



SYSTEM ZARZĄDZANIA ZAPASAMI Z WYKORZYSTANIEM METODY ABC – CASE STUDY NA PRZYKŁADZIE PRZEDSIĘBIORSTWA PRODUKCYJNEGO Z BRANŻY BUDOWLANEJ

Anastasiya Katsko¹, Arkadiusz Gola²

¹ Maria Curie-Skłodowska University, Faculty of Economics, Poland

² Lublin University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering, Poland

Corresponding author:

Arkadiusz Gola

Lublin University of Technology

Faculty of Mechanical Engineering

Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin

phone: +48 81 5384535

e-mail: a.gola@pollub.pl

INVENTORY MANAGEMENT SYSTEM USING THE ABC METHOD – CASE STUDY ON THE EXAMPLE OF A MANUFACTURING COMPANY FROM THE CONSTRUCTION INDUSTRY

ABSTRACT

Controlling the size of inventories in a manufacturing company allows, firstly, to reduce costs, secondly, to increase profits, and thirdly, to relieve the burden on working capital. In practice, the approach and indicators chosen by companies for inventory management and planning often turn out to be ineffective, which may subsequently cause problems related to lack of funds for settlements with suppliers, lack of warehouse space, the possibility of losing important customers, and the like. The combination of all such problems can lead to the bankruptcy of a company. Inventory control is a complex process that should be improved. The aim of the research work was to analyze inventory management and develop directions for improving and increasing the efficiency of the inventory control system of a selected company from the construction industry. The article characterizes the activities of the analyzed company, and an analysis of inventory control was carried out, during which problems related to this process were revealed. As part of the project, three groups were distinguished in terms of rotability of finished beam-type products. As a result, recommendations for solving the existing shortcomings were proposed for each group.

KEYWORDS

Inventory management, storage, warehouse, production process, ceiling beam.

1. Wprowadzenie

W dzisiejszych czasach każda działalność gospodarcza ukierunkowana jest na zaspokajanie potrzeb klienta [7, 15]. Zapewnienie wysokiego poziomu obsługi w praktyce nie oznacza już tylko konieczności dostarczenia odpowiedniej ilości towaru o odpowiedniej jakości, ale zapewnienia jego natychmiastowej dostępności lub dostarczenia go w określonym (często bardzo krótkim) czasie [10, 12]. W praktyce przekłada się to na konieczność gromadzenia odpowiedniej ilości produktów, które z jednej strony umożliwią płynną realizację zamówień, z drugiej zaś nie będą generować nadmiernych kosztów magazynowania [16].

Posiadanie właściwego systemu zarządzania zapasami w przedsiębiorstwie odgrywa zatem ważną rolę, ponieważ zapasy we współczesnym biznesie przestają być tylko obliczanym wskaźnikiem, stając się jednym z głównych parametrów oceny efektywności funkcjonowania gospodarki magazynowej [9, 16]. W celu utrzymania zapasów na optymalnym poziomie potrzebny jest dobrze funkcjonujący system zarządzania sta-

nami magazynowymi [4]. Efektywne zarządzanie zapasami pozwala firmie osiągnąć lepsze wyniki w działalności finansowo-gospodarczej a w konsekwencji budować przewagę na rynku [1, 13].

Kontrola wielkości zapasów w przedsiębiorstwie produkcyjnym pozwala po pierwsze na obniżenie kosztów, po drugie na zwiększenie zysków, a po trzecie na odciążenie kapitału obrotowego [17]. Często w praktyce podejście i wskaźniki wybierane przez przedsiębiorstwa do zarządzania zapasami i planowania okazują się nieskuteczne, co w dalszej kolejności może powodować problemy związane z brakiem środków na rozliczenie z dostawcami, brakiem miejsca na magazynie, możliwością utraty ważnych klientów i tym podobne [5]. Połączenie wszystkich takich problemów może doprowadzić do bankructwa przedsiębiorstwa [18]. Sterowanie zapasami jest skomplikowanym procesem, który powinien być udoskonalany [2, 6].

W niniejszym artykule przedstawiono system zarządzania zapasami, opracowany dla jednego z przedsiębiorstw produkcyjnych z branży budowlanej. W pracy zawarto zarówno wyniki zrealizowanych analiz w za-

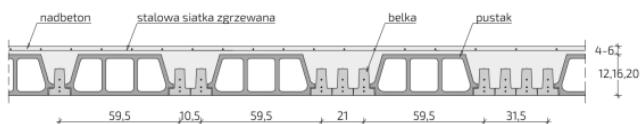
kresie sprzedaży i produkcji, jak również propozycję rozwiązań mających na celu utrzymanie odpowiednich stanów magazynowych jednego z produktów przedsiębiorstwa.

W dalszej części pracy zamieszczono cel i przedmiot badań – punkt 2, zakres zrealizowanych badań – punkt 3, oraz projekt systemu zarządzania zapasami dla wybranego asortymentu przedsiębiorstwa (belki stropowe) – punkt 4.

2. Cel i przedmiot badań

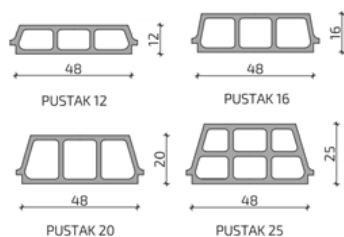
Celem zrealizowanych prac badawczych była analiza aktualnego modelu zarządzania zapasami w jednym z przedsiębiorstw budowlanych zlokalizowanych na terenie Lubelszczyzny oraz opracowanie systemu umożliwiającego redukcję poziomów zapasów magazynowych przy jednoczesnym utrzymaniu oferowanego poziomu obsługi klienta. Obecnie analizowana firma zatrudnia 77 osób, a produkowane wyroby są z powodzeniem stosowane w różnego typu realizacjach – od domów jednorodzinnych poprzez małe i duże obiekty komercyjne aż do inwestycji deweloperskich. Asortyment przedsiębiorstwa obejmuje:

- **systemy stropowe** – są one rodzajem stropów gęstożebrowych, głównymi elementami, których są pustaki betonowe i belki sprężone strunobetonowe (rys. 1). Tego typu stropy są stosowane przy budowie domów jednorodzinnych i budynkach wielorodzinnych, a także różnych innych obiektach, w takich jak obiekty biurowe, handlowe. System również może być zastosowany przy wymianie stropów w budynkach istniejących.



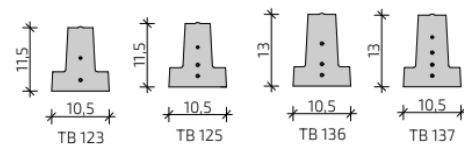
Rys. 1. System stropowy analizowanego przedsiębiorstwa.

- **pustaki stropowe** – produkowane są z betonu żwirowego, wibroprasowanego (czystego cementu). Pustaki produkowane są wysokości 12, 16, 20, 25 cm oraz w długości 48 cm (rys. 2). Dzięki wysokiej wytrzymałości można je docinać na miejscu budowy. Umożliwia to stworzenie powierzchni stropu również nie w modularnym wymiarze elementów stropowych.



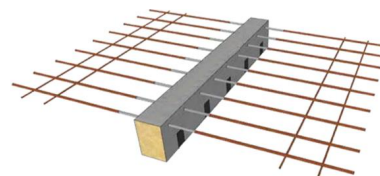
Rys. 2. Pustaki stropowe oferowane przez analizowane przedsiębiorstwo.

- **belki stropowe** – wykonane w kształcie odwróconej litery T z betonu klasy C50/60 oraz splotów stalowych, dzięki którym nadawany jest początkowy, korzystny stan belki. Są one produkowane w wysokości 12 i 13 cm i mają długość od 1,0 do 8,0 m. Belki oznakowane są trzema cyframi: dwie pierwsze dotyczą wysokości belki w centymetrach, trzecia cyfra natomiast oznacza ilość cięgien sprężających. Firma produkuje 4 rodzaje belek: 2 klasy w wysokości 12 cm oraz 2 klasy w wysokości 13 cm (rys. 3).



Rys. 3. Belki stropowe wytwarzane w analizowanym przedsiębiorstwie.

- **łączniki balkonowe** – jest to element prefabrykowany, gotowy do użycia. Układany jest w miejscu styku wewnętrznej płyty stropowej w płytą balkonową, na którą oddziałują warunki atmosferyczne łącząc pręty zbrojeniowe łącznika z górnym zbrojeniem płyty stropowej. Łącznik balkonowy został przedstawiony na rysunku 4.



Rys. 4. Łącznik balkonowy.

- **schody prefabrykowane** – są to gotowe produkty, które należy tylko zamontować. Coraz częściej stosowane są w budownictwie domów wielorodzinnych i jednorodzinnych, a także budynkach użyteczności publicznej ze względu na to, że nie wymagają one żadnego wykończenia, takiego jak malowanie czy kładzenie okładziny. W ofercie przedstawione są prefabrykowane belki schodowe i biegi schodowe o szerokościach: 120 cm, 130 cm, 140 cm a także 150 cm. Na rysunku 5 zostały przedstawione już zamontowane schody.



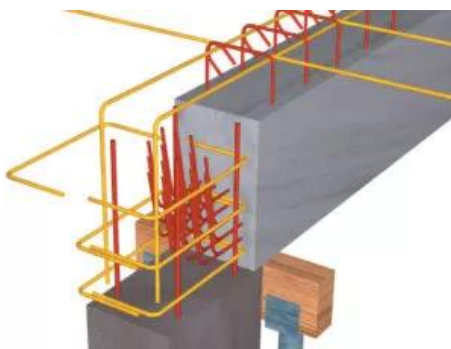
Rys. 5. Schody prefabrykowane.

- **nadproża** – są to elementy konstrukcyjne, które wykonywane są jako sprężane, zamykające otwory. Nadproża, które produkuje analizowana firma są belkami strunobetonowymi, w których sprężenie uzyskuje się poprzez przyczepność strun do betonu. Dzięki sprężeniu i wysokojakościowym materiałom wykorzystywanym w trakcie produkcji belki nadprogowe mają większą nośność niż belki z tradycyjnym zbrojeniem. Nadproża są gotowymi do użycia elementami prefabrykowanymi, które nie wymagają dozbrajania lub dodatkowo uzupełniania betonem, co pozwala zredukować koszty oraz skrócić czas realizacji inwestycji. Nadproża oferowane są w 3 rodzajach: NST_081 (1 sprężyna), NST_072 (2 sprężyny, niskie), NST_124 (2 sprężyny, wysokie), specyfikacja których została przedstawiona na rysunku 6.

	NST_081	NST_072	NST_124
<i>szerokość (cm)</i>	12	12	12
<i>długość (mb)</i>	1,2-1,5	1,2-2	1,2-2,9
<i>wysokość (cm)</i>	7	7	12
<i>waga (kg/mb)</i>	21	21	36
<i>minimalna głębokość oparcia (cm)</i>	10	10 cm dla $L \leq 2m$ 15 cm dla $L > 2m$	10 cm dla $L \leq 2m$ 15 cm dla $L > 2m$

Rys. 6. Nadproża oferowane przez analizowane przedsiębiorstwo.

- **dźwigary strunobetonowe** – jest to element konstrukcyjny, który stosowany jest jako nadproża przykrywające otwory o rozpiętościach do kilkudziesięciu metrów. Dźwigary są również wykorzystywane zamiast podciągów żelbetonowych wykonywanych na budowie i podciągów stalowych. Szerokie zastosowanie mają we wszystkich rodzajach budownictwa. Najczęściej stanowią podparcie dla stropu oraz przenoszą obciążenie z nim związane. Na rysunku 7 zostało przedstawione połączenie z dźwigarem strunobetonowym.



Rys. 7. Dźwigar strunobetonowy.

Najwyższa jakość wyżej wymienionych wyrobów jest potwierdzona licznymi certyfikatami. Firma stara

się maksymalnie spełniać wymagania swoich klientów. Stawia na wysoką jakość oferowanych materiałów oraz fachowość i elastyczność w obsłudze klienta.

Główna jednostka strukturalna zajmująca się zarządzaniem zapasami w przedsiębiorstwie to dział produkcji i gospodarki magazynowej, któremu podlega magazyn wyrobów gotowych. Magazyn ten znajduje się na terenie zakładu produkcyjnego, a jego powierzchnia wynosi 31 000 m² i składa się z 3 sekcji:

- sekcja belek;
- sekcja pustaków;
- sekcja pozostałych wyrobów gotowych.

Na rysunku 8 został przedstawiony magazyn wraz zaznaczonymi sekcjami (1 – sekcja pustaków, 2 – sekcja belek, 3 – sekcja pozostałych wyrobów gotowych).



Rys. 8. Zakład produkcyjny analizowanego przedsiębiorstwa wraz z zaznaczeniem przestrzeni magazynowych.

W przedsiębiorstwie stosuje się magazynowanie towarów na zasadzie systemu dynamicznego ze statycznymi zonami (obszarami) przechowywania. Oznacza to, iż każdy rodzaj produktu (np. belki, pustaki itd.) jest przechowywany na określonej зоне magazynu, ale na zasadzie wolnego miejsca. Wyroby gotowe trafiają w dowolną dostępną lokalizację. W celu usprawnienia pracy na magazynie często wyroby gotowe są składowane w tym samym miejscu (ok. 80% wyrobów gotowych).

Proces przyjęcia surowców i wydania towarów z magazynu przedsiębiorstwa odbywa się w kilku krokach:

- 1) Po otrzymaniu projektu budowy do działu produkcji przekazywana jest informacja techniczna (jakie dokładnie wyroby i w jakich ilościach trzeba wyprodukować) dla jednego stropu, ponieważ firma podjęła decyzję aby produkować wyroby stopniowo dla każdego projektu. Na tej podstawie tworzony jest dokument RW.
- 2) Wstępne wypełnienie księgi referencyjnej miejsca przechowywania wyrobu gotowego odbywa się ręcznie.
- 3) Przy odbiorze towaru z zakładu produkcyjnego osoba odpowiedzialna za dokumenty wydania, tworzy niezbędne dokumenty, zapisuje je i przekazuje do magazyniera.
- 4) Dział planowania produkcji ręcznie wprowadza dane do Excela, dotyczące wyprodukowanych ilości i po-

równuje je z wymaganymi ilościami do wybranej części projektu.

- 5) Magazynier transportuje towar z zakładu produkcyjnego do magazynu do wskazanych miejsc składowania.
- 6) W momencie, gdy przyjeżdża klient, magazynier kompletuje towar zgodnie z zamówieniem i wyroby gotowe przenoszone są za pomocą wózka widłowego z magazynu na środek transportu. Magazynier odszukuje towar posługując się mapą magazynu, na której jest pokazane, gdzie znajdują się wyroby gotowe (przy czym każdy towar ma etykietę zbiorczą).

Inwentaryzacja odbywa się raz w roku, w celu weryfikacji rzeczywistych stanów magazynowych.

Wydanie wyrobów gotowych odbywa się na podstawie metody FIFO (*first in – first out* – pierwsze weszło, pierwsze wyszło). Wartość zapasów opiera się na założeniu, że towary są rozdysponowane dokładnie w tej samej kolejności, co trafiły na magazyn, a zatem stan zapasów na koniec okresu należy oszacować na podstawie ostatnich w chronologii cen ich nabycia.

Sposób zarządzania zapasami w przedsiębiorstwie jest cały czas udoskonalany zgodnie z wymaganiami, które są niezbędne dla bieżących procesów biznesowych. Proces składowania w firmie jest tym samym regulowany przez dział planowania, któremu podlega magazyn. Proces magazynowania w przedsiębiorstwie odbywa się na podstawie systemu dynamicznego ze statycznymi zonanami przechowywania i metodą FIFO.

3. Zakres zrealizowanych badań

W ramach zrealizowanych prac badawczych zidentyfikowano następujące problemy w obszarze planowania produkcji i zarządzania zapasami:

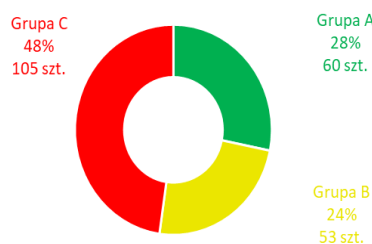
- głównym problemem przedsiębiorstw jest ręczne planowanie, które prowadzi do prawie wszystkich problemów wymienionych poniżej;
- brak oceny wpływu decyzji operacyjnych na cały wynik finansowy przedsiębiorstwa;
- nieracjonalne wykorzystanie zasobów (np. niski stopień wykorzystania mocy produkcyjnych w okresie zimowym),
- niski poziom wykorzystania maszyn z powodu częstego przebrojenia maszyn;
- utrata mocy z powodu nierównomiernego wpływu zamówień;
- długi czas produkcji (w tym stygnięcie – trwające około 2 tygodni);
- niestabilne terminy realizacji zamówień (nie ma gwarantowanych terminów), co prowadzi do spadku konkurencyjności na rynku;
- brak jasnego zrozumienia, czym dokładnie jest wąskie gardło.

Problemy te wskazują, że pomimo sukcesu przedsiębiorstwa i wzrostu jego aktywów, rentowności i wielkości produkcji wyrobów, ignorowanie opisanych powyżej problematycznych punktów może prowadzić do zaburzeń systemowych w procesie planowania produk-

cji. Dlatego, aby rozwiązać powyższe problemy, zaproponowano opracowanie modelu planistycznego, który umożliwi dynamiczne zwiększenie wydajności produkcji, skrócenie czasu i minimalizację kosztów.

3.1. Analiza rotowalności wyrobów według ilości sprzedaży i produkcji

Do oceny rotowalności produktów wykorzystano analizę ABC a zakres zrealizowanych prac badawczych przedstawiono na przykładzie wyrobu belka stropowa. Analizie ABC została poddana sprzedaż całego asortymentu belek (belki typu TB 123, TB 125, TB 135, TB 136, TB 137 w długości od 0,8 do 8,4 metra – łącznie 218 rodzajów belek) w okresie od 1 stycznia 2021 do 31 grudnia 2023 roku. Jak pokazują otrzymane wyniki, 80% obrotu generuje 28% pozycji asortymentowych, co stanowi 60 rodzajów belek (rys. 9). Belki z grupy B przynoszą niewielki zysk. Poszerzają jednak asortyment i zapewniają niewielką, ale stabilną sprzedaż. W danej grupie znajdują się 53 belki – 24 %. Belki z grupy C (stanowiące aż 105 pozycji asortymentowych) praktycznie nie przynoszą zysku. Po przeprowadzeniu wywiadu z przedstawicielem firmy okazało się, że belki grupy C cieszą się niskim popytem ze względu na to, że większość nie była produkowana specjalnie na wymaganą długość, a była odcinana z belek większej długości.

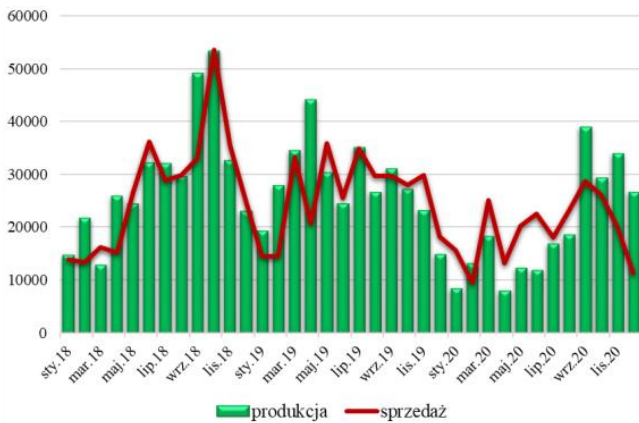


Rys. 9. Udział poszczególnych pozycji asortymentowych wyrobów klasy belka w grupach A, B i C.

Szczegółowa analiza pokazała, iż w grupie A znalazły się następujące pozycje asortymentowe:

- 17 belek typu 123;
- 16 belek typu 125;
- 26 belek typu 136;
- 1 belka typu 137.

W okresie wiosennym i letnim firma ma możliwość produkowania większej ilości belek ze względu na korzystne warunki pogodowe. Również w tym okresie sprzedaż jest wyższa w porównaniu do zimy ze względu na to, że z początkiem ciepłych dni zaczyna się coraz więcej prac budowlanych. Na rysunku 10 została porównana sprzedaż i produkcja dla wyrobów grupy A (w metrach) w okresie styczeń 2021 – grudzień 2023 r., na którym dokładnie widać spadek sprzedaży i produkcji od listopada i wzrost od marca każdego roku. Również widoczne jest, że od października 2021 r. do sierpnia 2022 r. firma redukowała wielkość zapasu. Od września 2022 r. produkcja znów zaczęła przewyższać sprzedaż, stanowiąc wyprzedzające działanie na przewidywane zwiększone zapotrzebowanie w okresie wiosennym.

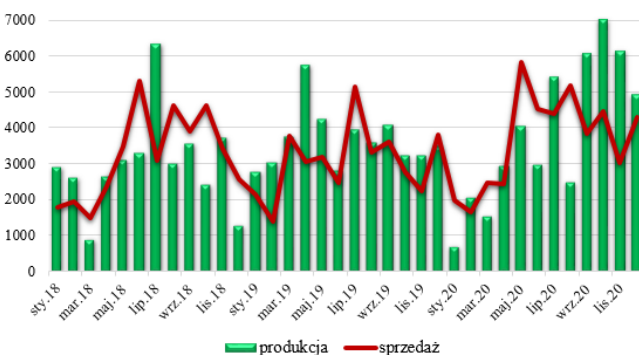


Rys. 10. Sprzedaż i produkcja dla belek grupy A wyrażona w metrach w okresie styczeń 2021 – grudzień 2023 r.

Do grupy B należą następujące belki:

- 10 belek typu 123;
- 10 belek typu 125;
- 29 belek typu 136;
- 4 belki typu 137.

Dla wyrobów średniorotujących również charakterystyczna jest sezonowość. Na rysunku 11 została zaprezentowana sprzedaż i produkcja dla belek z grupy B w metrach w okresie styczeń 2021 – grudzień 2023 r. W danych wyrobach już bardziej zauważalna jest sezonowość. W okresach zimowych (szczególnie w styczniu) produkcja jest minimalna. Widać również, że sprzedaż wyrobów z grupy B różni się od sprzedaży w porównaniu do wyrobów grupy A. Porównując dwa wykresy (rysunek 17 i rysunek 18) widać, że w pod koniec roku 2020 sprzedaż dla belek z grupy A zaczęła maleć, gdy dla wyrobów grupy B sprzedaż w grudniu była wyższa niż listopadzie, na co firma była gotowa patrząc na mocno zwiększoną produkcję w okresie wrzesień – grudzień 2023 r.



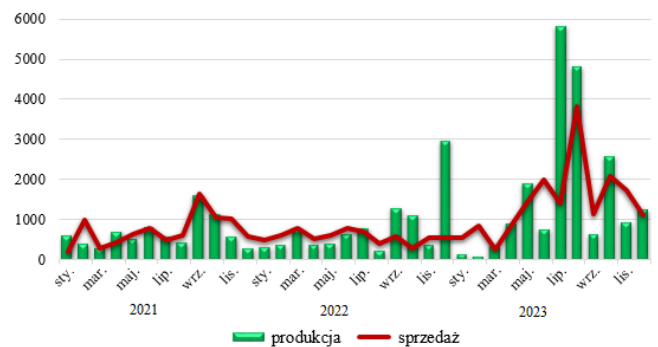
Rys. 11. Sprzedaż i produkcja dla belek grupy B wyrażona w metrach styczeń 2021 – grudzień 2023 r.

Do grupy C należą poniższe belki:

- 9 belek typu 123;
- 26 belek typu 125;
- 8 belek typu 135;
- 15 belek typu 136;
- 47 belek typu 137.

Sprzedaż oraz produkcja dla belek niskorotujących w metrach w okresie styczeń 2021 – grudzień 2023 r.

została przedstawiona na rysunku 12. Na belkach należących do grupy C jest najmniej zauważalna sezonowość ze względu na nieregularność zamówień (na przykład w grudniu 2021 roku wpłynęło zamówienie na 120 sztuk belek typu 137 o długości 5,9 metrów, a od kwietnia 2021 do listopada 2019 roku nie było w ogóle zamówień na tę belkę).



Rys. 12. Sprzedaż i produkcja dla belek grupy C wyrażona w metrach styczeń 2021 – grudzień 2023 r.

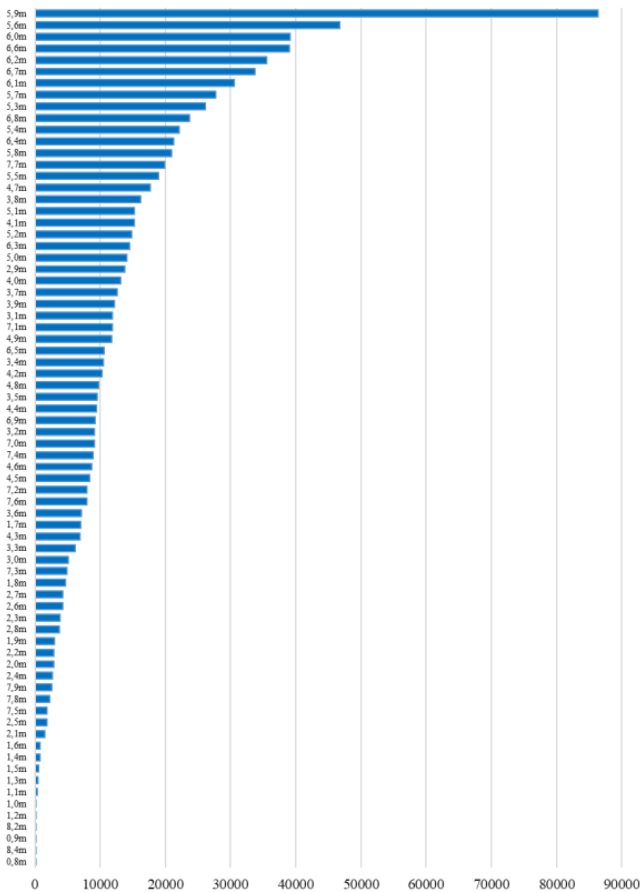
Przeprowadzona analiza ABC pozwoliła zidentyfikować najbardziej oraz najmniej wpływające na zysk grupy towarów dla przedsiębiorstwa. Tak więc najbardziej dochodowymi grupami dla firmy jest grupa A – która zapewnia największą sprzedaż i kształtowanie zysku firmy. Problem polega na tym, że firma posiada 105 belek, które zamawiane są dosyć chaotycznie i prawie nie wpływają na zysk firmy. Aktualność problemu optymalizacji zasobów materialnych przedsiębiorstwa i efektywnego ich gospodarowania wynika z faktu, że stan zapasów ma decydujący wpływ na konkurencyjność przedsiębiorstwa, jego kondycję finansową i wyniki finansowe. Nie można zapewnić wysokiego poziomu jakości produktu i niezawodności jego dostaw do konsumentów bez stworzenia optymalnego systemu zarządzania zapasami.

3.2. Analiza rotowalności według typów oraz długości wyrobów

Kolejnym etapem badania stanów magazynowych była analiza rotowalności wyrobów typu belka, która pozwoliła na określenie typu oraz długość wyrobów najbardziej i najmniej rotujących.

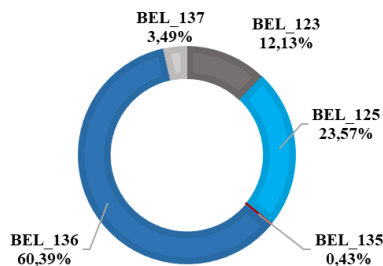
Na rysunku 13 został zaprezentowany udział ilościowy sprzedaży z uwzględnieniem poszczególnych długości dla całego asortymentu belek. W 2023 roku belki o długości 5,9 metrów, 5,6 metrów oraz 6,0 metrów były sprzedawane w największej ilości ze względu na to, że najczęściej są one wykorzystywane w budowlach typu wielopiętrowych budowli, takich jak na przykład domy wielomieszkaniowe, gdzie potrzeba jest dużo belek, a także takich zamówień firma dostaje więcej. Odwrotnie jest z belkami dużymi (powyżej 7,5 metrów) – jest ich sprzedaż dużo niższa, bowiem wykorzystywane one są w domach jednorodzinnych a zamówień na takie projekty jest mniej. Belki poniżej 3 metrów również charakteryzują się niewielką sprzedażą co jest efektem

tego, że są one docinane na wymaganą długość i są to albo końcówki, albo tzw. „docinki”. Średnia sprzedaż wynosi 12 163 metrów, co oznacza, że 48 z 74 długości belek mają sprzedaż poniżej tej wartości.

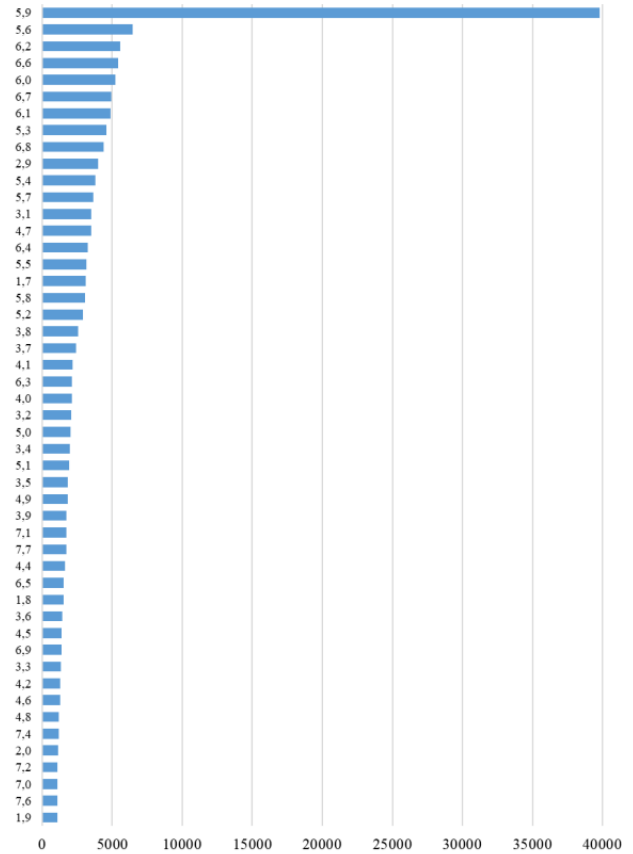


Rys. 13. Udział ilościowy sprzedaży z uwzględnieniem poszczególnych długości dla wszystkich belek w metrach.

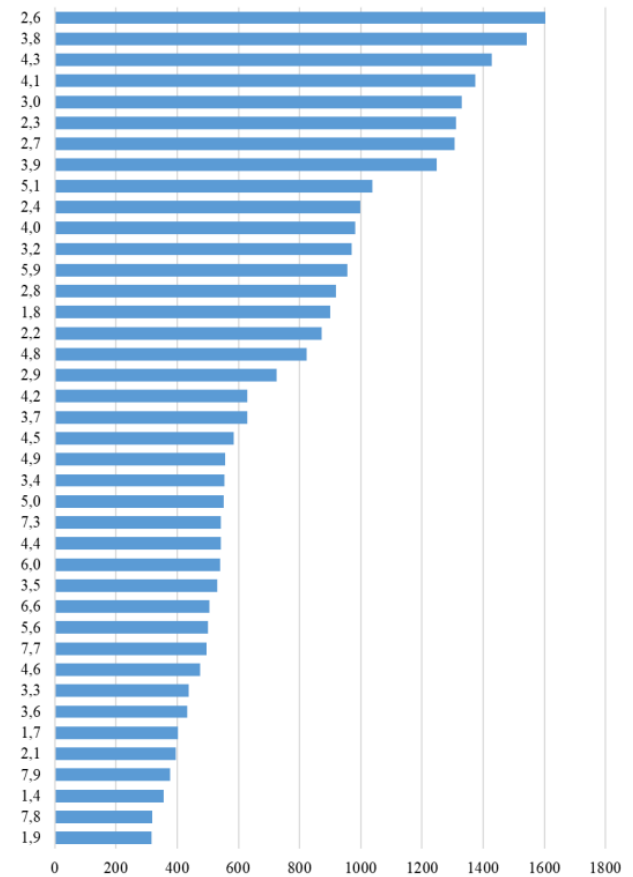
Zgodnie z ofertą przedsiębiorstwo produkuje belki 5 typów. Udział sprzedaży każdego typu belek został przedstawiony na rysunku 14. Jak widać największy udział mają belki typu 136. Kolejny typ w udziale sprzedaży to typ 125, ale udział tych belek aż o 37% mniejszy niż belek typu 136. Związane jest to z tym, że te belki są wykorzystywane najczęściej przy budowach dużych budynków. Odwrotnie jest z belkami typu 137 i 135, gdzie ich udział jest minimalny, bo stosowane one są przy budowie domków jednorodzinnych i potrzeba ich o wiele mniej niż poprzednich typów.



Rys. 14. Udział ilościowy sprzedaży z uwzględnieniem poszczególnych typów dla wszystkich belek w metrach.



Rys. 15. Udział ilościowy sprzedaży z uwzględnieniem poszczególnych długości dla belek z grupy A w metrach.

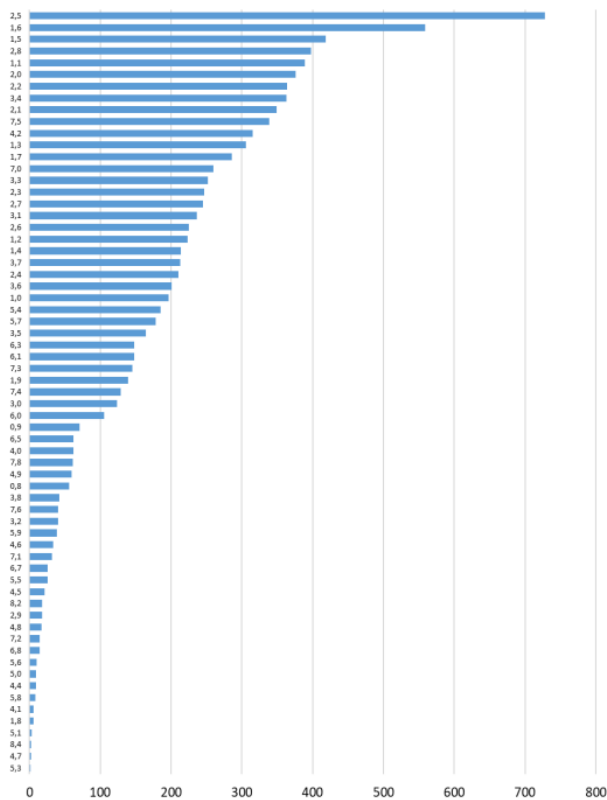


Rys. 16. Udział ilościowy sprzedaży z uwzględnieniem poszczególnych długości dla belek z grupy B w metrach.

Na rysunku 15 został zaprezentowany udział ilościowy sprzedaży z uwzględnieniem poszczególnych długości dla belek grupy A. Na tym wykresie widać, że sprzedaż belek o długości 5,9 m jest o wiele większa niż pozostałe. Tak na przykład sprzedaż najbardziej rotującej długości wynosi prawie 39 798 metrów, a kolejnej pozycji tylko 6449 metrów. Najmniej rotujące długości w belkach z grupy A są belki o długości 1,9 metrów, 7,6 metrów i 7,0 metrów, ich sprzedaż wynosi mniej niż 1100 metrów. W grupie A występuje 49 belek o różnych długościach.

Udział ilościowy sprzedaży z uwzględnieniem poszczególnych długości dla belek grupy B został przedstawiony na rysunku 16. Na tym rysunku już widać, że długości w grupie B dosyć równomiernie się sprzedają w porównaniu do grupy A. Najbardziej rotującą długością w grupie C jest 2,6 metrów oraz 3,8 metrów, sprzedaż których wyniosła 1603 metrów i 1542 metra odpowiednio. Te wartości nie dużo wyższe od najniższych wartości w grupie A, co potwierdza, że do grupy A należą wszystkie najbardziej rotujące belki. Najmniejszy udział w grupie B mają belki o długości 1,9 metrów i 7,8 metrów, sprzedaż których była niższa niż 350 metrów. W grupie B występuje 40 belek o różnych długościach.

Dla belek grupy C udział ilościowy sprzedaży z uwzględnieniem poszczególnych długości przedstawiony jest na rysunku 17. Są to belki najmniej rotujące, najbardziej rotująca długość ma niższą sprzedaż o 55% niż najbardziej rotująca długość w grupie B i o 98% niż w grupie A, jest to długość 2,5 metrów. Najmniej rotujące długości, których sprzedaż było mniej niż 5 szt.



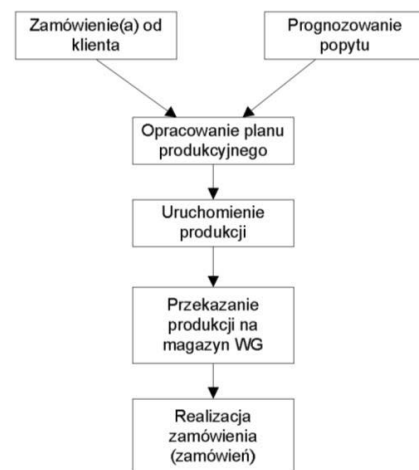
Rys. 17. Udział ilościowy sprzedaży z uwzględnieniem poszczególnych długości dla belek z grupy C w metrach.

Są długości: 5,1 metrów, 8,4 metrów, 4,7 metrów, 5,3 metrów. W grupie C występuje 65 belek o różnych długościach.

4. Projekt systemu zarządzania zapasami

Podstawowym modelem realizowanym w przedsiębiorstwie jest produkcja na zamówienie. Niestety tego typu podejście powoduje problemy z zarządzaniem mocami produkcyjnymi typowe dla produkcji o charakterze sezonowym. W tym przypadku ze względu na warunki pogodowe zimą i wiosną wielkość zdolności produkcyjnych znacznie przekracza wielkość bieżących zamówień, podczas gdy w okresie letnim i jesiennym przedsiębiorstwo często nie jest w stanie przyjąć wszystkich zleceń ze względu na zbyt duże obciążenie systemu produkcyjnego.

W związku z tego typu problemami proponowanym rozwiązaniem jest zastosowanie modelu hybrydowego, łączącego systemu produkcji na zamówienie (MTO) i produkcji na magazyn (MTS) – rys. 18.



Rys. 18. Przebieg procesu produkcyjnego według systemu hybrydowego [3].

Zastosowanie hybrydowego modelu produkcyjnego rodzi problem, który polega na konieczności określenia dla których wyrobów trzeba zastosować model produkcji na zamówienie, a dla których – na magazyn. Zgodnie z wynikami przeprowadzonej analizy ABC został określony sposób realizacji produkcji dla poszczególnych typów belek. Analiza ABC jest wystarczająca, żeby zdecydować się w jaki sposób mają być produkowane określone wyroby.

Belki, które należą do grupy A mają być produkowane według modelu produkcji na magazyn, ponieważ stanowią największy udział w sprzedaży. Dla wszystkich pozycji należących do grupy A zostanie ustalony zapas zabezpieczający oraz maksymalny i kiedy wpłynie zamówienie, to automatycznie zostaną wydane niezbędne belki i klient w ogóle nie musi czekać na wyprodukowanie zamówionych belek. Produkcja zostanie uruchomiona wtedy, kiedy stany magazynowe osiągną poziom

zapasu zabezpieczającego. Zaletą jest to, że zamówienia będą realizowane z dnia na dzień a moce produkcyjne zawsze będą wykorzystane w maksymalny możliwy sposób.

Zapasy zabezpieczający można obliczyć za pomocą następującego wzoru [11]:

$$Z_z = \omega \cdot \sigma_{p\tau}, \quad (1)$$

gdzie Z_z – zapas zabezpieczający; ω – współczynnik obsługi klienta (współczynnik bezpieczeństwa); $\sigma_{p\tau}$ – odchylenie standardowe popytu.

Zapasy maksymalny natomiast obliczany jest za pomocą poniższego wzoru [14]:

$$Z_{\max} = CP \cdot d + Z_z, \quad (2)$$

gdzie Z_{\max} – zapas maksymalny; CP – okres odnawiania zapasów; d – dzienny popyt (średnia sprzedaży).

Przykładowe obliczenia dla belki typu 136 długości 5,9 m:

Poziom obsługi klienta został ustalony razem firmą na poziomie 90%.

ω (dla POK = 90%) = 1,282;

odchylenie standardowe popytu zostało obliczone za pomocą formuły w Excel ODCH.STANDARD.POPUL

σ_{or2021} = 141,8 szt.;

σ_{or2022} = 334,5 szt.;

σ_{or2023} = 353,9 szt.

Zapasy bezpieczeństwa:

$$Z_z = 1,282 \cdot \left(\frac{\sigma_{or2021} + \sigma_{or2022} + \sigma_{or2023}}{3} \right) \\ = 1,282 \cdot \left(\frac{141,8 + 334,5 + 353,9}{3} \right) = 338 \text{ szt.}$$

Uwzględniając partię produkcyjną, która wynosi 20 szt., zapas bezpieczeństwa wynosi: 338 szt./20 szt. = 16,9. Co w zaokrągleniu daje 17 partii produkcyjnych.

$$Z_z = 17 \cdot 20 \text{ szt.} = 340 \text{ szt.}$$

Zapasy maksymalny:

$$Z_{\max} = 14 \text{ dni} \cdot 784,8 \text{ szt./30 dni} + 338 \text{ szt.} = 626 \text{ szt.}$$

Uwzględniając partię produkcyjną, która wynosi 20 szt., zapas maksymalny wynosi:

$$626 \text{ szt./20 szt.} = 31,3.$$

Co w zaokrągleniu do góry daje 32 partie produkcyjne

$$Z_{\max} = 32 \cdot 20 \text{ szt.} = 640 \text{ szt.}$$

W tabeli 3 zostały zaprezentowane wyniki obliczeniowe dla wszystkich belek odnoszących się do grupy A.

Po zaprezentowaniu wyników firmie zapas zabezpieczający został nieco zredukowany, który został przedstawiony w kolumnie 11. Ilości zostały zmienione ze względu na doświadczenie firmy.

Tabela 1
Zapasy zabezpieczający oraz maksymalny dla wybranych wyrobów z grupy A.

Numer wyrobu	Klasa	Miesięczna średnia sprzedaży 2021–2023	Odch. standard 2021–2023	Odch. standard. 2021	Odch. standard. 2022	Odch. standard. 2023	Współcz. zmienności	Zapasy zabezp. z formuły na rok 2024	Korygow. zapas. zabezp. 2024	Zapasy maks.
B.136_59	A	784,8	437,9	141,8	334,5	353,9	55,8%	340	260	640
B.125_59	A	401,3	577,6	641,6	138,4	213,1	143,9%	400	40	240
B.136_60	A	164,8	206,0	73,3	155,0	87,4	125,0%	120	100	180
B.136_62	A	159,3	130,6	183,5	59,4	123,8	82,0%	140	160	240
B.136_66	A	149,9	144,0	85,5	165,0	126,7	96,0%	160	100	180
B.136_67	A	139,3	227,1	373,5	90,9	9,5	163,1%	200	100	180
B.136_61	A	134,7	177,3	81,2	285,7	153,7	131,6%	220	120	200
B.136_56	A	117,9	143,9	20,4	72,1	97,4	122,0%	80	60	120
B.125_56	A	97,4	112,5	75,1	52,6	27,1	115,5%	60	40	100
B.136_68	A	95,1	216,9	354,6	30,5	31,8	228,0%	160	80	140
B.123_17	A	94,1	127,4	105,0	53,9	15,9	135,5%	80	80	140
B.136_64	A	92,3	101,3	40,9	67,0	70,2	109,7%	80	100	160
B.136_57	A	87,5	116,6	106,9	62,2	71,4	133,3%	100	68	120
B.125_53	A	84,2	97,6	92,6	33,5	39,7	115,9%	60	80	120
B.123_37	A	74,2	77,3	56,1	52,9	22,8	104,2%	60	60	100
B.123_38	A	71,4	92,0	61,6	70,6	36,0	128,8%	60	80	120
B.123_29	A	65,0	79,2	93,5	33,5	28,3	121,8%	60	50	100
B.123_31	A	64,4	64,1	56,2	58,4	74,5	99,6%	80	60	100
B.123_40	A	61,7	72,4	36,1	65,3	41,9	117,4%	60	60	100
B.123_41	A	61,4	58,0	36,6	101,1	55,2	94,4%	80	60	100
B.136_63	A	59,8	69,2	63,1	24,4	25,2	115,7%	40	80	120
B.136_63	A	59,8	69,2	63,1	24,4	25,2	115,7%	40	80	120
B.136_58	A	59,4	67,1	47,0	38,5	39,8	112,9%	60	60	100
B.123_34	A	58,4	66,9	75,9	19,9	62,0	114,5%	60	60	100
B.125_47	A	57,1	76,7	56,0	42,4	29,2	134,3%	60	60	100

Tak na przykład dla belki typu 125 długości 5,9 m ilość została zmniejszona z 404 do 40 ze względu na to, że firma co roku otrzymuje 1 duże zamówienie, które zaburza cały wynik i mocno zwiększa średnią sprzedaży, i nie ma potrzeby utrzymywać większy zapas niż 40 szt.

Po tym jak został ustalony zapas zabezpieczający i zapas maksymalny firma może jak najefektywniej zarządzać swoimi inwestycjami w zapasy. Ale jednocześnie należy nie zapominać, że nie wystarczy opracować niezbędną metodę zarządzania zapasami, ważne jest zainteresowanie pracowników firmy wynikami. Niezbędne jest ciągle monitorowanie stanów magazynowych i ewentualne korygowanie wartości ustalonych zapasów.

W przypadku belek, które należą do grupy B rozsądnym rozwiązaniem jest zastosowanie modelu produkcji na zamówienie oraz ewentualnie przechowywanie minimalnych ilości na magazynie. Z założenia dla tych pozycji produkcja będzie uruchomiana wtedy, kiedy wpłynie konkretne zamówienie, ale dla etapu przejściowego zostanie ustalony również zapas zabezpieczający oraz zapas maksymalny.

Po omówieniu wyników z firmą została podjęta decyzja, że dla poniższych 26 belek z grupy B nie będzie utrzymywany zapas bezpieczeństwa ze względu na zbyt niską sprzedaż i zbyt rzadkie zamówienia:

- belki typu 123 o długościach:
 - 1,4 m,
 - 2,1 m,

– 2,4 m – 2,5 m;

- belki typu 125 o długościach:

– 1,7 m – 1,8 m,

– 2,9 m,

– 3,2 m,

– 3,4 m,

– 3,8 m – 4,2 m;

- belki typu 136 o długościach:

– 1,7 m – 1,8 m,

– 2,3 m – 2,4 m,

– 2,6 m – 2,7 m,

– 3,0 m,

– 3,3 m,

– 3,6 m;

- belki typu 137 o długościach:

– 5,6 m,

– 5,9 m,

– 6,6 m.

Dla pozostałych 29 belek został wyznaczony zapas bezpieczeństwa oraz zapas maksymalny, który wyznaczony jest dokładnie w ten sam sposób jak i dla belek z grupy A. Wyniki dla belek z grupy B zostały zaprezentowane w tabeli 2.

Tabela 2
Zapas zabezpieczający oraz maksymalny dla wybranych wyrobów z grupy B.

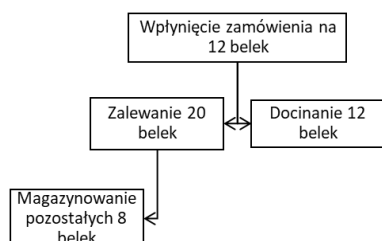
Numer wyrobu	Klasa	Miesięczna średnia sprzedaży 2021–2023	Odch. standard 2021–2023	Odch. standard. 2021	Odch. standard. 2022	Odch. standard 2023	Współcz. zmienności	Zapas zabezp. z formuły na rok 2024	Korygow. sapas. zabezp. 2024	Zapas maks.
B.136.72	B	30,5	38,2	56,3	13,2	49,7	125,4%	40	40	60
B.136.74	B	29,8	56,9	72,3	25,7	27,6	190,8%	60	40	60
B.136.70	B	28,5	25,1	44,4	20,4	46,7	88,2%	40	40	60
B.136.76	B	27,9	73,1	17,7	60,0	8,3	262,0%	40	40	60
B.136.41	B	27,7	38,4	13,2	28,2	19,5	138,8%	20	40	60
B.123.23	B	27,6	34,3	29,5	12,6	13,0	124,0%	20	20	40
B.123.26	B	26,2	38,3	13,2	17,1	25,4	146,1%	20	20	40
B.123.30	B	26,1	36,8	2,1	26,5	23,0	140,8%	20	20	40
B.123.28	B	25,8	37,8	24,7	13,4	16,1	146,4%	20	20	40
B.123.22	B	24,6	24,9	14,6	20,2	20,5	101,0%	20	20	40
B.123.43	B	23,3	35,7	33,1	9,9	21,5	153,4%	20	20	40
B.136.39	B	22,8	29,3	27,2	14,2	18,5	128,7%	20	20	40
B.136.48	B	22,2	37,2	18,3	39,1	4,1	167,5%	20	40	60
B.123.27	B	20,8	23,2	36,9	10,4	9,7	111,4%	20	20	40
B.136.50	B	19,9	36,9	9,3	10,0	28,9	185,5%	20	20	40
B.136.42	B	18,1	22,7	33,9	15,9	18,3	125,9%	20	20	40
B.136.49	B	17,6	20,7	13,8	9,2	13,1	117,8%	20	20	40
B.136.44	B	16,1	21,7	19,1	20,5	21,5	134,4%	20	20	40
B.136.40	B	15,7	19,9	16,1	15,6	6,6	126,5%	20	20	40
B.136.37	B	15,5	32,8	8,6	10,4	34,1	211,0%	20	20	40
B.136.34	B	15,4	23,7	15,1	7,6	9,9	154,3%	20	20	40
B.136.35	B	15,1	38,6	18,9	10,6	20,0	254,7%	20	20	40
B.136.73	B	14,8	23,8	18,3	6,8	0,0	160,6%	20	20	40
B.136.45	B	14,7	22,9	17,7	2,5	21,0	156,5%	20	20	40
B.136.32	B	14,5	20,2	18,5	9,3	15,1	139,0%	20	20	40

Tabela 3
Reprezentanci belek dla grupy C z grup A i B.

Belki z grupy C	Belki reprezentujące z grupy A i B
Typ 123 długości: 0,8 m – 1,3 m co 0,1 m; 1,5 m – 1,6 m.	Inne belki tego samego typu oraz belki typu 125. Belki typu 136 nie będą się oplacać.
Typ 125 długości: 0,9 m – 1,6 m co 0,1 m; 1,9 m – 2,8 m co 0,1 m; 3,0 m – 3,1 m; 3,3 m; 3,5 m – 3,7 m co 0,1 m; 4,3 m.	Inne belki tego samego typu oraz belki typu 136. Belki typu 123 nie wytrzymają wymaganego ciężaru dla belek typu 125.
Typ 135 długości: 3,2 m; 3,5 m; 3,8 m; 4,0 m – 4,2 m co 0,1 m; 4,4 m – 5,0 m co 0,1 m; 5,2 m; 5,4 m – 5,6 m co 0,1 m; 5,8 m – 5,9 m.	Inne belki typu 136. Belki typu 123 i 125 nie wytrzymają wymaganego ciężaru dla belek typu 135. Eliminacja wszystkich belek typu 135.
Typ 136 długości: 0,9 m – 1,6 m co 0,1 m; 1,9 m – 2,2 m co 0,1 m; 2,5 m; 2,8 m; 7,5 m; 7,8 m.	Inne belki typu 136. Belki typu 123 i 125 nie wytrzymają wymaganego ciężaru dla belek typu 135.
Typ 137 wszystkie długości	Brak belek reprezentujących. Zbyt niska sprzedaż dla wszystkich długości tego typu belek, produkcja tylko na zamówienie.

Belki z najbardziej licznej grupy C, która zawiera najmniej rotujące wyroby, nie powinny być w ogóle składowane na magazynie, ponieważ miesięczna średnia sprzedaży jest poniżej wielkości partii produkcyjnej, największa średnia sprzedaży w danej grupie wynosi 8 szt. Dla każdej belki został wyznaczony reprezentant z grupy A i B. W tabeli 3 zostały zawarte dane odnośnie do zamiany belek grupy C na belki z grupy A i B.

Gdy firma dostanie zamówienie na belkę z grupy C, musi zdecydować się czy uruchamia produkcję czy docina z belki reprezentanta. Przykładowy sposób produkcji belek typu C został zaprezentowany na rysunku 19.



Rys. 19. Przykładowy algorytm produkcji belek z grupy C.

Opisany system, nie będzie całkiem zautomatyzowany, ponieważ decyzję i tak będzie podejmował dział planowania, ale według jasno określonego schematu. Magazyn zostanie podzielony na trzy sekcje:

- 1) magazyn stały, gdzie będą składowane domyślnie belki grupy A;
- 2) magazyn sezonowy, w którym będą magazynowane belki za zamówienie;

- 3) magazyn rezerwowy dla wyrobów pod docięcie (gdychy przychodzi zamówienie na belki typu C w pierwszej kolejności zostanie sprawdzone czy w tym magazynie, składowane są wyroby, z których można dokonać docięcia wyrobu o odpowiedniej długości).

W obecnej sytuacji firmy potrzebują utrzymywać zapas magazynowy, aby realizować zamówienia klientów na towary w odpowiedniej ilości i na określony czas. Dlatego firma musi znaleźć dla siebie optymalną kombinację kosztów i korzyści wybranego poziomu zapasów, aby określić, jaka ilość zapasów dla każdej grupy produktów (lub nawet pozycji) jest wystarczająca. Prawidłowo zbudowany, logiczny i wydajny system zarządzania zapasami jest kluczem do sukcesu każdego przedsiębiorstwa.

5. Podsumowanie i wnioski końcowe

W celu zidentyfikowania głównych niedoskonałości procesu zarządzania zapasami została przeanalizowana rotowalność zapasów na podstawie analizy ABC, a także przeprowadzony wywiad z pracownikiem działu planowania produkcji odnośnie aktualnego systemu sterowania zapasami. Podczas danych analiz były ujawnione najbardziej istotne problemy:

- ręczne planowanie zamówień bez stosowania nowoczesnych oprogramowań i matematycznych analiz;
- brak oceny wpływu decyzji operacyjnych na cały wynik finansowy przedsiębiorstwa;

- zbyt duży asortyment, co wiąże się z częstym przebrojeniem maszyn i utratą mocy przerobowych;
- utrzymywanie zbędnego zapasu dla niskorotujących wyrobów gotowych typu belka;
- produkcja belek typu 135, przy sprzedaży <0,5% od całego asortymentu.

Jednym z etapów doskonalenia jest konieczność stosowania nowoczesnych narzędzi zarządzania zapasami, w szczególności analiza ABC. Zastosowanie tej analizy pozwoliło na określenie grup i udziału poszczególnych zapasów z łącznej wartości zapasów. W związku z tym na podstawie wyników tej analizy zostały określone poniższe udoskonalenia:

- usunięcie z oferty belek typu 135;
- określenie zapasu zabezpieczającego i maksymalnego dla belek z grupy A;
- produkcję belek z grupy B zarówno w systemie MTO (produkcja na zamówienie), jak i MTS (produkcja na magazyn);
- belki z grupy C nie byłyby w ogóle magazynowane, produkcja występowałaby tylko na zamówienie bądź wcale – niezbędne długości byłyby docinane z bardziej rotujących belek reprezentujących;
- konieczność przeprowadzenia analizy rotowności przynajmniej raz na rok;
- aktualizacja zapasu bezpieczeństwa i zapasu maksymalnego dla wyrobów produkowanych na magazyn.

Podsumowując należy zauważyć, że przedsiębiorstwo powinno korzystać z podstawowych i nowoczesnych metod ekonomicznych i matematycznych zarządzania zapasami, żeby uniknąć konieczności zbędnego zamrażania środków finansowe. Zaproponowany model pozwala określić optymalną ilość zapasów w magazynie przedsiębiorstwa i zminimalizować koszty gromadzenia zapasów, a także przeanalizować potrzebę zwiększenia magazynu.

Literatura

- [1] Bril J., Łukasik Z., *Metody zarządzania zapasami, Autobusy*, Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, 3, 59–67, 2013.
- [2] Cyplik P., *Zastosowanie klasycznych metod zarządzania zapasami do optymalizacji zapasów magazynowych – Case study*, LogForum, 1, 3, 4, 1–11, 2005.
- [3] Gola A., *Wybrane problemy planowania produkcji wieloasortymentowej o popycie sezonowym*, [w:] Knosala R. [red.], *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*, Wyd. Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole, 2014.
- [4] Golaś Z., *Does inventory management improve profitability? Empirical evidence from polish manufacturing industries*, European Research Studies Journal, XXIII, Special Issue 2, 939–961, 2020.
- [5] Gwynne R., *Zarządzanie gospodarką magazynową*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa, 2020.
- [6] Januła E., Kasińska M., Kwiatkiewicz P., Laskowski M., *Zapasy i magazynowanie*, Wyd. As Pik, Poznań, 2020.
- [7] Jarczoch A., Kalinowski K., Kłos S., *Organizacja i planowanie produkcji*, Wyd. PWE, Warszawa, 2023.
- [8] Jonak J., Nieoczym A., *Logistyka w obszarze produkcji i magazynowania*, Wyd. Politechniki Lubelskiej, Lublin, 2014.
- [9] Kawęcki N., Gola A., *Pick performance system as an IT support for order completing – A case study*, Lecture Notes in Mechanical Engineering, nr 275819, 2022.
- [10] Kozicki B., Pilipczuk J., *Wykorzystanie narzędzi informatycznych do zarządzania zapasami w BMW Polska*, Gospodarka Materiałowa i Logistyka, t. LXXII, nr 8/2020, s. 25–36, 2020.
- [11] Krzyżaniak S., *Model kosztów całkowitych dla odnawiania zapasów w systemie BS*, Prace naukowe Politechniki Warszawskiej, Transport, Zeszyt 109, 59–72, 2016.
- [12] Matsebatlela M.G., Mporu K., *Inventory management framework to minimize supply and demand mismatch on a manufacturing organization*, IFAC-PapersOnLine, 48, 3, 260–265, 2015.
- [13] Musiałek M., *Zarządzanie zapasami i przepływem materiałów*, Zeszyty Naukowe Gdańskiej Szkoły Wyższej, 20, 3, 79–90, 2018.
- [14] Pająk E., Klimkiewicz M., Kosieradzka A., *Zarządzanie produkcją i usługami*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2014.
- [15] Rudawska A., Gola A., *Logistyka w jednostkach gospodarczych*, Wyd. Politechniki Lubelskiej, Lublin, 2018.
- [16] Saha C., Jana D.K., Duary A., *Enhancing production inventory management for imperfect items using fuzzy optimization strategies and Differential Evolution (DE) algorithms*, Franklin Open, Vol. 5, 100051, 2023.
- [17] Sridhar P., Vishnu C.R., Sridharan R., *Simulation of inventory management system in retail stores: A case study*, Materials Today Proceedings, 45, part 15, 5130–5134, 2021.
- [18] Szelaż K., *Zarządzanie logistyką przedsiębiorstwa a zarządzanie łańcuchem dostaw*, Zeszyty Naukowe Akademii Sztuki Wojennej, 3, 108, 182–205, 2017.