bez silnika	332,52	32,00	10640,64	0,0256%	97,2636%	C
Uchwyt spaw. SRT-26 8 m, F-160	649,01	16,00	10384,128	0,0249%	97,2886%	C
Zespół rolek 5 0,6-1,6 mm	318,11	32,00	10179,52	0,0244%	97,3130%	C
Uchwyt SZR16 P2 EG5	25,00	404,00	10100	0,0243%	97,3373%	C
Zespół napędowy ZP-25/26	841,50	12,00	10098	0,0243%	97,3615%	C
Uchwyt spaw. ABIMIG 450 MT 4 m	839,71	12,00	10076,544	0,0242%	97,3857%	C
Zespół napędowy ZP-15/15E, 20 bez silnika	358,02	28,00	10024,56	0,0241%	97,4098%	C
Uchwyt spaw. SRT-20 12 m ,F-315	831,41	12,00	9976,896	0,0240%	97,4338%	C
Uchwyt spaw. ABIMIG 240D WT 5 m, V HDH	1 180,37	8,00	9442,96	0,0227%	97,4564%	C
Waż PCV fi 5x1,5 niebieski	0,90	10 352,00	9316,8	0,0224%	97,4788%	C
Uchwyt spaw. RMB-24TF 4 m	327,41	28,00	9167,424	0,0220%	97,5008%	C
Wkład MB-401/501 2,0/4,5 5,5 m	11,26	800,00	9008	0,0216%	97,5225%	C
UF-3 Łącznik (końcówka)	5,60	1 604,00	8982,4	0,0216%	97,5440%	C
Uchwyt spaw. ABIMIG 350TM S, 5 m	440,98	20,00	8819,52	0,0212%	97,5652%	C
Zespół przewodów SYNERMIG-401 5 m	731,00	12,00	8772	0,0211%	97,5863%	C
Uchwyt spaw. SRT-20B 8 m, F-400	546,55	16,00	8744,8	0,0210%	97,6073%	C
Waż PCV fi 5x1,5 czerwony	0,90	9 624,00	8661,6	0,0208%	97,6281%	C
Uchwyt spaw. ROBO-455D 3 m, palnik 45°	2 153,95	4,00	8615,808	0,0207%	97,6488%	C
Uchwyt spaw. ROBO 45 2,5 m, palnik 22°	2 153,66	4,00	8614,656	0,0207%	97,6695%	C
Wypożyczenie uchwytu MB-25AK 3 m 1,2	18,12	472,00	8552,64	0,0205%	97,6900%	C
Wspornik dla 2 podajników	2 131,52	4,00	8526,08	0,0205%	97,7105%	C
Uchwyt spaw. MB-13AK 4 m	191,95	44,00	8445,888	0,0203%	97,7308%	C
Zestaw kół do podajnika	258,63	32,00	8276,16	0,0199%	97,7506%	C
Wózek do DTE/LTN/LTR/LTU/LTO	689,62	12,00	8275,44	0,0199%	97,7705%	C
Tulejka izolacyjna MB-13/15 palnika	3,84	2 120,00	8140,8	0,0196%	97,7901%	C
Uchwyt spaw. AUT-401/501D 1,5 m palnik 45°	1 010,88	8,00	8087,04	0,0194%	97,8095%	C
Zespół napędowy MINIMAG-360	403,92	20,00	8078,4	0,0194%	97,8289%	C
Zawór elektromag. 42V 5553 2,0 NBR CEME	52,00	152,00	7904	0,0190%	97,8479%	C
Uchwyt spaw. ABITIG 200 8 m, F-161	641,18	12,00	7694,208	0,0185%	97,8663%	C
Uchwyt spaw. ABIMIG 350S 5 m, KZ-2	380,83	20,00	7616,64	0,0183%	97,8846%	C
Wtyczka SZR16 P2 NG5	49,98	152,00	7596,96	0,0182%	97,9029%	C
Uchwyt spaw. MB-24KD 5 m	313,10	24,00	7514,4	0,0180%	97,9209%	C
Uchwyt spaw. ABITIG 450W 12 m, F-400	935,62	8,00	7484,928	0,0180%	97,9389%	C
Uchwyt spaw. AUT-401/501 2 m palnik 45°	926,54	8,00	7412,352	0,0178%	97,9567%	C
Uchwyt MIG PSF 402W-E A104,5m,chl.woda,złącze EURO	923,65	8,00	7389,2	0,0177%	97,9744%	C
Uchwyt spaw. RMB-25TF 4 m	305,52	24,00	7332,48	0,0176%	97,9921%	C
Uchwyt spaw. SRT-18SC 12 m	916,46	8,00	7331,712	0,0176%	98,0097%	C
Waż PCV 3,9x1,5 czarny [m]	4,85	1 504,00	7291,392	0,0175%	98,0272%	C
Uchwyt spaw. MB-40KD 4 m	602,59	12,00	7231,104	0,0174%	98,0445%	C
Uchwyt SZR28 P7 ESZ9	44,00	160,00	7040	0,0169%	98,0614%	C
Wkład kpl. 2,5/4,9 żółty 3 m	5,36	1 308,00	7010,88	0,0168%	98,0783%	C
Uchwyt spaw. RMB-501 3 m	865,92	8,00	6927,36	0,0166%	98,0949%	C
Waż 10 m - PKB 400	1 721,93	4,00	6887,72	0,0165%	98,1115%	C
Wkład kpl. 2,0/4,5 czerwony 5 m	7,87	872,00	6862,64	0,0165%	98,1279%	C
Waż gazowy MB-401/501 [m]	1,15	5 916,00	6815,232	0,0164%	98,1443%	C
Uchwyt spaw. RB 61G 3 m	849,79	8,00	6798,336	0,0163%	98,1606%	C
Tulejka zaciskowa SRT-18, 26 2,0	3,36	2 004,00	6733,44	0,0162%	98,1768%	C
Uchwyt spaw. ABITIG 200 7TK-SK 12 m, F-200 (2,4)	839,28	8,00	6714,24	0,0161%	98,1929%	C

Wtyczka SZR32 P14 NG5	87,00	76,00	6612	0,0159%	98,2088%	C
Zestaw kolowy ZP-22/ZP-30	55,00	120,00	6600	0,0158%	98,2247%	C
Uchwyt plazmowy PSB- 31KK 6 m	545,14	12,00	6541,632	0,0157%	98,2404%	C
Zespół przewodów MAGOMIG-403W 10 m	539,58	12,00	6474,96	0,0155%	98,2559%	C
Uchwyt spaw. RP-610D 5 m palnik 0°	1 601,06	4,00	6404,24	0,0154%	98,2713%	C
Uchwyt plazmowy AUT-PSB 60L 6 m	1 593,94	4,00	6375,744	0,0153%	98,2866%	C
Uchwyt spaw. SRT-18 8 m, F-200/400	792,00	8,00	6336	0,0152%	98,3018%	C
Uchwyt spaw. AUT-602 3 m palnik 0°	1 574,37	4,00	6297,48	0,0151%	98,3169%	C
Uchwyt MIG PSF 250-E A10 3 m, złącze EURO	386,17	16,00	6178,72	0,0148%	98,3318%	C

.....
.....
.....

Tulejka chłodzona wodą -A9 P 400	1 337,01	0,00	0	0,0000%	100,0000%	C
Tulejka chłodząca - PSF501W	30,03	0,00	0	0,0000%	100,0000%	C
Tulejka chłodząca - PSF500	25,62	0,00	0	0,0000%	100,0000%	C
Tulejka chłodząca - PSF401W	30,03	0,00	0	0,0000%	100,0000%	C
Tulejka chłodząca - PSF400	23,85	0,00	0	0,0000%	100,0000%	C
Tulejka chłodząca - PSF321W	30,03	0,00	0	0,0000%	100,0000%	C
Tulejka chłodząca - PSF315	22,09	0,00	0	0,0000%	100,0000%	C
Tulejka chłodząca - PSF160/250	20,31	0,00	0	0,0000%	100,0000%	C
Tulejka BL. CAT-400 2340000040904	2,98	0,00	0	0,0000%	100,0000%	C
Tulejka adaptująca palnik	8,52	0,00	0	0,0000%	100,0000%	C
Tulejka adaptera	7,64	0,00	0	0,0000%	100,0000%	C
Tulejka 9-5501 LPA 30 - LPA 30	32,12	0,00	0	0,0000%	100,0000%	C
Tulejka 40 A MAX40C - PTH 50	11,93	0,00	0	0,0000%	100,0000%	C
Tulejka 25A (LPC50) - PTH 50	11,93	0,00	0	0,0000%	100,0000%	C
Tulejka 1,6W – HELIX	57,44	0,00	0	0,0000%	100,0000%	C
Tulejka , do spawania punktowego – PSG	36,65	0,00	0	0,0000%	100,0000%	C
Tulejka - PSF500R	176,31	0,00	0	0,0000%	100,0000%	C
Tulejka - PC	4,87	0,00	0	0,0000%	100,0000%	C
Tulejka - LPA 50	44,57	0,00	0	0,0000%	100,0000%	C
Tulejka - HW17/18/26	2,63	0,00	0	0,0000%	100,0000%	C

SUMA	41640618,9	100,0000%				
-------------	-------------------	------------------	--	--	--	--

BIBLIOGRAFIA

1. Krzyżaniak Stanisław. Podstawy zarządzania zapasami w przykładach. Poznań 2002;
2. Waters Donald. Zarządzanie operacyjne - Towary i usługi. Warszawa 2001;
3. Jabłoński Tomasz. Zarządzanie produkcją – streszczenie wykładu. Nowy Sącz 2000;
4. Leśkow Jacek. Prognozowanie i symulacje. Nowy Sącz 2002;
5. Martyniak Zbigniew. 15 efektywnych metod organizacji i zarządzania. Kraków-Kluczbork 1997;
6. Krawczyń Stanisław. Zarządzanie procesami logistycznymi. PWE. Warszawa 2001;
7. Józwiak Janina, Podgórski Jarosław. Statystyka od podstaw. PWE. Warszawa 1995;
8. Sarjusz-Wolski Zdzisław. Sterowanie zapasami w przedsiębiorstwie. PWE. Warszawa 2000;
9. Strona internetowa www.ozas.com.pl;
10. Strona internetowa www.esab.pl.