

POLITECHNIKA CZĘSTOCHOWSKA

WYDZIAŁ ZARZĄDZANIA

Marcin Gajdos

Rozprawa doktorska

Zarządzanie zapasami w warunkach zwiększonego ryzyka dostaw

Opiekun naukowy

dr hab. Marek Szajt prof. PCz

Częstochowa 2025

Spis treści

Wstęp	3
1. Zarządzanie zapasami przedsiębiorstwa	8
1.1. Podstawowe pojęcia	8
1.2. Metody zarządzania zapasami	11
1.3. Modele gromadzenia zapasów	18
2. Charakterystyka łańcuchów dostaw	23
2.1. Trendy w zarządzaniu łańcuchami dostaw	23
2.2. Zrównoważone zarządzanie łańcuchem dostaw	27
2.3. Widoczność łańcucha dostaw	34
2.4. Podejście praktyczne do widoczności łańcucha dostaw	43
2.5. Pętle zamknięte w zarządzaniu łańcuchem dostaw	49
3. Metodologia prowadzonych badań	52
3.1. Proces pozyskiwania danych do analiz	52
3.2. Modele wygładzania wykładniczego	55
3.3. Modele autoregresyjne	58
4. Charakterystyka badanej firmy VentiAir	64
4.1. Prezentacja analizowanego podmiotu	64
4.2. Park maszynowy firmy VentiAir	69
4.3. Charakterystyka rynku dostawców	77
4.4. Dane wykorzystane w analizach	85
5. Wyniki badań i analiz	92
5.1. Wielorównaniowy model sprzedaży wg krajów firmy VentiAir	92
5.2. Wielorównaniowy model dostawców wg krajów firmy VentiAir	107
5.3. Model sprzedaży firmy VentiAir	118
5.4. Wywiady pogłębione	124
Zakończenie	129
Abstract of the Doctoral Dissertation	133
Literatura	136
Spis rysunków	148
Spis tabel	149
Spis wykresów	150

Wstęp

Funkcjonowanie przedsiębiorstwa jest złożonym procesem, obejmującym wielowymiarowe aspekty zarządzania. Niezależnie od tego jak duży jest podmiot, w jakiej działa branży oraz na jaką skalę prowadzi działalność podstawowym obszarem działania jest gospodarowanie jego zapasami. Rzeczowe składniki, do których zaliczyć można materiały – surowce, materiały podstawowe i pomocnicze, opakowania, wyroby gotowe, prace naukowo-badawcze, projektowe a także towary, noszą miano zapasów. Utrzymywanie odpowiedniego poziomu zapasu może stanowić rezerwę w momencie nieterminowej dostawy lub niepewności jaka może wystąpić na rynku produktów, czy też dostawców. Często też dokonanie większej ilości dóbr wiąże się z niższymi cenami jednak powinno stanowić wypadkową między płynącymi korzyściami a kosztami ich utrzymania.

Proces zarządzania podmiotem gospodarczym jest na tyle skomplikowany, że dostawy towarów zawsze obarczone będą występowaniem ryzyka. Wymienić należy tutaj zdarzenia losowe, których w całości wyeliminować się nie da. Przez ryzyko występujące w obszarze dostaw należy rozumieć przyjęcie nieodpowiedniej strategii, błędnych decyzji a także nie odpowiedniej konfiguracji systemu logistycznego. Natomiast zarządzanie ryzykiem definiowane jest jako proces decyzyjny, który wspomaga osiągnięcie celu gospodarczego, społecznego lub politycznego, optymalizując jego koszty osiągnięcia oraz przy wykorzystaniu odpowiednich procedur pozwalających na eliminację lub ograniczenie do akceptowalnego poziomu (por. Malaga-Toboła i in., 2022).

Zwiększenie ryzyka w obszarze dostaw wynika z wielu czynników. Wśród nich wyróżnić można globalizację, coraz większe uzależnienie od technologii, zwiększonej zmienności rynków, pojawiające się kryzysy polityczne, klęski żywiołowe oraz działania wojenne czy też pandemie. Zmieniające się warunki rynkowe, fluktuacje cen surowców, zmiany w preferencjach konsumentów, niewielka przewidywalność polityczna także ma negatywny wpływ na stabilność dostaw.

W obliczu obecnych i nowo pojawiających się wyzwań minimalizowanie ryzyka związanego z dostawami powinno stać się kluczowym elementem strategii biznesowej przedsiębiorstw. Podmioty powinny z sposób nowatorski i proaktywny podejść do identyfikowania potencjalnych zagrożeń oraz wdrażania pomocnych strategii w celu

obniżania ich wpływu na swoją działalność. Wymaga to na pewno nie tylko zaawansowanych narzędzi analitycznych i technologicznych, ale również dużej elastyczności, zdolności do szybkiego reagowania na pojawiające się anomalie oraz ścisłej współpracy z dostawcami.

Zarządzania zapasami w warunkach zwiększonego ryzyka będzie odnosić się do sytuacji, w których występują większe trudności w przewidywaniu popytu, dostaw czy kosztów związanych z utrzymaniem zapasów. Przerwy w dostawach spowodowane problemami logistycznymi lub ograniczeniami produkcyjnymi mogą prowadzić do opóźnień, wzrostu cen surowców lub całkowitej destabilizacji procesów produkcyjnych. Równocześnie przedsiębiorstwa muszą radzić sobie z ryzykiem związanym z nadmiarowymi zapasami, które mogą generować dodatkowe koszty magazynowania lub utraty wartości w wyniku przeterminowania produktów. W tak trudnych warunkach kluczowego znaczenia nabiera zastosowanie odpowiednich strategii zarządzania zapasami. Jednym z kluczowych podejść jest zwiększenie elastyczności łańcucha dostaw poprzez dywersyfikację dostawców, lokalizację produkcji bliżej rynków zbytu tzw. *nearshoring*, a także wykorzystanie zaawansowanych technologii cyfrowych do monitorowania i prognozowania potrzeb podmiotu. Znaczenie zarządzania zapasami w warunkach zwiększonego ryzyka nie ogranicza się jedynie do aspektów ekonomicznych. Decyzje dotyczące zapasów wpływają również na kwestie społeczne i środowiskowe, takie jak dostępność produktów pierwszej potrzeby w kryzysowych sytuacjach czy minimalizowanie marnotrawstwa surowców. W rezultacie, skuteczne zarządzanie zapasami w trudnych warunkach wymaga holistycznego podejścia, które uwzględnia zarówno cele ekonomiczne, jak i odpowiedzialność społeczną oraz środowiskową. Skuteczne zarządzanie zapasami, minimalizacja ryzyka dostaw są powiązane z inwestycjami w nowoczesne technologie, rozwijaniem kompetencji komórek odpowiedzialnych za zarządzanie kryzysowe, aby uodpornić swój proces produkcyjny w obszarze dostaw na pojawiające się szoki. Podejście takie jest w stanie poprawić stabilność operacyjną podmiotu a także długofalowy rozwój w dynamicznie zmieniającym się otoczeniu.

W trakcie analizy podjętego tematu rozprawy doktorskiej sformułowano następujące hipotezy badawcze:

Hipoteza główna

Wzrost ryzyka w obszarze dostaw ma wpływ na zarządzanie zapasami w przedsiębiorstwie.

Hipotezy pomocnicze:

1. Nadmierne zabezpieczanie przed nieciągłością dostaw przyczynia się do nieracjonalnych zachowań w procesie podejmowania decyzji odnośnie zarządzania zapasami.
2. Występowanie zaburzeń w dostawach kreuje zmiany rozwiązań w obszarze zarządzania zapasami.

Celem głównym pracy jest ocena wpływu nieciągłości dostaw na zarządzanie zapasami w przedsiębiorstwie, która pomoże zaimplementować narzędzia eksploracji danych do zarządzania zasobami w podmiocie gospodarczym.

Celami pomocniczymi pozwalającymi zrealizować cel główny są:

1. Przegląd i usystematyzowanie doświadczeń światowych dotyczących zarządzania w obszarze dostaw.
2. Przedstawienie narzędzi i ich wykorzystania niezbędnych w zarządzaniu zapasami przedsiębiorstwa.
3. Ocena wpływu zaburzeń w przepływach towarów i usług na zarządzanie zapasami.

Realizacja powyższych celów pracy pozwoliła określić strukturę pracy. Opracowanie podzielono na pięć rozdziałów.

Rozważania w rozdziale pierwszym odnoszą się do przeglądu literatury w zakresie zarządzania zapasami w przedsiębiorstwie. Przedstawiono różne podejścia do funkcji zapasów w podmiocie gospodarczym, zwrócono uwagę na ogromne znaczenie zarządzania zapasami, określono, że można je opierać o klasyczne metody, jednakże indywidualny charakter poszczególnych przedsiębiorstw powoduje, że na podstawie własnych analiz, doświadczeń, prognoz oraz wpływu czynników zewnętrznych, podmioty opracowują własne schematy zarządzania zapasami. Każde przedsiębiorstwo kładzie duży nacisk na jak najbardziej efektywne zarządzanie zapasami, w głównej mierze ze względu na to, jak mocno wpływa to na opłacalność prowadzonej działalności. Ważnym aspektem w tym obszarze jest element kontroli poziomu zapasów, ze względu na to, iż niezbędnym warunkiem utrzymaniem procesu produkcyjnego jest stan zapasów na odpowiednim

poziomie. Zaprezentowano także metody zarządzania zapasami oraz modele gromadzenia zapasów.

W rozdziale drugim prowadzona jest kontynuacja rozważań teoretycznych w obszarze zagadnień dotyczących dostaw oraz trendów w zarządzaniu łańcuchami dostaw. Przedstawiono w nim spojrzenie na badane zagadnienia w głównej mierze przez pryzmat literatury zagranicznej nie pomijając opracowań krajowych. W części tej dokonano wnikliwej analizy zagadnień związanych ze zrównoważonym zarządzaniem łańcuchem dostaw, a także dość istotnym w ostatnim czasie pojęciem wizualizacji łańcucha dostaw. Przedstawiono także tematykę związaną z pętlami zamkniętymi w zarządzaniu łańcuchem dostaw.

W rozdziale trzecim zaprezentowane zostanie metodologia prowadzonych badań. Wykorzystane zostaną w tym celu modele wygładzania wykładniczego, które często stosuje się w planowaniu poziomu zapasów w przedsiębiorstwie – wśród nich model Browna, Holta i Wintersa. Bardziej zaawansowaną metodologią w tym zakresie stanowić będzie grupa modeli autoregresyjnych, wśród których wyróżnić można modele typu ARMA (*Autoregressive Moving Average*), a także model ECM (*Error Correction Model*) zaliczany do dynamicznych modeli ekonometrycznych.

Rozdział czwarty rozpocznie rozważania, których celem będzie podjęcie dyskusji nad postawionymi hipotezami w dysertacji. W tej części pracy rozpocznie się charakterystyka badanego przedsiębiorstwa produkcyjnego VentiAir. Zostanie on scharakteryzowany ze względu na rodzaj prowadzonej działalności oraz dostawców stanowiących grupy kooperantów. Przedstawione zostaną również dane wykorzystane w analizach, w szczególności dane dotyczące obrotów, poziomu zapasów czy wolumenu dostaw.

Piąty, ostatni rozdział rozważań zostanie poświęcony na prezentację wyników przeprowadzonych badań i obliczeń. Pogłębiony przegląd literatury w obszarze zarządzania zapasami przedsiębiorstwa oraz zarządzania łańcuchami dostaw, a także przedstawione badania przeprowadzone na podstawie analizowanego przedsiębiorstwa pozwoli podjąć decyzję dotyczącą postawionych na wstępie hipotez badawczych. Decyzja ta będzie podparta przedstawionymi analizami statystycznymi oraz wynikami uzyskanymi z oszacowanych modeli ekonometrycznych. Finalną częścią rozprawy będzie realizacja zamierzonych w pracy celów poprzez zaprezentowanie wpływu zaburzeń w dostawach na

zarządzanie zapasami w przedsiębiorstwie. Podsumowanie całej pracy zostanie umieszczone w zakończeniu.

W części teoretycznej pracy podjęto próbę usystematyzowania prezentowanych podejść odnoszących się do zarządzania zapasami w przedsiębiorstwie w literaturze zagranicznej oraz krajowej. Zauważono w tym obszarze dosyć dużą lukę w prezentacji badanych zagadnień związanych z analizą zapasów oraz opisem obecnych trendów dotyczących zarządzania łańcuchem dostaw, a także zagadnień pochodnych ściśle związanych z badanymi.

Dokonano przeglądu i opisu narzędzi jakimi można posługiwać się w modelowaniu poziomu zapasów w podmiocie gospodarczym. Zaprezentowano modele wygładzania wykładniczego produkcji, zaliczane do głównych narzędzi planowania poziomu zapasu produkcyjnego. Dodatkowo zaproponowano bardziej zaawansowane modele ekonometryczne pozwalające dokonywać analiz uzyskanych danych, wśród nich wymienić można modele autoregresyjne ARMA (*Autoregressive Moving Average*), oraz modele dynamiczne typu ECM (*Error Correction Model*).

W części praktycznej pracy postanowiono skoncentrować się na badaniu dynamiki zapasów oraz pozostałych danych jakie udało się pozyskać w trakcie współpracy z analizowanym podmiotem. Wyniki przeprowadzonych badań pozwolą na wysnucie wniosków w zakresie podejmowanych decyzji dotyczących zarządzania zapasami w przedsiębiorstwie.

Podsumowując słowa wstępu, zarządzanie zapasami w warunkach zwiększonego ryzyka staje się coraz bardziej złożonym procesem, wymagającym od przedsiębiorstw nie tylko elastyczności i zdolności do szybkiego reagowania, ale także strategicznego planowania opartego na analizie ryzyka i nowoczesnych technologiach. W niniejszej pracy omówione zostaną główne wyzwania, strategie oraz narzędzia wspierające skuteczne zarządzanie zapasami w dobie rosnącej niepewności.

1. Zarządzanie zapasami przedsiębiorstwa

Poniższy rozdział rozpoczyna rozważania teoretyczne w obszarze zarządzania zapasami przedsiębiorstwa. W rozdziale tym scharakteryzowane podstawowe pojęcia dotyczące zarządzania zapasami. W dalszej części rozdziału zaprezentowano metody zarządzania zapasami. W jego końcowej części przedstawiono modele gromadzenia zapasów.

1.1. Podstawowe pojęcia

Autorzy rozważań naukowych wskazują, że doświadczenia związane z podejmowaniem prób zarządzania zasobami pojawiły się już w XIX wieku. W swoim opracowaniu (Johnson i in., 2011) wspomina o przedsiębiorstwach kolejowych w Stanach Zjednoczonych i ich zaangażowaniu w analizy zapotrzebowania w surowce w tych czasach. Okres I i II wojny światowej był dosyć nienaturalny i ukazał, że sukces firmy nie był zależny od tego, co podmiot może sprzedać, ponieważ rynek był prawie nieograniczony. Zamiast tego umiejętność pozyskiwania surowców, zapewnienie stabilnych dostaw i usług potrzebnych do utrzymania fabryk były kluczowymi wyznacznikami sukcesu organizacyjnego. W związku z tym, uwaga skupiona została na zarządzaniu zapasami oraz okazało się, że działania te stały się uznaną działalnością menedżerską. Lata pięćdziesiąte i sześćdziesiąte XX wieku to czas, kiedy zarządzanie zasobami nadal zyskiwało na znaczeniu. Zwiększała się liczba osób przeszkolonych i kompetentnych do podejmowania rozsądnych decyzji dotyczących dostaw. Na początku lat siedemdziesiątych organizacje stanęły przed ogólnościowymi problemami. Nastąpił międzynarodowy niedobór prawie wszystkich podstawowych surowców produkcyjnych. Dodatkowo wystąpiło ponadnormatywne tempo wzrostu cen od momentu zakończenia II wojny światowej. Kolejnym elementem destabilizacji rynku było embargo ropy z Bliskiego Wschodu w 1973 roku, które jedynie nasiliło zarówno niedobory dóbr jak i eskalację cen. Te dynamiczne, globalne zmiany skierowały uwagę bezpośrednio na wydajność w uzyskiwaniu potrzebnych artykułów od dostawców po odpowiednich, realnych cenach. Uspokojenie uczestników rynku stanowiło odpowiedni fundament do działań, ponownie podkreślając kluczową rolę odgrywaną przez dostawy i dostawców.

Na początku lat 90-tych stało się jasne, że organizacje muszą posiadać wydajną i efektywną gospodarkę zaopatrzeniową, jeśli chcą skutecznie konkurować na rynku globalnym. Początek XXI wieku przyniósł nowe wyzwania w obszarach zrównoważonego rozwoju, bezpieczeństwa łańcucha dostaw oraz zarządzania ryzykiem. Spowodowało to konieczność ciągłej ewolucji modeli zarządzania łańcuchem dostaw, zmierzających ku większej elastyczności, odporności na zakłócenia oraz uwzględnienia aspektów społecznych i środowiskowych. Firmy wciąż są zmuszone dostosowywać swoje strategie zaopatrzeniowe do dynamicznie zmieniającego się otoczenia.

W dużych organizacjach zajmujących się zaopatrzeniem, specjalistów ds. zaopatrzenia często dzieli się na dwie kategorie: menadżerowie taktyczni, którzy zajmują się na codzienne zapotrzebowaniem na surowce, oraz menadżerowie strategiczni, którzy posiadają duże umiejętności analityczne i planistyczne oraz są zaangażowani w działania takie jak zaopatrzenie strategiczne. Można zakładać, że w przyszłości nastąpi stopniowe odejście od strategii głównie defensywnych dostosowując się do rynku aby pozostać konkurencyjnym, na rzecz strategii ofensywnych, w których firmy przyjmą nowatorskie podejście do realizacji celów w zakresie dostaw, aby zaspokoić krótkoterminowe i długoterminowe potrzeby organizacji. Skupienie się na strategii obejmuje obecnie nacisk na zarządzania procesami i wiedzą. To na czym powinno skupić się w przyszłości, to wzrost zainteresowania kierownictwa w możliwości w obszarze zaopatrzenia, by to mogło zaowocować różnorodnością nowych koncepcji organizacyjnych.

Zapasy występujące w przedsiębiorstwie mogą zostać potraktowane jako inwestycja, która z czasem zostanie przekształcona w produkt przeznaczony do sprzedaży (lub też usługę), przynosząc odpowiedni zysk. Można powiedzieć, że w przedsiębiorstwach produkcyjnych zapasy i sprawne zarządzanie ich poziomem ma większy wpływ niż w podmiotach zajmujących się działalnością usługową (Sławińska, 2002).

Analiza poziomu zapasów, a także sprawna gospodarka zasobami stanowią jedno z ważniejszych aspektów działania podmiotów gospodarczych. Pozyskanie i utrzymanie zapasów w ilości większej niż ta, która jest potrzebna do przebiegu procesu produkcyjnego jest przyczyną zamrażania środków finansowych, powiększając w ten sposób koszty działania przedsiębiorstwa. Z drugiej strony zbyt niski poziom zapasów może być przyczyną opóźnień w cyklu produkcyjnym, a nawet samym zatrzymaniem procesu. Zatem,

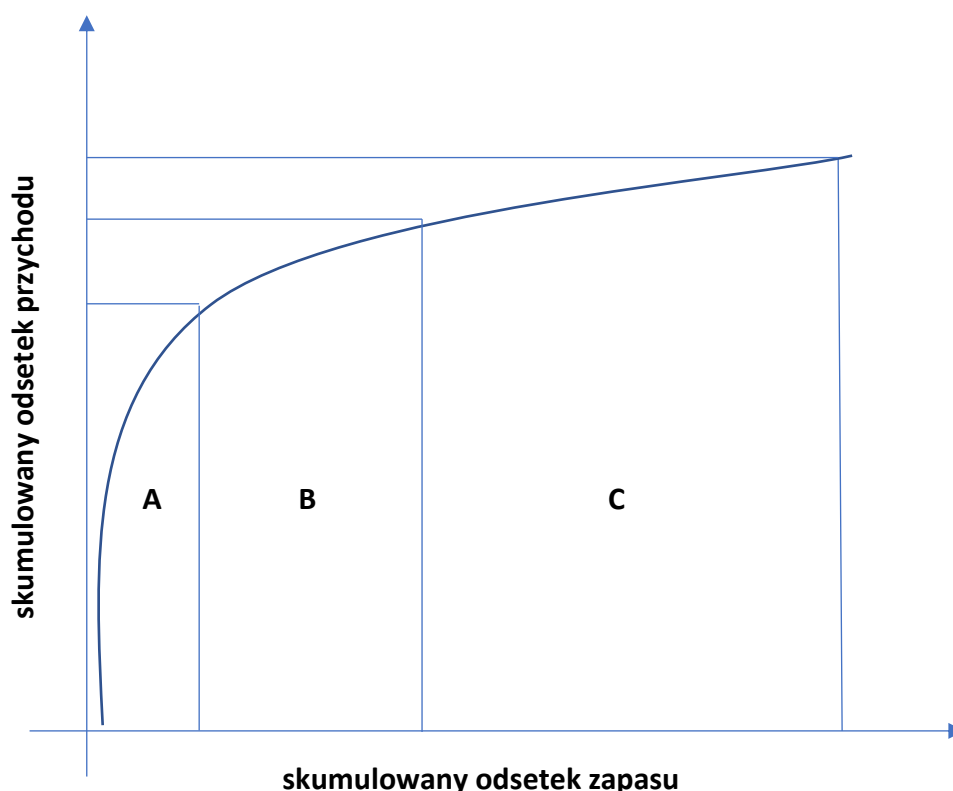
optymalizacja stanu zapasów stanowi ważny aspekt prowadzenia działalności gospodarczej (Wieland, 2021).

Zarządzanie zapasami można opierać o klasyczne metody, jednakże indywidualny charakter poszczególnych przedsiębiorstw powoduje, że na podstawie własnych analiz, doświadczeń, prognoz oraz wpływu czynników zewnętrznych, podmioty opracowują własne schematy zarządzania zapasami. Każde przedsiębiorstwo kładzie duży nacisk na jak najbardziej efektywne zarządzanie zapasami, w głównej mierze ze względu na to, jak mocno wpływa to na opłacalność prowadzonej działalności. Ważnym aspektem w tym obszarze jest element kontroli poziomu zapasów, ze względu na to, iż niezbędnym warunkiem utrzymania procesu produkcyjnego jest stan zapasów na odpowiednim poziomie. Współczesne przedsiębiorstwa muszą borykać się z coraz większą niepewnością wynikającą z globalizacji, zmienności popytu, fluktuacji cen surowców oraz ryzyka związanego z klęskami żywiołowymi i konfliktami zbrojnymi. Efektywne zarządzanie zapasami pozwala minimalizować ryzyko związane z tymi czynnikami i zapewnia ciągłość produkcji.

1.2. Metody zarządzania zapasami

Jedną z powszechnie stosowanych metod zarządzania zapasami w przedsiębiorstwach produkcyjnych są analizy ABC oraz XYZ. Kompilacja tych dwu metod pozwala wypracować model zarządzania zapasami na zasadzie Pareto.

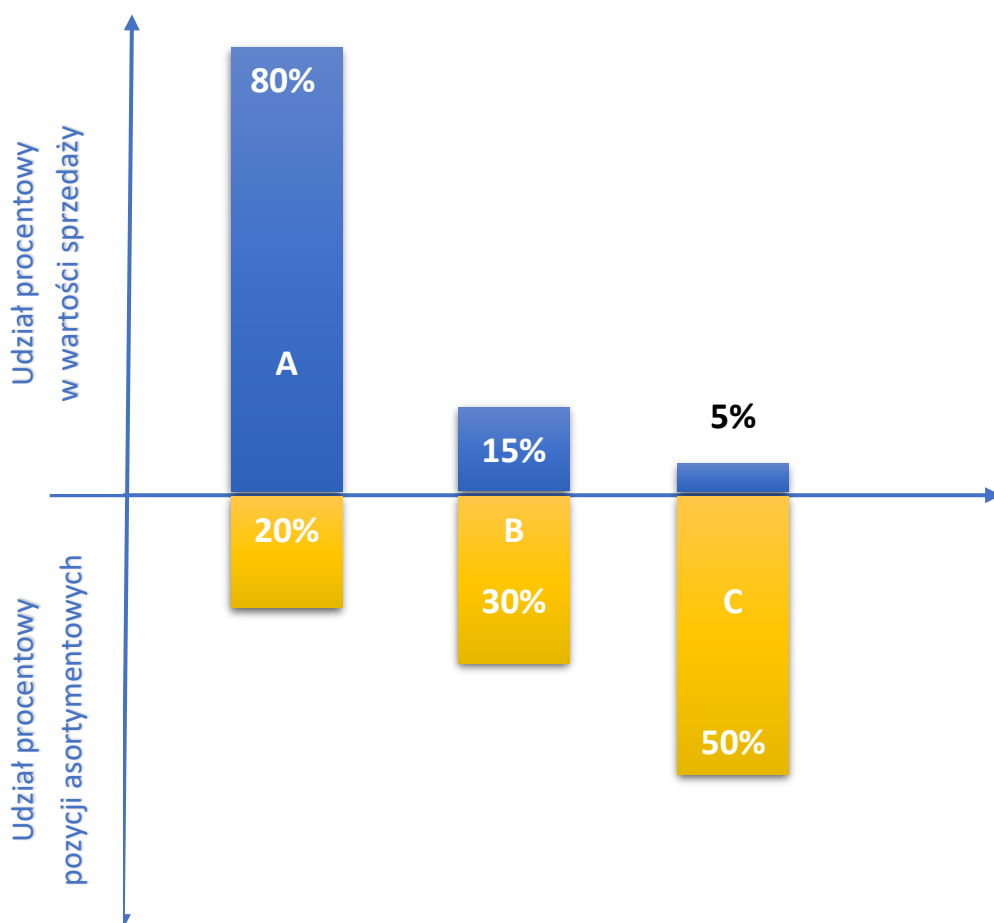
Metoda ABC została oparta na zasadzie 80/20 gdzie można stwierdzić, że około 20% zasobów stanowi o 80% efektach podejmowanego wyzwania. Asortyment, który poddany jest analizie należy podzielić na trzy klasy na zasadzie udziału poszczególnej z nich w łącznej wartości sprzedaży. Grupę A stanowią zapasy o największej wartości zużycia i zapotrzebowania (stanowią 5-20% asortymentu i są krytyczne w procesie zarządzania poziomem zapasów). Do grupy B zaliczyć można zapasy, które odpowiadają za generowanie przychodu na poziomie średnim (stanowią 15-25% asortymentu). Natomiast grupa C to zapasy mające charakter masowy (stanowią 60-80% udziału asortymentu, a zapotrzebowanie na nie jest najmniejsze).



Rysunek 1. Krzywa Lorenza skumulowanego przychodu w odniesieniu do skumulowanego zapasu.

Źródło: opracowanie własne na podstawie Rutkowski, 2005.

Zapasy znajdujące się w grupie A stanowią największy udział w przychodach przedsiębiorstwa, będąc jednocześnie najmniej liczną grupą. W tej klasie zapasów należy położyć największy nacisk dokonując planowania zakupów. Grupa B i C odpowiadające za około 20% przychodu mogą zatem być traktowane bardziej swobodnie, co nie oznacza, że można je zaniedbywać. W metodzie ABC szczególny nacisk jest położony na zapasy podstawowe (grupa A). Można tutaj mówić zarówno o zadbanie o bezpieczne dostawy do przedsiębiorstwa, a także o odpowiednie przemieszczanie i składowanie w samym zakładzie (dostępność, optymalne przemieszczanie). Zrozumiałe staje się, że elementy zamawiane najczęściej powinny znajdować się w miejscu, z którego w optymalny sposób mogą zostać przekazane do dalszego wykorzystania. Pozwala to na zmniejszenie liczby czynności manipulacyjno-transportowych, a tym samym powoduje wzrost efektywności procesu.



Rysunek 2. Procentowy udział w wartości sprzedaży oraz procentowy udział w masie towarowej.

Źródło: opracowanie własne na podstawie Rutkowski, 2005.

Rozważania dotyczące podziału zapasu na poszczególne grupy oraz ich udziału w masie asortymentu i udziale w sprzedaży można także zilustrować rysunkiem 2.

Odnosząc się do pozostałych grup zapasów należy brać pod uwagę ilości zamawianych półproduktów. Oczywistym jest, aby przedmioty używane masowo znajdowały się w miejscach łatwo dostępnych, a ich pobieranie nie generowało dodatkowych czynności i było w możliwie największym stopniu ergonomiczne.

Analizując zużycie materiałów pod względem regularności ich zamawiania zauważyć można występowanie tych, których zapotrzebowanie kształtuje się na poziomie stałym (grupa X), te które podlegają pewnym wahaniom (grupa Y) oraz materiały o zapotrzebowaniu nieregularnym (grupa Z), najtrudniejszym do przewidzenia.

Grupa X, na którą składają się zapasy charakteryzujące się regularnym zużyciem można dokładnie prognozować i ustalenie optymalnego planu zamówień nie nastręcza dużych trudności. Grupa Y, w której znajdują się materiały wykazujące zapotrzebowanie odznaczające się wahaniami sezonowymi lub trendem, trudniej prognozować ilości zamówień. Grupa Z, zawierająca zapasy o wyjątkowo dużej nieregularności zapotrzebowania charakteryzuje się wysoką trudnością w określeniu planowania zamówień.

Tabela 1. Podział zapasów ze względu na częstotliwość używania oraz kosztów jakie generują.

		Koszty utrzymania		
		A	B	C
Częstotliwość wykorzystania	X	Grupa AX materiały bardzo często używane i przynoszące wysokie koszty	Grupa BX materiały bardzo często używane i przynoszące średnie koszty	Grupa CX materiały bardzo często używane i przynoszące niskie koszty
	Y	Grupa AY materiały często używane i przynoszące wysokie koszty	Grupa BY materiały często używane i przynoszące średnie koszty	Grupa CY materiały często używane i przynoszące niskie koszty
	Z	Grupa AZ materiały rzadko używane i przynoszące wysokie koszty	Grupa BZ materiały rzadko używane i przynoszące średnie koszty	Grupa CZ materiały rzadko używane i przynoszące niskie koszty

Źródło: opracowanie własne na podstawie Rutkowski, 2011.

Dokonując kompilacji podziału zapasów wg metody ABC oraz XYZ można stworzyć macierz zapasów, na które przedsiębiorstwo wykazuje zapotrzebowanie co pozwala na bardziej efektywne planowanie ich poziomu. W taki sposób powstaje 9 polowa macierz odzwierciedlająca 9 grup zapasów podzielonych z jednej strony ze względu na koszty utrzymania, a z drugiej częstotliwości używania. Dane w tabeli 1 obrazują takie właśnie podejście.

Pośród podejść odnoszących się do pozyskiwania zapasów w podmiocie gospodarczym nie można pominąć koncepcji *just-in-time*, w której towary są zamawiane i dostarczane jedynie wtedy gdy są potrzebne do produkcji (lub sprzedaży). W ten sposób można wyeliminować koszty utrzymania zapasów, a także ryzyko utraty ich wartości. Stosowanie tej metody musi bazować na bardzo solidnych i rzetelnych dostawcach, którzy są w stanie sprostać wymaganiom dostaw dokładnie na czas. Jest to podejście pozwalające zmniejszenie zapasów a tym samym redukcję kosztów w podmiocie. Redukowanie poziomu zapasów oraz dokładne planowanie przepływów towarów jest wspierane w tym podejściu przez strategię *cross docking* czy *Vendor Managed Inventory* (VMI) (Kovacs i Kot, 2016).

Nieco odmiennym podejściem w procesie utrzymywania zapasów w przedsiębiorstwie jest metoda *just-in-case* (JIC), polegająca na utrzymywaniu pewnej ilości zapasów na wypadek możliwości pojawienia się nieoczekiwanych zdarzeń (np. awarii, opóźnień w dostawach, czy zmian w popycie). Metoda ta może być stosowana w przypadku produktów o mało stabilnej podaży lub też obarczone wysokim ryzykiem niedoboru.

Kolejną koncepcją, która jest wykorzystywana w zarządzaniu zapasami jest metoda optymalnej wielkości zamówienia – EOQ (*Economic Order Quantity*). Podejście to bazuje na tym, że wraz ze wzrostem wielkości zamówienia wzrasta poziom zapasów, co powoduje spadek kosztów wytworzenia, przy jednoczesnym wzroście kosztów utrzymania zapasów. Przy zwiększeniu częstotliwości zamówień, wielkość zapasów spadnie, zmniejszą się jednocześnie koszty ich utrzymania, a wzrosną koszty tworzenia zapasów (Yildiz, Yaman, 2018).

W metodzie tej, do wyznaczenia optymalnej wielkości zamówienia możemy posłużyć się następującą formułą:

$$Q_{OPT} = \sqrt{\frac{2K_Z D}{K_{UC}}} \quad (1)$$

gdzie:

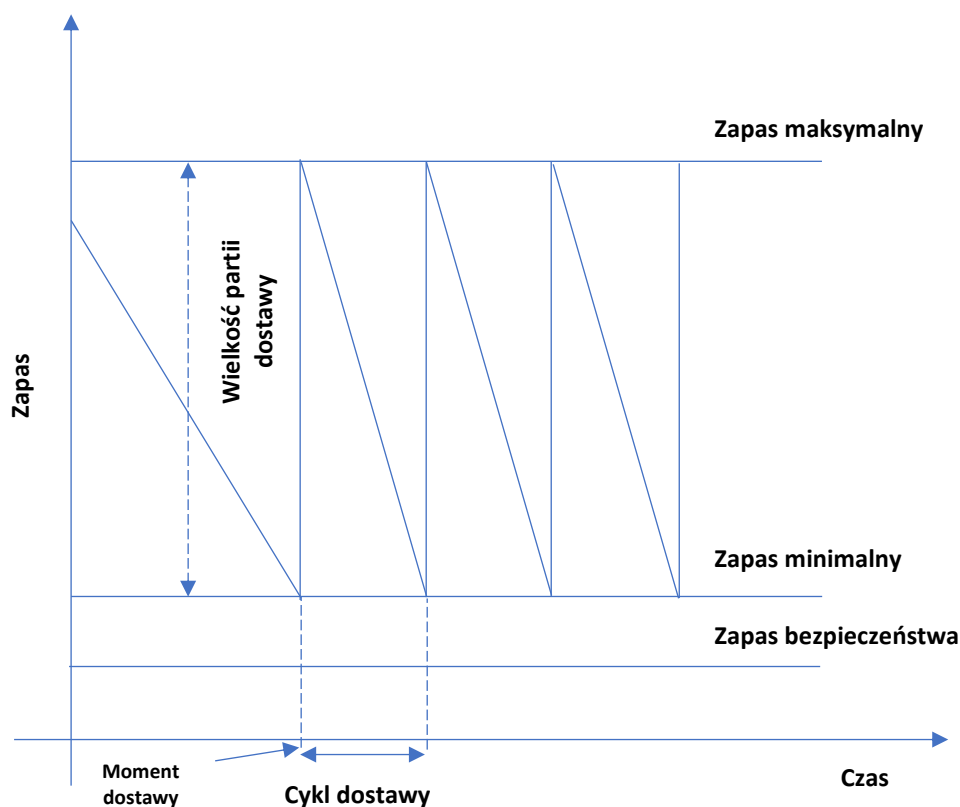
K_z – koszt pojedynczego zamówienia;

D – roczne zapotrzebowanie;

K_U – koszt przechowywania zapasów;

C – cena jednostkowa.

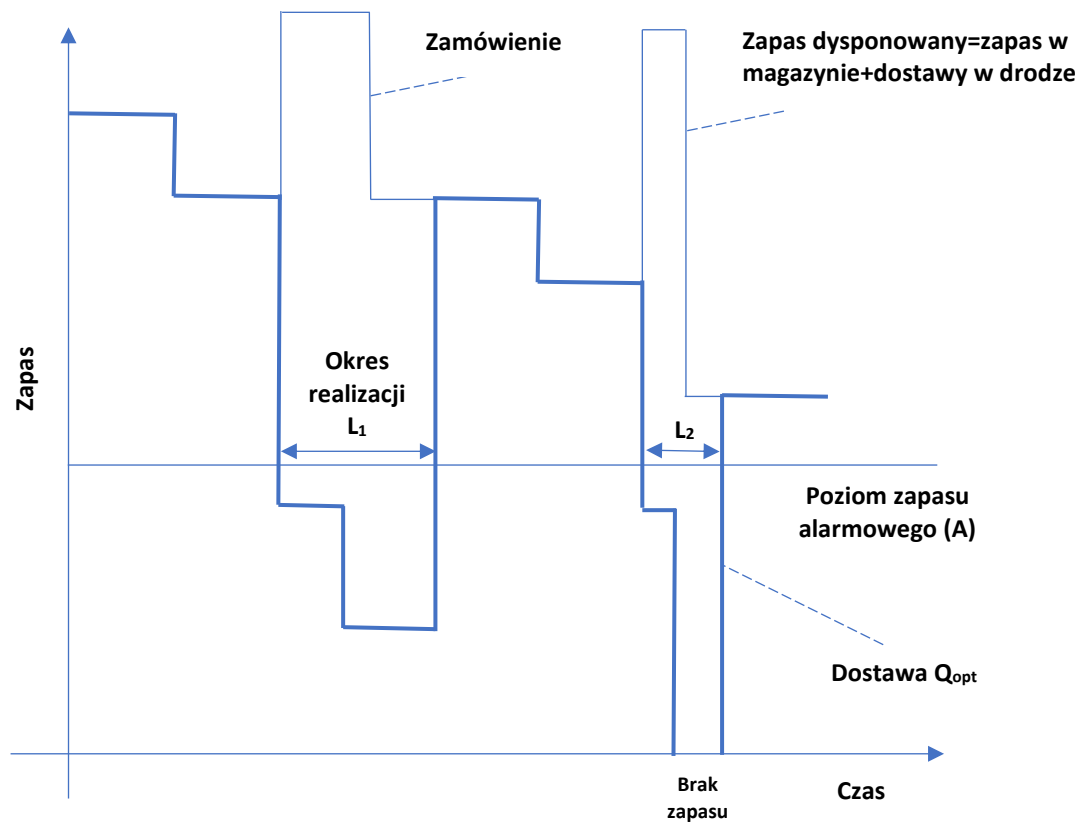
Zarządzanie poziomem zapasów w podmiocie gospodarczym często decyduje o tym w jak dobrej kondycji jest firma. Poniżej przedstawiono podstawowe zależności związane z zamawianiem dostawy do przedsiębiorstwa.



Rysunek 3. Podstawowe zależności związane z realizowaniem dostaw.

Źródło: opracowanie własne na podstawie Skowronek i Sariusz-Wolski, 2012.

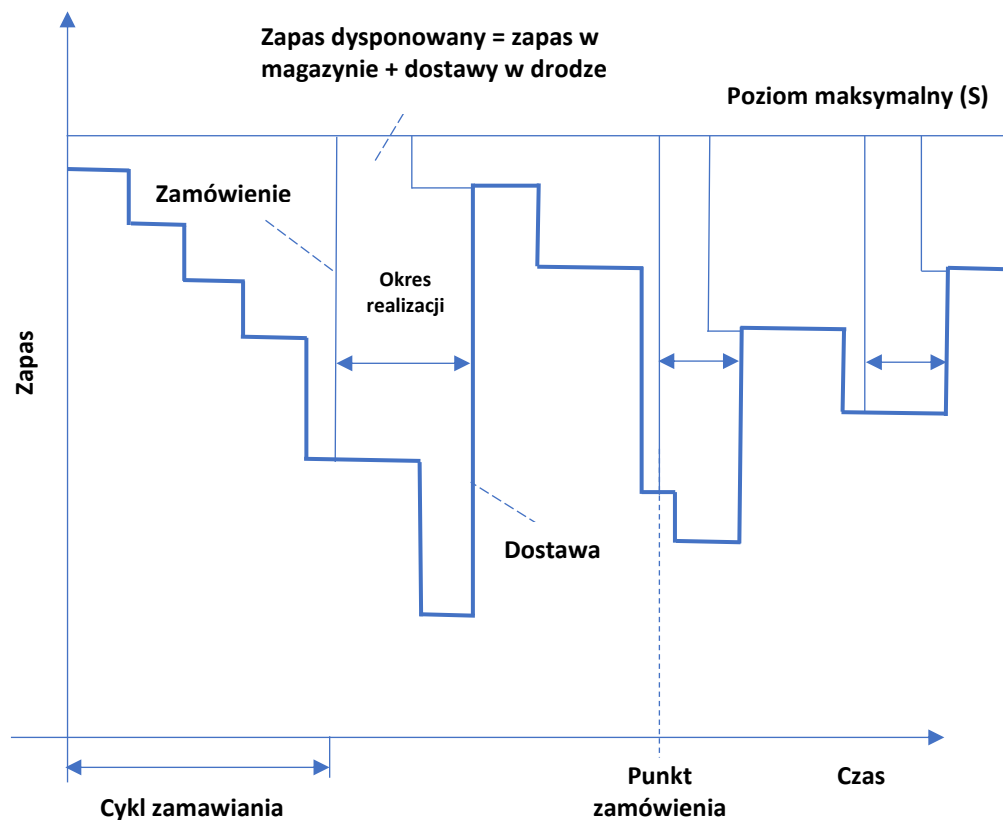
Jednym z podejść zarządzania zapasami jest metoda zapasu minimalnego (ROP – *re-order point*), w której należy określić minimalny poziom zapasu w magazynie, zapewniający ciągłość dostaw, na wypadek gdy czas potrzebny na otrzymanie nowej dostawy przekroczy czas potrzebny na zużycie zapasów. W metodzie tej kluczowe jest określenie zapasu alarmowego (A), który informuje o konieczności natychmiastowego przygotowania zamówienia i zleceniu go dostawcy oraz wielkości partii dostawy (Q). Na rysunku 4 zobrazowano zależności zachodzące w tej metodzie.



Rysunek 4. Metoda zapasu minimalnego.

Źródło: opracowanie własne na podstawie Sariusz-Wolski, 1997.

Kolejnym podejściem zarządzania zapasami może być metoda stałego cyklu zamawiania (ROC – *re-order cycle*). W metodzie tej niezbędne jest wyznaczenie poziomu zapasu maksymalnego (S) oraz optymalnego cyklu zamawiania (R_{opt}). Dla tego modelu wielkości kolejnych partii zamawianego towaru są różne, ponieważ stanowią różnicę pomiędzy faktycznym poziomem zapasów a maksymalnym poziomem. W rzeczywistości podczas wystawienia zamówienia dopełnia się poziom zapasu do wyznaczonego maksimum.



Rysunek 5. Metoda stałego cyklu zamawiania.

Źródło: opracowanie własne na podstawie Sariusz-Wolski, 1997.

Warto także wspomnieć o metodzie rotacji zapasów (*Inventory Turnover*). Metoda ta koncentruje się na maksymalizacji rotacji zapasów, mogącej oznaczać, że firma efektywnie wykorzystuje zasoby, minimalizuje ryzyko starzenia zapasów lub ich uszkodzeń.

Wybór wiodącej metody zarządzania zapasami w przedsiębiorstwie powinien być dostosowany do profilu prowadzonej działalności, obecnych trendów panujących na rynku czy specyfiki procesu produkcyjnego. Przeprowadzenie symulacji z wykorzystaniem poszczególnych metod powinno być pomocne przy wyborze najlepszej metody pozyskiwania zapasów w przedsiębiorstwie.

1.3. Modele gromadzenia zapasów

Gromadzenie zapasów jest wynikiem wpływu czynnika losowego na kształtowanie się zapotrzebowania na wytwarzane dobra. Stanowi swego rodzaju zawór bezpieczeństwa pomiędzy popytem a sprzedażą. Zaopatrzenie podmiotu w zapasy jest wynikiem braku możliwości dokładnego zsynchronizowania wielkości sprzedaży z poziomem dostaw. Zatem każdy podmiot, aby poprawnie funkcjonować musi odpowiednio zabezpieczać się przed skutkami zakłóceń, tworząc odpowiedni poziom zapasów. Ze względu na funkcję jaką pełnią, zapasy można podzielić na: bieżące, w procesie produkcyjnym, bezpieczeństwa, sezonowe, promocyjne, spekulacyjne oraz martwe (Kot, Starostka-Patyk, Krzywda, 2009).

Zapasy bieżące stanowią te, które zużywane są w normalnym toku produkcji; zapasy w produkcji to inaczej produkcja w toku; zapasy sezonowe – tworzone się aby zaspokoić popyt w całym roku, a można się w nie zaopatrzyć jedynie sezonowo; zapasy bezpieczeństwa mają stanowić bufor dla opóźnionych dostaw; zapasy promocyjne są tworzone przed przewidywaną promocją marketingową; zapasy spekulacyjne – wynikające z oczekiwania na wzrost cen, wystąpienia niedoboru; zapasy martwe – zbędne, nie przedstawiające wartości dla podmiotu.

Ze względu na kategorie ewidencyjne zapasy można podzielić na dwie grupy. Rotującą, obejmującą zapasy związane z bieżącymi potrzebami, uwzględniające przyszłą prognozowaną sprzedaż oraz nierotującą, która obejmuje zapas zgromadzony ze względów bezpieczeństwa, choć często to zapas występujący nadmiernie i tworzący dodatkowe koszty związane z jego utrzymaniem.

Pozyskiwanie zasobów w podmiocie gospodarczym ściśle jest związane z sytuacją finansową przedsiębiorstwa. Ograniczony dostęp do funduszy przyczynia się do zwiększania zobowiązań wobec dostawców. Jeśli stan ten będzie trwał w pewnym okresie, niewątpliwie będzie to miało wpływ na samą sytuację finansową podmiotu a dodatkowo istotnie odcisnie się na poziomie zapasów, powodując ich spadek (Marzec i Pawłowska, 2012).

Trudno odnieść się do określenia, że wysoki poziom zapasów w przedsiębiorstwie będzie stanowił element stabilizujący proces produkcyjny w skali mikroekonomicznej, natomiast w odniesieniu do całej gospodarki stan taki będzie ją destabilizował. Możliwym jest poddanie pod dyskusję hipotezy, że wysokie zabezpieczenie podmiotu w postaci

wysokiego poziomu zapasów daje stabilną i niezachwianą pozycję przedsiębiorstwa, pozwalając mu działać bez zaburzeń. Jednakże, przeznaczenie zasobów finansowych na zakupy, będzie niewątpliwie przyczyną ograniczeń funduszy na inne działania, przede wszystkim działania inwestycyjne (Trębska i Gajdos, 2024).

Ważnym czynnikiem są również badania dotyczące kwestii wpływu lokowania środków finansowych w zapasy na zmiany PKB, a także przyczyniania się ich do powstawania cykli koniunkturalnych. Istotnym staje się zatem, poznanie czynników jakie wpływają na decyzje przedsiębiorców w obszarze podnoszenia lub obniżania poziomu zapasów w ich podmiotach.

Wśród motywów utrzymywania odpowiedniego poziomu zapasów można wskazać:

- motyw spekulacyjny;
- motyw zabezpieczający;
- motyw związany z opóźnieniem realizacji dostaw;
- motyw lepszego zaplanowania produkcji.

Różnorodność ta powoduje, że nie można stworzyć jednego jednorodnego wzorca na podstawie którego podejmowane są decyzje dotyczące poziomu zapasów. Teorie mikroekonomiczne oscylują zatem wokół dwóch modeli:

- model wygładzania produkcji;
- model zapasów S, s .

Pierwszy z nich opiera się na założeniu, że zapasy w podmiocie mają służyć do minimalizacji kosztów związanych ze zmianami jakie występują w działalności produkcyjnej. Posiadanie odpowiedniego poziomu zapasów pozwala na swego rodzaju „wygładzenie” produkcji co przyczynia się do tego, że jest ona na niższym poziomie zmienności niż sprzedaż. Dodatkowym efektem jaki można tutaj zauważyć będzie to, iż wzrost sprzedaży najpierw spowoduje zmniejszenie poziomu zapasów, natomiast dostosowanie wielkości produkcji nastąpi z opóźnieniem.

Model zapasów S, s natomiast opiera się na zasadzie uzupełnienia stanu zapasów do poziomu S w momencie gdy spadają one poniżej krytycznego poziomu s . Pozyskanie zapasów u producenta powoduje stałe koszty zamówienia, a wzrost wartości zamawianych zapasów będzie obniżał jednostkowe koszty. Jednakże, zwiększenie ilości zamawianych dóbr podwyższa koszty zaangażowanego kapitału na ten cel. Balansowanie pomiędzy tymi pozycjami daje optymalny poziom zamówienia (Hornstein, 1998).

Przedmiotem licznych badań jest również badanie wpływu sytuacji finansowej podmiotów gospodarczych na poziom zapasów. Badania opierają się na stwierdzeniu, że spadek popytu na dobra przedsiębiorstwa w sposób negatywny wpływa na ich sytuację finansową czego efektem nie jest, wedle oczywistych oczekiwań zmniejszenie inwestycji w aktywa trwałe, a właśnie zmniejszenie nakładów na poziom zapasów, co jest w stanie jeszcze bardziej pogłębić spadek cyklu koniunkturalnego (Pawłowska, Popowski, Sawicka, Tymoszko, 2007; Wawryszuk-Misztal, 2014).

Koszty zamrożenia kapitału, jako newralgiczne pozycje kosztów zapasów, mimo że wpływają na wzrost kosztów globalnych, a w konsekwencji obniżenie poziomu zysku, wymagają porównania z pozycją kosztów potencjalnych, które mogą wystąpić przy braku zapasów (Skowron-Grabowska, 2009).

Za podstawę takiego podejścia można przyjąć wskaźnik bieżącej płynności finansowej (*WBPŁF*) określony według wzoru (2) (por. Sierpińska i Wędzki, 1997):

$$WBPŁF = \frac{\text{aktywa bieżące}}{\text{pasywa bieżące}}. \quad (2)$$

Przyjęto założenie, że na aktywa bieżące składają się zapasy i pozostałe aktywa bieżące. Wówczas powyższa formuła przyjmuje postać:

$$WBPŁF = \frac{\text{zapasy} + \text{pozostałe aktywa bieżące}}{\text{pasywa bieżące}} \quad (3)$$

gdzie pozostałe aktywa bieżące są wielkością stałą w czasie t .

Ponadto przyjmuje się, że w pasywach bieżących występują zobowiązania z tytułu zakupu zapasów oraz pozostałe zobowiązania. Wówczas pasywa bieżące są wyrażone jako $1+k$, gdzie k stanowią dodatkowe zobowiązania z tytułu wzrostu zakupu zapasów.

Wówczas równanie przyjmuje postać:

$$WBPŁF = \frac{\text{zapasy} + \text{pozostałe aktywa bieżące}}{\text{zobow. bieżące z tytułu zapasów} + \text{pozostałe zobow. bieżące}} \quad (4)$$

$$WBPŁF = z + \frac{g}{(1+k)z} \quad (5)$$

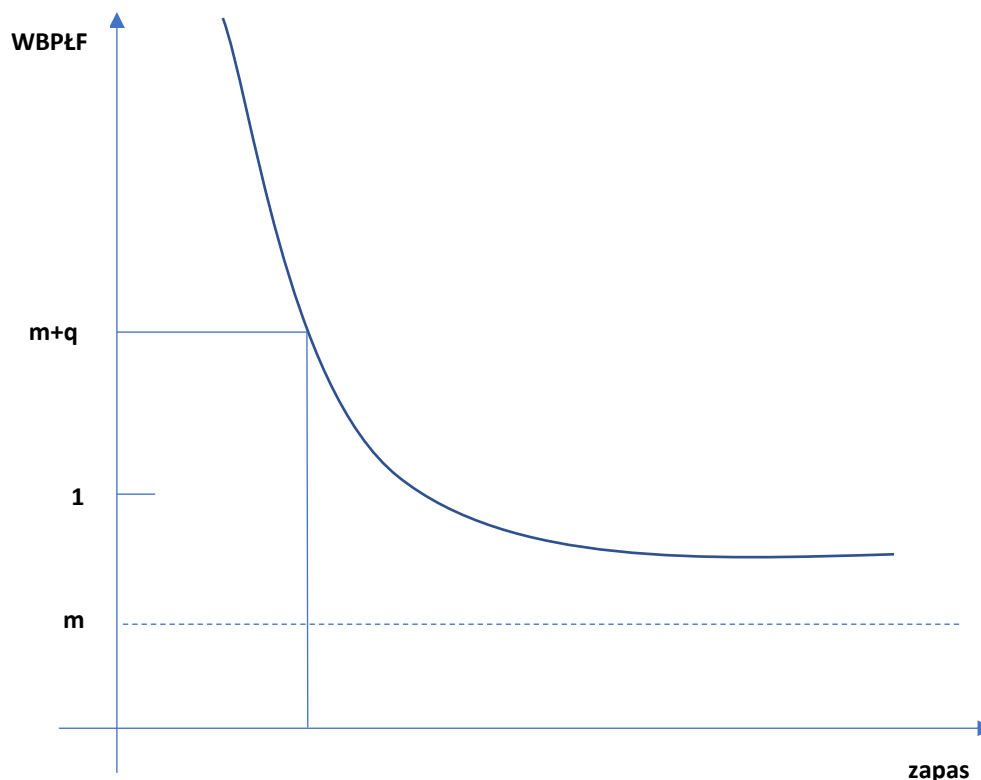
$$WBPŁF = m + \frac{q}{z} \quad (6)$$

gdzie: $m = \frac{1}{1+k}$ $m \in (0; 1)$; $q = \frac{g}{1+k}$;

z – zapasy;

g – pozostałe aktywa bieżące.

Takie podejście do zagadnienia związanego z płynnością finansową podmiotu, wskazuje że kształtowanie się wskaźnika bieżącej płynności finansowej jest determinowane przez zapasy. Zależności przedstawione za pomocą powyższych równań można zobrazować rysunkiem 6.



Rysunek 6. Kształtowanie się wskaźnika bieżącej płynności finansowej.
Źródło: opracowanie własne na podstawie Skowron-Grabowska, 2009.

Krzywa zależności ma charakter hiperboliczny, a na poziom opisywanego wskaźnika bieżącej płynności finansowej bezpośrednio wpływa poziom zapasu w podmiocie gospodarczym.

Zarządzanie zapasami powinno koncentrować się przede wszystkim na obrocie zapasami, ponieważ wówczas możliwa jest redukcja zapasów. Niższe również będą koszty zapasów. Ważny jest także czas dostawy, jakość produktu i zdolność produkcyjna. Racjonalizacja działań w tym zakresie powinna skutkować skróceniem czasu dostaw, poprawą jakości i wzrostem stopnia wykorzystania zdolności produkcyjnych. Przestrzeń produkcyjna i szkolenia pracowników odznaczają się natomiast mniejszym znaczeniem w obszarach zarządzania zapasami.

W literaturze często pojawiają się także podejścia, które jednocześnie podają metody zarządzania zapasami przenikające się z modelami zarządzania. Tym samym wcześniej wspomniane metody *Economic Order Quantity* (EOQ), metoda zapasu minimalnego (ROP – *re-order point*), metoda stałego cyklu zamawiania (ROC – *re-order cycle*), *Just-in-time* (JIT), metoda ABC i inne występują jako modele zarządzania zapasami. W tym miejscu należałoby nie pominąć podejść takich jak: *Material Requirements Planning* (MRP), *Vendor-Managed Inventory* (VMI), Kanban czy *Distribution Requirements Planning* (DRP).

2. Charakterystyka łańcuchów dostaw

Poniższy rozdział zawiera rozważania teoretyczne w obszarze trendów w zarządzaniu łańcuchami dostaw. W rozdziale tym dokonano także charakterystyki zrównoważonych łańcuchów dostaw. W dalszej części opisano zagadnienia związane z widocznością łańcucha dostaw przybliżając także praktyczne podejście do tego zagadnienia. Na zakończenie ujęto rozważania na temat zamkniętych pętli w zarządzaniu łańcuchem dostaw.

2.1. Trendy w zarządzaniu łańcuchami dostaw

Mentzer i in. (2001) zdefiniowali zarządzanie łańcuchem dostaw jako, „systemowa, strategiczna koordynacja tradycyjnych funkcji biznesu oraz taktyk w tych funkcjach biznesowych w ramach konkretnej firmy i w ramach łańcucha dostaw, w celu poprawy długoterminowej wydajności konkretnej firmy i łańcucha dostaw jako całości”.

Lambert i in. (2006) stwierdzili, że odnosi się to do „integracji kluczowych procesów biznesowych od użytkownika końcowego do pierwotnych dostawców, którzy dostarczają produkty, usługi i informacje stanowiące wartość dodaną dla klientów i innych interesariuszy”. Uwzględnianie zrównoważonego rozwoju w praktyce, wymaga jednak poszerzenia strategii zarządzania łańcuchem dostaw, ponieważ ma to kluczowe znaczenie aby przejść do problemów systemowych, które powstaną w trakcie realizacji zrównoważonego rozwoju, zarządzania środowiskiem i łańcucha dostaw (Linton i in., 2007). Z tej perspektywy Seuring i Muller (2008) wskazują na konieczność uwzględnienia tych trzech podstawowych podejść do zarządzania zrównoważonymi łańcuchami dostaw. Szerszy zakres problemów (na przykład zarządzanie ryzykiem) czy dłuższe odcinki łańcuchów dostaw (zarządzanie dostawcami produktów drugorzędnych) winny zostać włączone do zrównoważonego zarządzania łańcuchem dostaw (*Sustainable Supply Chain Management* - SSCM). Oznacza to, że SSCM wymaga większego nacisku na współpracę z firmami partnerskimi w celu osiągnięcia zrównoważonej wydajności realizując dostawy. W tym kontekście, środowisko naturalne i kryteria społeczne muszą zostać włączone do celów wydajności dla pojedynczych firm, ale również do zarządzania całym łańcuchem dostaw (Bai i Sarkis, 2010). Czynniki społeczne, środowiskowe i ekonomiczne powinny być

wzięte pod uwagę i dodane do zestawu bardziej typowych operacji odnośnie kryteriów wydajności (takich jak: jakość, koszt, elastyczność). Rozwój koncepcji zrównoważonego łańcucha dostaw polegać może na tym, że prócz typowych elementów takich jak systemy i technologie informacyjne, transport, magazynowanie, sieć logistyczne, należałoby dodać czynniki takie jak zakupy ekologiczne, produkcja, badania i rozwój oraz dystrybucja (zawierające się w tymże łańcuchu).

W ciągu ostatnich trzech dekad nastąpiła wyraźna zmiana w podejściu do zarządzania łańcuchem dostaw. W latach 90-tych skupiano się na ujednoliceniu podmiotów w łańcuchu dostaw pod względem celów i kooperacji. XXI wiek to koncentracja, zarówno praktyków jak i badaczy na zrozumieniu i poprawie relacji pomiędzy członkami łańcucha dostaw (Jacoby, 2009). W tym samym czasie rynki stają się coraz bardziej kapryśne, podobnie jak konkurencja na rynkach krajowych i zagranicznych, która rośnie w siłę. Presja ze strony e-commerce, e-sprzedawców, a także współczesny handel zwiększa zapotrzebowanie na szybkość i szybkość rotacja zapasów. Menedżerowie łańcucha dostaw są pod ciągłym naciskiem na maksymalizację jakości usług przy jednoczesnym ograniczeniu kosztów. Firmy potrzebują również umiejętności dostosowania oferty usług i towarów do oferty aby podążać za zmieniającymi się gustami i zachowaniami konsumentów (Stank i in., 2013; KPMG, 2012). Menedżerowie łańcucha dostaw znajdują się pod presją, także ze względu braku elastyczności łańcucha dostaw, jednocześnie dopasowując się do szybkości i przyspieszenia zmian konkurencji na rynkach (Hummels i Schaur, 2012).

Praktyki zarządzania wymagane do osiągnięcia odpowiedniej zdolności operacyjnej zwiększającej elastyczność są omawiane w literaturze z różnych punktów widzenia menedżera (operacyjny, strategiczny, systemów organizacji, marketingowego, zasobów ludzkich), czego przykładem są opracowania m.in. Li i in. (2008, 2009b).

Zdolności dynamiczne oznaczają, że firma jest w stanie pozyskiwać zasoby poprzez zmiany rynkowe. Zdolności dynamiczne są wyuczonym wzorcem, gdzie kolektywne działania i rutyna działań strategicznych, powoduje że organizacja może generować i modyfikować praktyki operacyjne, w celu osiągnięcia nowej konfiguracji zasobów, a także uzyskania i utrzymania przewagi konkurencyjnej (Teece i in., 1997; Zollo i Winter, 2002; Teece, 2007; Kabadayi, 2011). Barreto (2010) stwierdził, że badania w tej dziedzinie powinny skoncentrować się na wewnętrznych i zewnętrznych czynnikach, które mogą umożliwić (lub uniemożliwić) firmom wykorzystanie potencjału reprezentowanego przez

ich dynamikę możliwości. Zamiast szukać formuł dla uogólnionej skuteczności, należałoby zająć się tym, że wartość zdolności dynamicznych jest uzależniona od obszaru w jakim występuje (Wilden i in., 2013). Poprawiając efektywność, szybkość, skuteczność i skuteczność reakcji organizacji można minimalizować zawirowania występujące w otoczeniu przedsiębiorstwa (Chmielewski i Paladino, 2007; Hitt i in., 2001), które ostatecznie poprawiają wydajność.

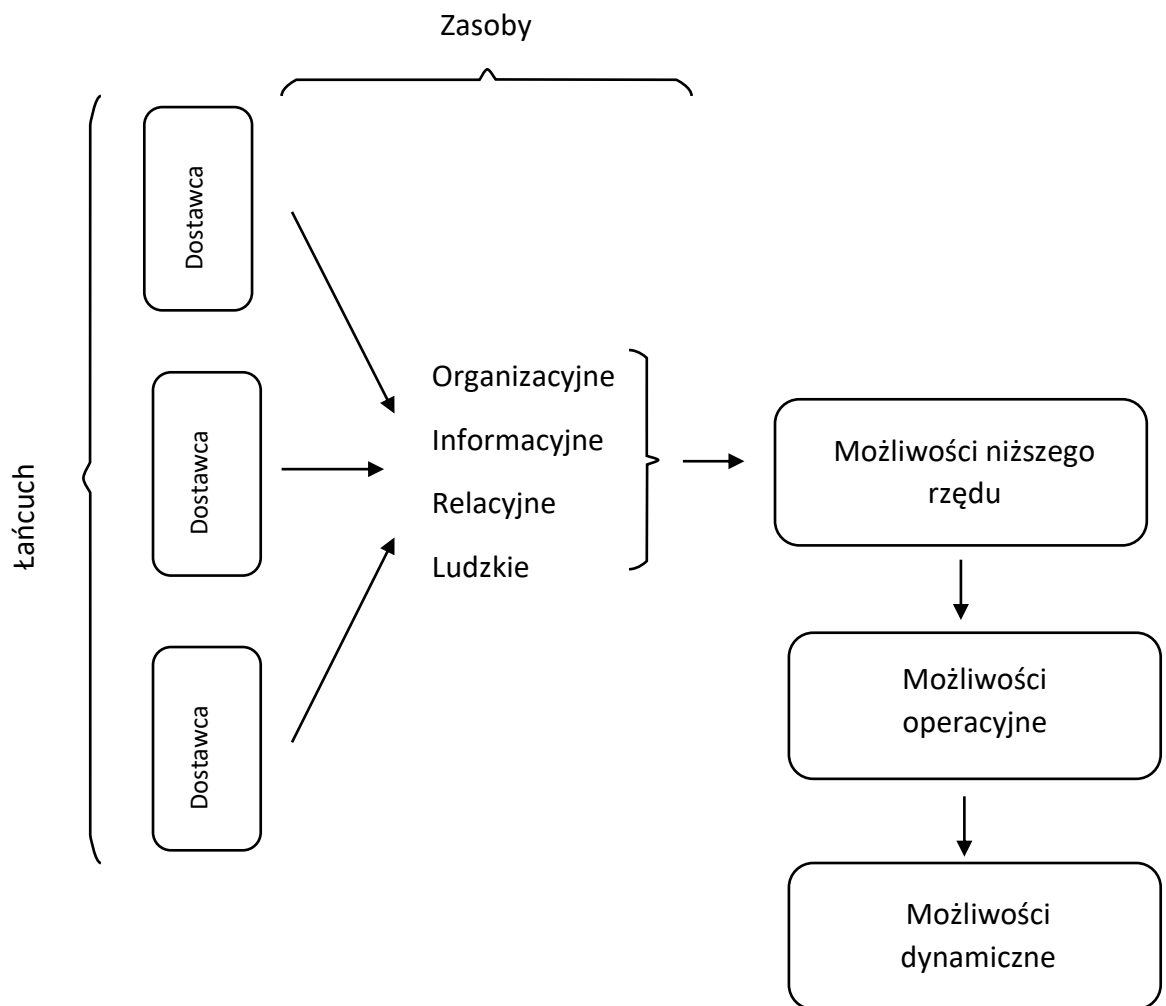
Osiąganie przewagi konkurencyjnej wymaga wydajnego, efektywnego rozmieszczenie zasobów między organizacjami partnerskimi i partnerami w łańcuchu dostaw (Rajaguru i Matanda, 2013).

Zdolności operacyjne zapewniają środki, za pomocą których firma funkcjonuje tu i teraz (Winter, 2003). Możliwości dynamiczne są uważane za ważniejsze niż zdolności operacyjne, a ich rola jest o wiele większa w przynoszeniu wyższych wyników firmy (Drnevich i Kriauciunas, 2011). Zdolności operacyjne odnoszą się do zdolności firmy do wykonywania i koordynowania różnych zadań niezbędnych do podstawowego działania; np. logistyka dystrybucja, planowanie operacji, są to procesy i procedury typowe, mające porządną fundament w wiedzy (Cepeda i Vera, 2007). Uczeń uważają tę zdolność za odzwierciedlenie wysokiego poziomu powtarzalności lub nazywają zbiorem powtarzalności (zwanych rutynami organizacyjnymi lub kompetencyjnymi w Teece i in., 1997), które można wykorzystać do reagowania na zmiany rynkowe (Barreto, 2010; Eisenhardt i Martin, 2000; Pavlou i Sawy, 2006). Na przykład, biorąc pod uwagę wzrost znaczenia terminowości i efektywności kosztowej danej dostawy, elastyczność łańcucha dostaw jest uważana za krytyczny rodzaj zdolności operacyjnej wymaganej do uzyskania przewagi konkurencyjnej (Ngai i in., 2011; Overby i in., 2006). Zdolności operacyjne, tak jak elastyczność, opiera się zarówno na procesach wewnętrznych, jak i tych, które są z nimi powiązane (koordynacja, integracja, informacja i kontrola dostawców oraz partnerów niższego szczebla, tj. obejmująca cały łańcuch dostaw widziany z perspektywy przedsiębiorstwa).

Budowa i obsługa elastycznego łańcucha dostaw jest możliwa jeżeli posiadamy dogłębnie zdefiniowane możliwości niższego rzędu (tzw. mikrofundamenty, jak opisał Teece, 2007). W obszarze obejmującym granice, w których znajdują się łańcuchy dostaw, skuteczna integracja wymaga, aby partnerzy biznesowi byli wysoce rozwinięci pod względem operacyjnym, technicznym i strategicznym (Hult i in., 2004).

Zdolności niższego rzędu obejmują procesy menedżerskie, procedury, systemy i struktury, które leżą u podstaw każdej grupy zdolności (Teece, 2007). Razem, zapewniają one procesy koordynacji i współpracy oraz narzędzi wśród różnych elementów łańcucha, które umożliwiają zasilanie łańcucha i pozwalają reagować na zmiany rynkowe.

Powyższe zależności może zobrazować rysunek 7, który w prosty sposób pokazuje jakie powiązania można nanieść odnosząc się do zdolności dynamicznych, operacyjnych oraz niższego rzędu.



Rysunek 7. Model łańcucha dostaw opartego na zasobach.

Źródło: opracowanie własne na podstawie Brusset, 2016.

Taki punkt widzenia na zależności występujące w łańcuchu dostaw pozwala osobom zajmującym się zarządzaniem nimi w jak najlepszy sposób organizować, stymulować i koordynować zarówno wewnętrzne sieci zasobów oraz interakcje międzysieciowe (osoby takie mają wyjątkową pozycję, aby dokonywać zmian warunków zasad i praktyk odnośnie elastyczności łańcucha dostaw).

2.2. Zrównoważone zarządzanie łańcuchem dostaw

W badaniach nad łańcuchami dostaw w ostatnim czasie zyskuje na popularności podejście zrównoważonego zarządzania łańcuchem dostaw (*Sustainable Supply Chain Management* - SSCM) (Wolf, 2014). Dzieje się tak ze względu na m.in. wzrost świadomości wśród uczestników działań korporacyjnych na środowisko i społeczeństwo. Ostatnio firmy coraz częściej rozszerzają swoje bazy dostawców na gospodarki wschodzących ze względu na przewagę kosztową. Z drugiej strony wydajność dostawcy odgrywa kluczową rolę w zarządzaniu przedsiębiorstwem (Carter, 2005). Ponieważ firma rozszerza swoją bazę dostawców na rynek gospodarek wschodzących, działania dostawców powodują, że łańcuchy dostaw wystawiane są na coraz większe ryzyko (Klassen i Vereecke, 2012). Działania dostawców mają także formę kwestii społecznych związanych z produktem i procesami i mają wpływ na otaczających ludzi i społeczeństwo w analizowanych lokalizacjach (Wood, 1991; Tate i in., 2010; Mani i in., 2016). Łańcuchy dostaw muszą stawić czoła ryzyku operacyjnemu z powodu występujących czynników społecznych (Klassen i Vereecke, 2012). Ageron i in. (2012) podkreślają znaczenie projektowania łańcucha dostaw na wyższym szczeblu zarządzania, które nie tylko wpływają na przedsiębiorstwo, ale wpływają na całe łańcuchy dostaw, zwłaszcza gdy przedsiębiorstwo opiera swoje działanie na sojuszach strategicznych. W literaturze zagadnienia związane z bezpieczeństwem pozyskiwania zapasów otrzymały wiele uwagi (Marcus i Goodmana, 1991; Maloni i Brown, 2006). Naukowcy w swoich opracowaniach udowodnili, że poprawa warunków pracy w lokalizacjach dostawców powoduje skróceniu czasu realizacji zamówienia, tym samym poprawiając wyniki operacyjne firmy kupującej (Freire i Alarcon, 2002; Yuan i Woodman, 2010).

Fombrun i in. (2000) twierdzą, że firmy inwestują w społeczną odpowiedzialność biznesu (CSR) i zrównoważony rozwój w celu budowania kapitału reputacyjnego (aby uniknąć ryzyka utraty reputacji). Jednak negatywne skutki wynikające z zagadnień społecznych nie ograniczają się tylko do bezpośrednio zaangażowanej firmy, ale obejmują obszar szerszy oraz elementy jego rynku (Cruz i Wakolbinger, 2008). Inni twierdzą, że przyjęcie zrównoważonego rozwoju społecznego dostawców nie tylko poprawia wydajność społeczną, ale może przyczynić się do rywalizacji przewagą całego łańcucha dostaw, co z kolei może obniżyć koszty i zwiększyć udział w rynku (Klassen i Vereecke, 2012; Rao i Holt,

2005). Ponadto poprawa warunków pracy u dostawców firmy przynosi korzyści operacyjne nabywcom w postaci mniejszej ilości zakłóceń (Freire i Alarcon, 2002; Yuan i Woodman, 2010). Odnosząc się do Pagellow i in. (2010), lepsze warunki pracy dla pracowników skutkują poprawą jakości produktów dzięki zwiększonej ich motywacji. Sposób, w jaki określony zostanie zrównoważony rozwój społeczny w łańcuchu dostaw ma nadrzędne znaczenie dla gospodarki produkcyjnej, ponieważ powoduje obniżenie kosztów bezpieczeństwa, niższe koszty pracy, lepszą jakość produktu i krótsze czas realizacji i lepszą reputację (Carter i Rogers, 2008).

Co więcej, opierając się na zasadzie zależności od zasobów, która zapewnia systematyczne i stabilne podejście firmy do zarządzania ryzykiem przynosi trwałe korzyści dla wszystkich partnerów łańcucha dostaw jednocześnie podnosząc przewagę konkurencyjną nad innymi. Ponadto opowiadając się za wdrożeniem integracji dostawców, ewaluacja i współpraca w zakresie zrównoważonego rozwoju przedstawia możliwości w zakresie rozwijania podstawowych zdolności w zakresie zasobów, które z kolei prowadzą do przewagi konkurencyjnej firm (Foerstl i in., 2010).

Zrównoważony rozwój stał się istotnym problemem dla firm, które ingerują w kwestie środowiskowe oraz społeczne w swojej strategii działania (Srivastava, 2007). Obecnie firmy są świadome znaczenia zrównoważonej odpowiedzialności ich partnerów za swój rozwój (Dyllick i Hockerts, 2002; Bai i Sarkis, 2010) oraz zrównoważony rozwój środowiskowy dowolnej organizacji nie jest możliwy bez uwzględniania zrównoważonego zarządzania łańcuchem dostaw (SSCM) (Preuss, 2005). Idąc dalej, Preuss (2005) przedstawia zmniejszające się korzyści dla środowiska, jeśli firmy przyjmują praktyki SSCM jedynie w swoim obszarze, nie włączając swoich partnerów do procesu. Oznacza to, że aby zrównoważony rozwój był możliwy do utrzymania, firmy muszą „rozbudowywać” swoje działania poza obszar swojego przedsiębiorstwa. Implikacje partnerów wyższego i niższego szczebla odgrywają główną rolę w wydajności w łańcuchu dostaw (Awasthi i in., 2010) oraz satysfakcji klienta (Bacallan, 2000; Carter i in., 2000; Bai i Sarkis, 2010). Podejście takie winno być podjęte z perspektywy „wygrany-wygrany”, w której każdy z partnerów działa w sposób przyjazny dla środowiska, zmniejszając wykorzystanie zasobów, redukując odpady i poprawiając produktywność (Wu i Dunn, 1995). Minimalizując swój wpływ na środowisko naturalne, firmy biorą pod uwagę zachowania ekologiczne jako szansę, na której mogą budować przewagę konkurencyjną (Rao i Holt, 2005). Środowisko naturalne przestaje

zatem być ograniczeniem, a staje się elementem zbiorowej troski tworząc element ekologicznego podejścia do łańcucha dostaw (Beamon, 1999). Kwestia SCM musi zostać poszerzona o środowisko, kwestie mentalne, społeczne i ekonomiczne aby wpisały się one na stałe w kanon łańcucha dostaw. Carter i Rogers (2008) definiują *Sustainable Supply Chain Management* (SSCM) jako „strategiczną, przejrzystą integrację i osiągnięcie celów społecznych, środowiskowych i ekonomicznych organizacji, systemową koordynację kluczowych biznesów międzyorganizacyjnych, procesy poprawy długoterminowych wyników ekonomicznych przedsiębiorstwa i jego łańcucha dostaw”. Oznacza to, że te konkretne kryteria efektywności środowiskowej muszą być stosowane przez wszystkich partnerów łańcucha dostaw (Awasthi i in., 2010) i jednocześnie promowane przez odpowiedzialne zachowania podmiotów korporacyjnych (Lu i in., 2007). Pomoc dostawcom w rozpoznaniu znaczenia w rozwiązywaniu problemów środowiskowych i wspierania ich we wdrożeniu własnej inicjatywy ulepszeń jest ważnym problemem, którym firmy muszą się zająć.

Zewnętrzne naciski zachęcają przedsiębiorstwa do przyjmowania praktyk SSCM. Firmy powinny zwiększać swoją zewnętrzną legitymizację do społecznie skonstruowanych systemów norm, wartości, przekonań (Darnall i in., 2008). Naciski te tworzą główną rolę w tym procesie, ponieważ firmy zobowiązują się do przyjęcia zasad SSCM. Działania te mogą negatywnie wpływać na wydajność poprzez kary i grzywny nakładane na obiekty, które nie przestrzegają przepisów prawnych. Tymczasem programy środowiskowe, dotacje, współpraca z innymi itp. pozytywnie wpływają na organizacje i są przyczyną budowania zależności SSCM. Korzyści jakie płyną z takiego działania zapewniają korzyści, gdyż nie podejmowanie proaktywnych strategii środowiskowych w sposób wymierny obniża ryzyko wprowadzenia nowych i kosztownych regulacji rządowych (Porter i Van der Linde, 1995). Działanie takie może stać się przewagą konkurencyjną wobec podmiotów nie stosujących się do regulacji rządowych. Gdy wprowadzane rozporządzenia są wzorowane na istniejącej produkcji przedsiębiorstwa i łańcucha dostaw, prowadzi to do trudności w replikacji kluczowych kompetencji jednocześnie tworząc przewagę konkurencyjną firm i ich dostawców (Carter i Dresner, 2001).

Prócz nacisków zewnętrznych, na decyzje o rozwijaniu praktyk SSCM mogą wpływać warunki rynkowe (Rao, 2002) i wpływ ten można zaobserwować na różnych poziomach. Coraz więcej klientów uzyskuje świadomość ekologiczną przyjmując stanowisko przyjazne

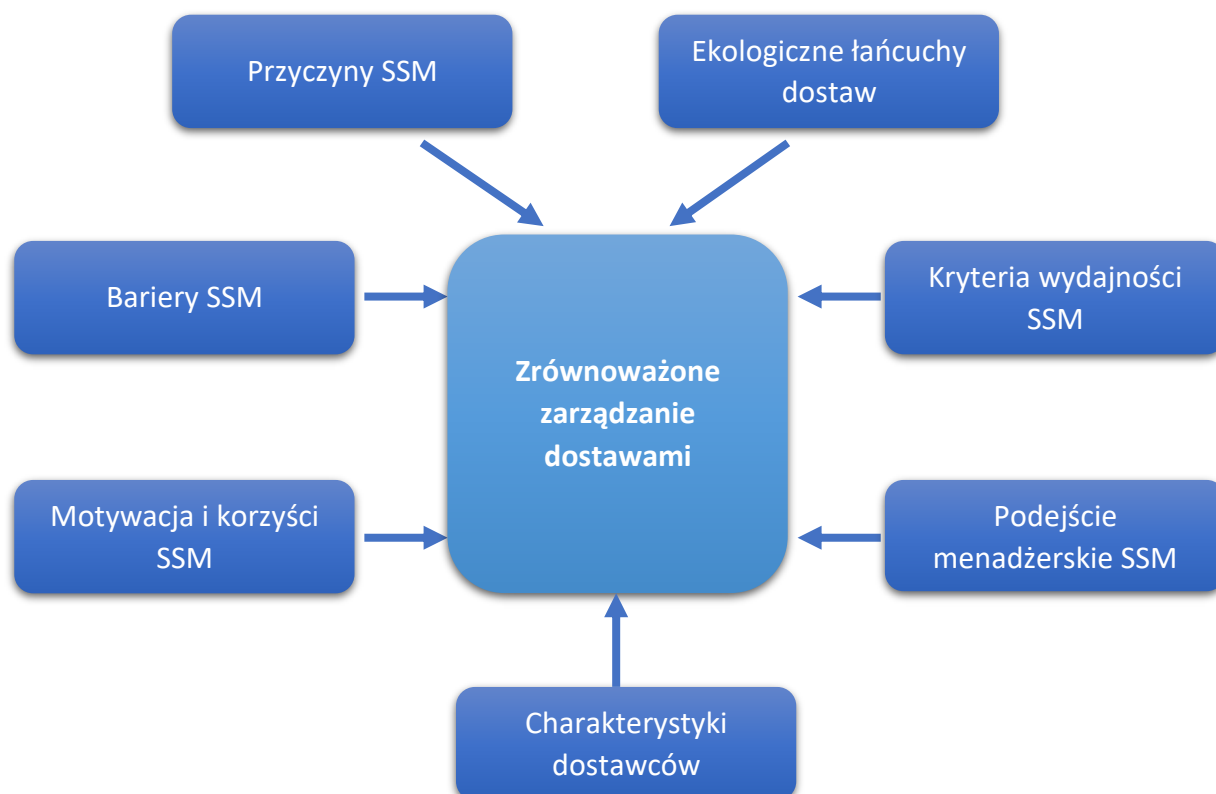
dla otaczającego środowiska. Akceptują oni wyższe ceny za produkty ekologiczne. Przyjmując takie stanowisko, zachęcają firmy, aby przyjęły więcej praktyk SSCM, w zamian oczekując informacji o decyzjach i działaniach w tym zakresie. Z tej perspektywy należy rozwijać przedsiębiorstwa na poziomie technologii informatycznych czy też systemów informatycznych (IT/IS), w celu odpowiedniej kontroli, oceny, ulepszenia oraz oddziaływania na środowisko (Melville, 2010).

Niemniej jednak inicjatywa organizacji na rzecz zrównoważonego rozwoju jest możliwa jeżeli strategia korporacyjna będzie ściśle z nią związana. Działania nie mogą odbywać się niezależnie, stanowiąc oddzielnie zarządzane programy a wsparcie najwyższego kierownictwa jest niezbędne i często jest kluczem do sukcesu SSCM (Zhu i in., 2008). Klienci mogą również rozwijać negatywne postawy wobec firm, które nie są świadome swojego wpływu na otoczenie. Reputacja związana ze zrównoważonym rozwojem jest nowym poważnym problemem, z którym firmy muszą się uporać. Może to poprawiać przewagę konkurencyjną, jeśli firmy są w stanie objąć działaniem SSCM inne podmioty (dostawców, konkurentów lub klientów), którzy cenią sobie te zasady i chciałyby generować zależności biznesowe (Darnall i in., 2008). Kontrolując gospodarkę odpadami, przedsiębiorstwa mogą również obniżać koszty produkcji dzięki zastosowaniu np. materiałów pochodzących z recyklingu lub ograniczaniu opakowań. Działania takie można proponować dostawcom.

Schemat i zależności występujące w zrównoważonym zarządzaniu zasobami można przedstawić za pomocą rysunku 8 – determinanty zrównoważonego zarządzania dostawami. Otoczenie SSM stanowi siedem elementów scharakteryzowanych w dalszych rozważaniach.

Głównymi przyczynami wprowadzania SSM jako elementu rozwoju biznesowego stała się rosnąca świadomość dotycząca globalnego ocieplenia, wyczerpywania się nieodnawialnych zasobów naturalnych a także intensywny rozwój gospodarek rozwijających się i wschodzących. W ostatnich latach odpowiedzialność za środowisko naturalne wydaje się być częścią celów strategicznych stawianych na równi z celami produkcyjnymi czy usługowymi organizacji, wnosząc wkład w wynik finansowy in plus. Istnieją także inne czynniki, które również mają wpływ na wprowadzanie do przedsiębiorstwa działań obejmujących zrównoważone zarządzanie łańcuchem dostaw, w szczególności odnosi się to do górnej części łańcucha dostaw (*upstream*). Czynniki te

można sklasyfikować jako zewnętrzne lub wewnętrzne. Czynniki zewnętrzne obejmują wymogi regulacyjne, charakter działalności biznesowej, konkurencję i pozostałych uczestników rynku (np. organizacje pozarządowe). Natomiast czynniki wewnętrzne obejmują poglądy najwyższego kierownictwa, popyt generowany przez klientów oraz inicjatywy dostawców. Przegląd literatury sugeruje, że dominuje presja czynników zewnętrznych do wprowadzania SSM.



Rysunek 8. Determinanty zrównoważonego zarządzania dostawami.

Źródło: opracowanie własne na podstawie Ageron i in., 2012.

W zrównoważonym zarządzaniu zapasami dostawcy odgrywają główną rolę, dlatego też stosowanie odpowiednich kryteriów ich wyboru ma ogromne znaczenie. Kryteria te powinny obejmować takie elementy jak cena, jakość, niezawodność, stawka za usługę, wydajność dostawy, elastyczność, wielkość firmy dostawcy, certyfikaty dostawcy, powiązane usługi, długość relacji, lokalizacja, aspekty środowiskowe, zależność ekonomiczna oraz odpowiedzialność społeczna. Projektowanie łańcucha dostaw w przepływie *upstream* wpływa na wydajność organizacji oraz całego łańcucha dostaw, zwłaszcza gdy operacje przedsiębiorstwa opierają się na strategicznych sojuszach i podstawowych kompetencjach, dzięki czemu firmy konkurują na podstawie elastyczności i reakcji na globalnym rynku.

Ekologiczne łańcuchy dostaw to szeroka strategia zarządzania materiałami w łańcuchu wartości poprzez różne fazy, takie jak pozyskiwanie, produkcji i dystrybucji, dzięki czemu można chronić zasoby naturalne, zmniejszać globalne ocieplenie i emisję dwutlenku węgla, globalne ocieplenie oraz ślad węglowy. Obejmuje ona redukcję odpadów, materiałów opakowaniowych, ekoprojektowanie, czyste programy, zmniejszenie śladu węglowego, redukcją kosztów transportu, logistykę zwrotną oraz ponowne przetworzenie. Dostawcy powinni być świadomi wyżej wymienionych kwestii środowiskowych, aby móc je zapewnić oraz zarządzać swoimi działaniami w taki sposób, aby uwzględniały one kwestie środowiskowe. Na poziomie globalnym, korporacyjne i społeczne kwestie muszą być brane pod uwagę przy formułowaniu strategii, taktyk i polityki operacyjnej.

Charakterystyka dostawcy w zakresie rozmieszczenia geograficznego, wielkości firmy, wizji z dobrze sformułowanymi planami strategicznymi oraz globalnych lub krajowych operacji może wpływać na ich zaangażowanie i wsparcie dla zrównoważonego zarządzania dostawami (SSM). Na przykład małe i średnie firmy mogą doświadczać wyzwań w zakresie umiejętności i kapitału, próbując wspierać zrównoważone dostawy. Myślenie strategiczne i wizualizacja są krytyczne, jeśli firmy zamierzają zintegrować swoje zaangażowanie w korporacyjną, społeczną i środowiskową równowagę ze swoim ogólnym funkcjonowaniem. Partnerstwa strategiczne obejmują długoterminowe relacje biznesowe prowadzące do zrównoważonego zarządzania łańcuchem dostaw. Lokalizacja dostawcy może określać ogólną kulturę i regulacje rządowe wpływające na kwestie społeczne i środowiskowe zrównoważonego rozwoju, a co za tym idzie, zaangażowanie na rzecz zrównoważonego rozwoju biznesu.

Zarządzanie przybiera wiele różnych form w zależności od procesów podejmowania decyzji przez dostawców lub firmy partnerskie. Może być aktywne, reaktywne, proaktywne, współpracujące lub indywidualne. Aktywne podejście do zarządzania polega na ciągłym zachowaniu czujności i nadążaniu za rozwojem strategii i technik zrównoważonego rozwoju. Wymaga to stałego planu strategicznego i monitorowania wyników. Aktywne podejście jest stosowane przez dostawców, którzy nie mają planu strategicznego. Ten typ podejścia może prowadzić do niepewności w długoterminowej wydajności i potencjalnie być bardziej kosztownym przy próbie rozwiązania problemów zrównoważonego rozwoju pod względem odpowiedzialności korporacyjnej, społecznej i środowiskowej. Proaktywne

podejście jest szeroko stosowane przez duże firmy, ale małe i średnie przedsiębiorstwa (na przykład dostawcy i firmy partnerskie w dużych łańcuchach dostaw) są bardziej reaktywne. Jednak w celu utrzymania wydajności, długoterminowe, proaktywne, strategiczne podejście jest niezbędne do zarządzania dostawami. Bazując na wspólnej wizji, systemach, zasobach i działaniach, to podejście wydaje się dobrze dostosowane do zrównoważonego zarządzania dostawami, ale dopasowanie strategii jest trudną kwestią. Indywidualne podejście jest zwykle szybsze, ale może nie mieć wsparcia ze strony dostawców i długoterminowej perspektywy strategicznej. Podejście menedżerskie przyjęte przez dostawców i firmy wiodące silnie wpływa na potencjalny sukces zrównoważonego zarządzania dostawami.

Opór przed zmianami zawsze istnieje w organizacjach. Źródeł oporu jest wiele, potencjalnie obejmujących kierownictwo wyższego szczebla, problemy finansowe, lokalizację, pojemność systemu, kulturę, rodzaj biznesu, konfigurację sieci dostaw, koszty, cele wydajnościowe, zasoby ludzkie i zarządzanie wiedzą. Ważne jest, aby zidentyfikować bariery dla zrównoważonego zarządzania dostawami w organizacji, czy to w firmie centralnej, czy w firmie dostawcy.

Zrozumienie postrzeganych korzyści i motywacji do zrównoważonego rozwoju w zarządzaniu dostawami jest niezbędne dla konkurencyjności organizacyjnej pod względem ceny, jakości, niezawodności, elastyczności i reakcji. W wielu przypadkach brak wiedzy na temat rzeczywistych korzyści i motywacji może prowadzić do niepoświęcania należytej uwagi zrównoważonym wysiłkom korporacyjnym, społecznym i środowiskowym na rzecz zwiększenia zrównoważonego rozwoju organizacji w perspektywie długoterminowej. Korzyści ze zrównoważonego zarządzania dostawami obejmują satysfakcję klienta, jakość i innowacyjność, zaufanie, zarządzanie ryzykiem dostaw, współczynnikiem realizacji, optymalnym stanem magazynowym, elastycznością, czasem realizacji i kontrolą kosztów. Te korzyści muszą być brane pod uwagę przy określaniu, czy inicjatywy zrównoważonego zarządzania dostawami, takie jak ekologiczna logistyka, ekologiczna produkcja, recykling, ponowne wytwarzanie, projektowanie zrównoważonych produktów i procesów, zmniejszanie śladu węglowego oraz ocena cyklu życia i kosztorysowanie, są warte inwestycji, czy nie.

2.3. Widoczność łańcucha dostaw

W kontekście, w którym globalizacja powoduje zarówno rozwój i zarządzanie operacjami związanymi z produktami i usługami stają się one coraz bardziej złożone (Carter i in., 2015; Choi et al., 2001). Uczestnicy są coraz bardziej wymagający i świadomi wyzwań związanych ze zrównoważonym rozwojem w ciągu łańcucha dostaw (Duan i in., 2021). Łańcuchy dostaw obejmują zarządzanie przepływami informacji, finansów i materiałów — od pozyskania surowca do dostawy finalnej produktu/usługi zarówno klientom w transakcjach business-to-business (B2B), i/lub konsumentom w transakcjach między przedsiębiorcami, a konsumentami (B2C) (Bowersox i in., 2007). W tym kontekście tradycyjne podejście do identyfikacji uczestników reprezentowane przez np. Brysona, 2004; Freemana, 1984; Mitchella i in., 2016 należałoby zmienić na podejście skoncentrowane na kliencie lub firmie, przy jednoczesnym zrównoważonym rozwoju (por. Fritz i in., 2018). Podobnie jak etyka biznesowa, która jest najczęściej rozpatrywana z perspektywy firmy (np. Crane i Matten, 2016), podczas gdy kwestie etyczne często są związane z łańcuchami dostaw i dotyczą interesariuszy, takich jak konsumenci, partnerzy z branży, decydenci a także media (Park-Poaps i Rees, 2010; Wolf, 2014).

Teoria uczestników rynku, zdefiniowana przez Freemana (1984), znacząco przyczynia się do rozwoju strategii korporacyjnej poprzez poszerzanie wachlarza uczestników, z którymi firma powinna współpracować. Firmy nie powinny się skupiać tylko na interesie akcjonariuszy, ale także na innych, którzy są zdefiniowani jako „każda grupa osób lub osoba, która może wpływać lub jest odbierać wpływ poprzez osiągnięcie celów firmy” (Freeman, 1984). Przez odniesienie, na przykład do pracowników firm, klientów lub dostawców i innych grup, takich jak społeczności lokalne, rząd lub konkurencja, ta definicja ta rozszerza uwzględnienie interesów uczestników poza nią, będąc wcześniej ograniczonym spojrzeniem na samą firmę i jej akcjonariuszy. Biorąc to pod uwagę, szersza perspektywa jest niezbędna, aby firma mogła zapewnić sobie powodzenie działania i przetrwanie (UNGC, 2015). W tym celu opracowano różnorodne narzędzia wspierania identyfikacji, analizy i zaangażowania uczestników, by tym samym opracować bardziej odpowiedzialne strategie (Reed i in., 2009). Na przykład tęczy diagram (*rainbow diagram*) klasyfikuje uczestników według stopnia, w jakim mogą wpływać lub odbierać wpływ działalności firmy (Chevalier i Buckles, 2008). Macierz wpływu na zainteresowania (*interest-influence matrix*) to kolejne

narzędzie kategoryzujące uczestników według ich zainteresowania i wpływu na firmę (Reed i in., 2009). Narzędzia te wymagają jednak dogłębnej analizy uwzględniającej pełny łańcuch dostaw, w tym przepływy odgórne (*upstream*) i oddolne (*downstream*) elementów łańcucha dostaw, ich wzajemne relacje oraz samą firmę (Fritz i in., 2018).

Niewiele wiadomo o tym, jak połączyć zagadnienia związane z teorią rynku oraz zrównoważonym zarządzaniem łańcuchem dostaw (SSCM) (Busse i in., 2017; Pagell i Shevchenko, 2014) przy jednoczesnym włączeniu działań odgórnych, oddolnych oraz w szerszym pojęciu społecznym (Svensson i in., 2018).

Uznając, że celem łańcucha dostaw jest dostarczanie produktu / obsługi klientów / konsumentów przy jednoczesnym spełnieniu wymaganych wskaźników takich jak jakość, czas i koszty (Christopher, 1992; Ahi i Searcy, 2013), proponowana wizualizacja łańcucha dostaw określi jego uczestników oraz związany z nimi zrównoważony rozwój zmian, śledząc różne etapy, przez które produkt/usługa przechodzi od surowców do konsumenta końcowego (np. projektowanie, produkcja, dystrybucja). Podejście takie jest opracowywane w oparciu o temat konceptualizacji teorii uczestników zrównoważonego zarządzania łańcuchem dostaw. Uważa się, że powiązania między zrównoważonym zarządzaniem łańcuchem dostaw, teorią uczestników rynku oraz wyzwania związane ze zrównoważonym rozwojem można zrozumieć, korzystając z widoczności łańcucha dostaw (*Supply Chain Visibility – SCV*).

Zgodnie z Wielandem (2021) proponowany SCV oddala się od podejścia „redukcyjnego i statycznego” w SSCM. Ponadto SCV jest ma na celu podniesienie SSCM do wyższej rangi poprzez zapewnienie użytkownikom pełnego obrazu działań, dzięki którym można zrozumieć i zinterpretować wyzwania związane ze zrównoważonym rozwojem obejmujące aktualne wzorce produkcji i konsumpcji. Działania takie są wzmacniane poprzez sugerowanie użycia koncepcji psychologicznego „nastawienia na zrównoważony rozwój” (Rimanoczy, 2020) w celu rozszerzenia badań w SSCM, co jest potrzebne do eksploracji różnych poziomów SSCM (Wieland, 2021).

Poprzez identyfikację różnych poziomów łańcucha dostaw, kompleksowa analiza wzmaga dalsze zaangażowanie uczestników łańcucha w celu przyspieszenia przejście na zrównoważony rozwój, tak istotny dla przyszłości świata (Silva i de Campos, 2020). W przeciwieństwie do podejścia tradycyjnego skoncentrowanego na firmie lub kliencie, podejście uwzględniające wizualizację łańcucha dostaw określa produkt/usługę w centrum

procesu identyfikacji i wyraźnie obrazuje uczestników rynku, przepływy *upstream*, ognisko firmy, przepływy *downstream*, oraz elementy nie obejmujące łańcucha dostaw. Jest to określane jako „wizualizacja łańcucha dostaw (SCV) ze względu na identyfikację uczestników rynku oraz wyzwań związanych ze zrównoważonym rozwojem”. Podejście SCV identyfikuje szerszy zakres zainteresowanych stron oraz wyzwania związane ze zrównoważonym rozwojem bardziej niż tradycyjne podejście skoncentrowane na firmie lub kliencie, a tym samym ułatwia rozwój planowania działania, które odpowiadają oczekiwaniom uczestników rynku i wyzwań w zakresie zrównoważonego rozwoju. Umożliwia to również lepsze zrozumienie wyzwań związanych ze zrównoważonym rozwojem związanych z indywidualnymi wzorcami konsumpcji. W związku z tym SCV pozwala zwrócić uwagę na korzyści dla organizacji jakie płyną z jego stosowania. Są to m.in. dążenie do poprawy jej wyników w zakresie zrównoważonego rozwoju, w tym mniejsze ryzyko gospodarcze, środowiskowe, społeczne i etyczne; oraz pomoc osobom, które chcą poprawić swoje nastawienie do zrównoważonego rozwoju i podejmowania decyzji w tym zakresie.

Teoria uczestników rynku identyfikuje otoczenie firmy poprzez zdefiniowanie grupy osób i/lub osoby, na które firma wpływa lub które wpływają na firmę poprzez decyzje lub działania (Freeman, 1984). Uwzględniając otoczenie bliższe i dalsze przedsiębiorstwa, teoria ta dopuszcza rozwój swojej ogólnej strategii w celu zaspokojenia i ustalenia priorytetów dla swoich uczestników. Według Clementa (2005), teoria uczestników rynku prezentuje pięć głównych elementów. Pierwszy z nich, uznaje zwiększoną presję uczestników wywieraną na firmę. Drugi, identyfikuje wymogi prawne odpowiadające na oczekiwania uczestników, natomiast trzeci, wyjaśnia szerszy zakres odpowiedzialności dla kierownictwa najwyższego szczebla. Element czwarty, odnosi się do strategii opracowywanych przez przedsiębiorstwo i daje możliwość przypisywania różnych wag dla różnych grup uczestników. Wreszcie teoria uczestników rynku sprawia, że przedsiębiorstwa mogą poprawić swoje wyniki ekonomiczne, odpowiadając na oczekiwania wyżej wymienionych.

Podejście skoncentrowane na przedsiębiorstwie było szeroko stosowane w prezentowanych badaniach i opracowaniach (Reed i in., 2009). Według Günthera i Hüske (2015), teoria uczestników rynku może promować zrozumienie całościowo kwestie zrównoważonego rozwoju obejmujące środowisko, gospodarkę czy też elementy

społeczne. Jednakże, chociaż teoria uczestników rynku okazała się wysoce skuteczna w zarządzaniu strategicznym, okazuje się że podejście skoncentrowane na przedsiębiorstwie posiada kilka ograniczeń, zwłaszcza ze względu na rosnącą liczbę kwestii zrównoważonego rozwoju, dla których uczestnicy w wielu płaszczyznach dzielą się odpowiedzialnością.

Jednym z ograniczeń, według Ortsa i Strudlera (2002), teorii uczestników rynku jest to, że skupia się na ludziach zaangażowanych w działalność biznesową. Mówiąc dokładniej, wskazują na niepowodzenie tej teorii ze względu na trudność w zapewnieniu wskazówek etycznych dotyczących rozwiązywania problemów, takich jak kwestie środowiskowe, które nie dotyczą bezpośrednio ludzi (Orts i Strudler, 2002). Kolejne ograniczenie dotyczy braku spójności teorii uczestników rynku, w szczególności spójności i jasności w zrozumieniu wzajemnych interakcji (Heidrich i in., 2009).

Łańcuch dostaw składa się zatem z firmy, często nazywanej firmą centralną, która koordynuje zbiór dostawców i klientów dostarczających produkt lub usługę w oczekiwanej jakości, w oczekiwanym czasie oraz tempie (Christopher, 1992). Od końca XX wieku badacze poświęcają więcej uwagi na wyzwania związane ze zrównoważonym rozwojem w łańcuchach dostaw (Seuring i Müller, 2008; Seuring i in., 2022). Wyzwania te, do których należą m.in. praca dzieci, praca przymusowa (np. Yawar i Seuring, 2017) oraz emisja CO₂ i wytwarzanie odpadów niszczących środowisko (np. Bouzon i in., 2018), są konsekwencjami globalizacji gospodarki i konkurencji między uczestnikami łańcuchów dostaw (Gold i in., 2010), którzy chcą zrealizować produkty/usługi po jak najniższych kosztach dla firmy i klienta/konsumenta (Ahi i Searcy, 2013). Obok elementów tworzących negatywne efekty zewnętrzne związane z zarządzaniem łańcuchem dostaw, uważa się, że zarządzanie nimi może również przyczynić się do rozwoju bardziej zrównoważonych ekosystemów (Mohrman i Worley, 2010), jednak rola uczestników łańcucha dostaw w tym zakresie została zbadana jedynie w ograniczonym zakresie (Siems i Seuring, 2021).

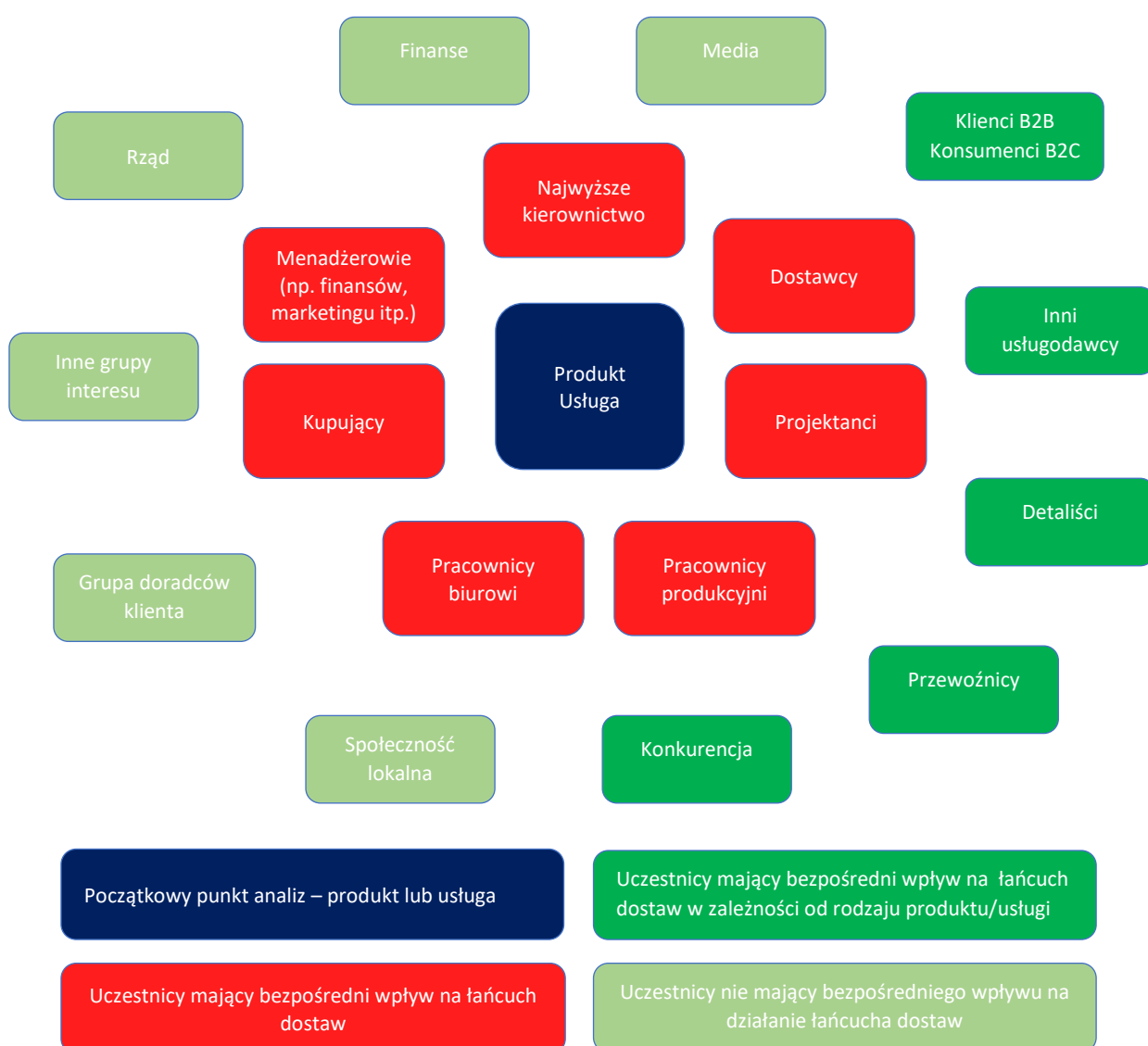
Uznaje się, że głównymi uczestnikami łańcucha dostaw są rząd, klienci i dostawcy (Seuring i Müller, 2008). Każdy z tych elementów ma wpływ na zrównoważony rozwój efektywności łańcucha dostaw poprzez wywieranie presji na firmę lub zapewnianie zachęt (np. zadowolenie, ryzyko utraty reputacji, przewaga konkurencyjna). Konkurencja i kierownictwo najwyższego szczebla również odgrywają tutaj pewną rolę (Dai i in., 2015; Kitsis i Chen, 2021). Poza kwestią nacisku i różnic wynikających z kierunków nacisku

wywieranych na łańcuchy dostaw, niewiele jest badań dotyczących relacji pomiędzy jego głównymi uczestnikami a zarządzaniem łańcuchem dostaw (Seles i in., 2016). Wpływ na zrównoważony rozwój łańcucha dostaw jest najczęściej rozpatrywany w kategoriach środowiskowych (np. ekoprojektowanie, odpowiedzialne zamówienia, produkcja ekologiczna czy zielona logistyka) (Lo, 2013; Graham, 2020). Realizacja zrównoważonego rozwoju w łańcuchu dostaw jest często konsekwencją tzw. „efektu byczego bicia” (*„green bullwhip effect”*) (Laari i in., 2016; Lee i in., 2014), czyli wpływu uczestników łańcucha dostaw na strategie uczestników przedsiębiorstwa (np. wprowadzanie przepisów dotyczących środowiska naturalnego). Inna istotna kwestia dotyczy działu zamówień przedsiębiorstwa i wywierania presji na dostawcach, aby traktowali priorytetowo dostawę towarów lub usług niskim kosztem, szybkim tempem, czy też kosztem ochrony środowiska, względami społecznymi lub etycznymi (np. Sancha i in., 2019). Inne przykłady mogą dotyczyć pracowników produkcyjnych, którzy często nie są zaangażowani w wysiłek w celu poprawy trwałości łańcucha dostaw (Starr i Bevis, 2010). Funkcje i specyficzne role dla łańcucha dostaw podkreślają potrzebę do rozważenia różnych typów pracowników i działów.

Próba charakterystyki SCV pozwala spojrzeć na SSCM jako istotne zagadnienia, ponieważ skupia się na celach zrównoważonego rozwoju korzystając ze wzorców produkcji i konsumpcji (cele zrównoważonego rozwoju – *Sustainable Development Goals* (SDG)). Analizy prowadzone w SSCM, aby były użyteczne, muszą być prowadzone wielopoziomowo (tj. obejmować wymiar: indywidualny, organizacyjny, sieciowy i makroekonomiczny). Ponadto dobre podwaliny teoretyczne pozwalają „pogłębiać wiedzę w dyscyplinie naukowej, kierować badaniami w kierunku kluczowych pytań i oświecać profesję zarządzania” (Van de Ven, 1989, s. 486). Mówiąc dokładniej, aspekty teoretyczne są przydatne aby wyjaśniać różne zjawiska (Frese, 2005) lecz nie powinny być zbyt złożone, aby umożliwić ich stosowanie przez praktyków (Craighead i in., 2016; Frese, 2005). W tym celu teoria uczestników łańcucha dostaw jest wykorzystywana do rozwoju SCV jako sposób na lepszą ich identyfikację oraz związanych z nimi wyzwań w zakresie zrównoważonego rozwoju poprzez stymulowanie myślenia systemowego i kierowanie uczestników łańcucha dostaw w kierunku spojrzenia zrównoważonego (Rimanoczy, 2020). Rzeczywiście, identyfikacja i skuteczniejsze angażowanie uczestników łańcucha dostaw zwiększa zaangażowanie pozostałych uczestników, które również wpływa na trwałość wydajności

łańcucha dostaw (Schöggel i in., 2016a) i w konsekwencji pozwala osiągnąć cele zrównoważonego rozwoju.

Identyfikacja uczestników łańcucha dostaw została przedstawiona na rysunku 9. Uczestnicy przedsiębiorstwa (np. osoby w różnych działach i jednostkach biznesowych); uczestnicy łańcucha dostaw (np. dostawcy i inne zainteresowane strony, które bezpośrednio przyczyniają się do wytwarzanie/projektowanie produktu/usługi); oraz spoza łańcucha dostaw (np. społeczności lokalne, które nie uczestniczą w produkcji/projektowaniu produktu/usługi, ale mogą mieć wpływ lub być pod wpływem tych działań).



Rysunek 9. Identyfikacja uczestników rynku z punktu widzenia widoczności łańcucha dostaw.

Źródło: opracowanie własne na podstawie Fritz i in., 2018.

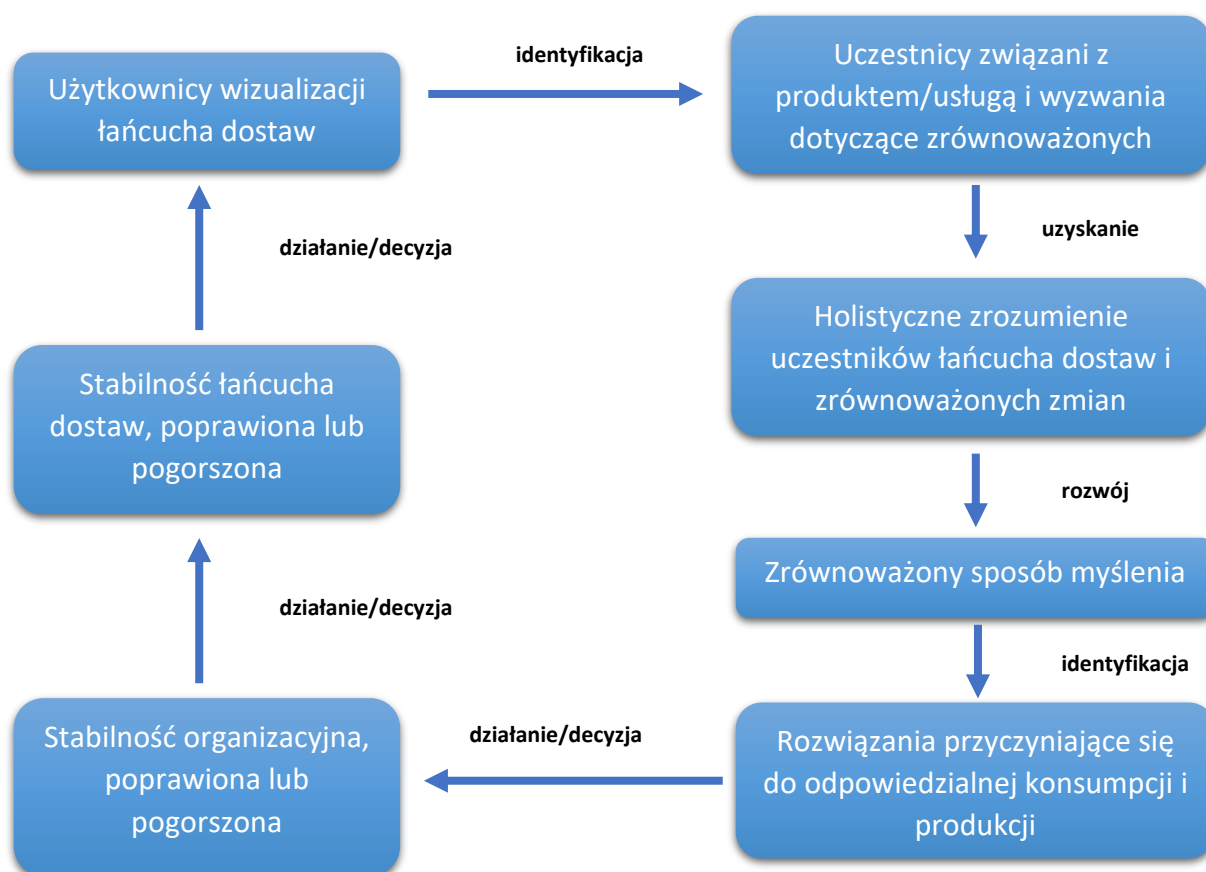
Wszyscy uczestnicy są powiązani produktem/usługą i dlatego też umieszczony jest on w centrum. Uczestnicy mogą mieć różne nastawienie do zrównoważonego rozwoju wpływając na decyzje SSCM na różne sposoby, dlatego jest to istotne aby odnieść się do poszczególnych wymiarów, których często brakuje w SSCM (Wieland, 2021) poprzez nazwanie uczestników (np. przewoźnika) zamiast używania terminów związanych z procesami łańcucha dostaw (np. transport). Zamiast używać szerokiego terminu „pracownik” jak w tradycyjnych podejściach w zarządzaniu uczestnikami rynku, rysunek przedstawia różne typy osób pracujących w firmie, ponieważ sposób myślenia o zrównoważonym rozwoju rozciąga się od osób, które mają różne uprawnienia i w różny sposób mają wpływ na firmę.

SCV kompleksowo identyfikuje różnych uczestników rynku zaangażowanych w rozwój, produkcję, dystrybucję, sprzedaż i konsumpcji produktu/usługi. Dotyczy to wspierania SDG 12 i innych celów związanych ze zrównoważonym rozwojem, które firmy, organizacje pozarządowe, decydenci polityczni, społeczności lokalne i inne zainteresowane strony muszą zostać jasno określone. SCV wydobywa informacje od uczestników w różnym kontekście społeczno-ekonomicznym (ponieważ większość łańcuchów dostaw ma charakter globalny i jest ze sobą powiązana – Gold i in., 2010). Wiedza ta pozwala zidentyfikować i rozwiązać wyzwania związane ze zrównoważonym rozwojem systemów produkcji i konsumpcji w całym szeregu instytucji i różnych kontekstach (np. gospodarki uprzemysłowione, rozwijające się, itp.). W takim wymiarze, wyzwania zrównoważonych zmian w SCV można zdefiniować jako: podejście, które umożliwia identyfikację wszystkich uczestników rynku związanych z produktem lub usługą w łańcuchu dostaw i poza nim, w celu wskazanie wszystkich potencjalnych punktów zapalnych w zakresie zrównoważonego rozwoju w oparciu o opinie decyzyjne, oczekiwania oraz wiedzę uczestników.

SCV można rozumieć jako proces identyfikacji uczestników rynku i powiązane z nimi wyzwania związane ze zrównoważonym rozwojem w celu poprawy zrównoważonego rozwoju łańcucha dostaw, wzmocnione przez stymulację nastawienia na zrównoważony rozwój (por. rysunek 10).

Zdefiniowany tak SCV wspiera użytkowników, takich jak menedżerowie, decydenci, firmy konsultingowe, instytuty badawcze, organizacje pozarządowe, politycy, osoby fizyczne i pozostałe zainteresowane strony, których celem jest zrozumienie i ulepszenie

łańcucha dostaw i praktyk zrównoważonego rozwoju w różnych kontekstach społeczno-ekonomicznych i kulturowych. Proces taki można stosować iteracyjnie w celu doprowadzenia do stabilnej, ulepszonej lub pogorszonej stabilności łańcucha dostaw w zależności od rozwoju i nastawienia użytkowników do zrównoważonego rozwoju i ich związanych z tym decyzji i działań.



Rysunek 10. Procesy zachodzące w wizualizacji łańcucha dostaw.

Źródło: opracowanie własne na podstawie Carmagnac, 2021.

SCV stanowić może rozwinięcie podejścia do teorii uczestników rynku poprzez umieszczenie jako rdzeń łańcucha dostaw (tj. produkt lub usługę) w centrum procesu identyfikacji uczestników rynku. Ten skoncentrowany na produkcie lub usłudze procesu — w przeciwieństwie do skoncentrowania się na firmie lub kliencie — bierze pod uwagę wszystkich uczestników łańcucha dostaw, którzy w nim uczestniczą.

Umieszczenie produktu lub usługi w centrum analiz i zidentyfikowanie wszystkich uczestników łańcucha dostaw (w organizacji oraz wewnątrz i na zewnątrz łańcucha dostaw) zachęca do identyfikacji wpływu uczestników rynku na środowisko i społeczeństwo. Podejście SCV jest istotne, ponieważ w wielowymiarowy sposób analizuje SCM w celu

zidentyfikowania, pomiaru i monitorowania wpływu produktu/usługi na środowisko i społeczeństwo (zob. Schöggli i in., 2016b).

Aby jednak całościowo zidentyfikować uczestników rynku, konieczne jest również zwrócenie uwagi na interesariuszy spoza łańcucha dostaw (np. agencje rządowe, federacje, stowarzyszenia konsumenckie) stanowią oni bowiem ważny czynnik napędzający SSCM (Seuring i Müller, 2008; Carmagnac, 2021). Uczestnicy ci, nie są zainteresowani sferą ekonomiczną w łańcuchu dostaw, natomiast skupiają uwagę jego wpływu na środowisko, czy też obszar społeczny (Pagell i Szewczenko, 2014). Ponadto, inwestorzy coraz częściej wymagają od firm udowodnienia swoich wyników w zakresie zrównoważonego rozwoju. SCV powinno zatem, sprostać tym wymaganiom i zwiększać stabilność łańcucha dostaw jednocześnie biorąc odpowiedzialność za pozytywne i negatywne skutki środowiskowe i społeczne. W przeciwieństwie do poglądu w którym menedżerowie koncentrują się na firmie lub kliencie uwzględniając tylko rentowność, mogą odznaczać się niezdolnością do zaspokojenia oczekiwań pozostałych uczestników rynku (Pagell i Szewczenko, 2014).

2.4. Podejście praktyczne do widoczności łańcucha dostaw

Nie trudno stwierdzić, że lepszy wgląd w złożone łańcuchy dostaw przekłada się na mniej zakłóceń, większe zadowolenie klientów i niższe koszty. Projekt widoczności łańcucha dostaw (SCV) umożliwia zespołom produktowym wykrywanie i naprawianie słabych punktów w łańcuchu dostaw, takich jak braki w zapasach lub problemy z realizacją zamówień, zanim staną się poważnymi problemami.

Widoczność łańcucha dostaw (SCV) to możliwość śledzenia poszczególnych komponentów, podzespołów i produktów końcowych w drodze od dostawcy do producenta do konsumenta. Zakres — na przykład, czy uwzględnione są surowce i czy przedmiot będzie śledzony od surowca do produktu finalnego czy na odwrót — zależy od typu produktu lub usługi.

SCV jest możliwe dzięki technologii zarządzania łańcuchem dostaw, która dostarcza w czasie rzeczywistym danych na temat logistyki a także innych aspektów łańcucha dostaw. Dane te pomagają firmom omijać niedobory zapasów, unikać wąskich gardeł, spełniać dyrektywy dotyczące zgodności i śledzić produkty aż do dostawy.

SCV może odnosić się do widoczności zarówno wewnątrz granic operacyjnych firmy, jak i w całej sieci partnerskiej. Pierwszy obszar jest wyraźnie mniejszym wyzwaniem — choć nadal nie jest proste — ponieważ firma kontroluje dostęp do odpowiednich źródeł danych. Na przykład śledzenie przemieszczania się elementu z fabryki w Chinach do zakładu montażowego w USA do dystrybutora hurtowego i dalej do klienta lub detalisty to wielopłaszczyznowa operacja wymagająca integracji różnych systemów partnerskich.

Technologie, takie jak oprogramowanie do zarządzania zakupami i zapasami oraz zamówieniami, umożliwiające osiągnięcie tego wglądu, są zazwyczaj częścią szerszego systemu planowania zasobów przedsiębiorstwa (*Enterprise Resource Planning ERP*).

Wśród kluczowych zagadnień obejmujących SCV można stwierdzić, że:

- widoczność łańcucha dostaw dotyczy nie tylko wewnętrznych operacji biznesowych, ale także zewnętrznych partnerów. Śledzi surowce poprzez produkcję i montaż, aż do gotowych produktów dostarczonych do klienta;
- nowoczesne łańcuchy dostaw są bardziej złożone niż kiedykolwiek wcześniej, ponieważ opierają się na różnorodnych sieciach dostawców na całym świecie;

- przejrzystość w tej często rozległej sieci może poprawić relacje z klientami i dostawcami, zwiększyć wydajność łańcucha dostaw i zwiększyć marżę zysku;
- poprawa widoczności łańcucha dostaw obejmuje automatyzację procesów łańcucha dostaw w celu uzyskania maksymalnej wydajności, inwestowanie w oprogramowanie do zarządzania łańcuchem dostaw i wykorzystywanie spostrzeżeń z oprogramowania do podejmowania decyzji.

Przez lata, w miarę jak firmy zlecały na zewnątrz więcej elementów swoich łańcuchów dostaw, coraz trudniej było im zachować kontrolę nad swoimi operacjami. W tym miejscu do gry wchodzi większa przejrzystość całego procesu lub widoczność łańcucha dostaw.

SCV opiera się na zdolności firmy do odpowiedniego i spójnego zarządzania i prowadzenia ewidencji wszystkich surowców i komponentów od dostawców i producentów w miarę ich przechodzenia przez łańcuch dostaw. Firmy muszą śledzić ruch wszystkich produktów zarówno wewnątrz jak i na zewnątrz swoich obiektów.

Często firmy inwestują w technologię zarządzania łańcuchem dostaw, która automatyzuje wiele procesów podatnych na błędy, zmniejsza koszty operacyjne i ogólne oraz sprawia, że informacje są widoczne w wielu działach odpowiedzialnych za zarządzanie łańcuchem dostaw. Korzystając z tej technologii, która poprawia SCV, firmy mogą zobaczyć stan surowców oraz wysyłki i przewidywane terminy dostaw zamówień zarówno od klientów, jak i dostawców.

Większy wgląd w tę sieć jest również przydatny we wzmacnianiu wewnętrznych procesów biznesowych, ponieważ może ostrzegać pracowników o nieefektywności i wskazywać poprawki, które powinni wprowadzić. Bez tych danych firmy byłyby narażone na duże ryzyko utraty sprzedaży i rozczarowania klientów niedokładną dostępnością produktów oraz niespójnymi lub nieistniejącymi informacjami o śledzeniu zamówień.

Ogólnym celem SCV jest gromadzenie lepszych informacji o operacjach łańcucha dostaw, poprawa efektywności, redukcja ryzyka, zwiększenie zadowolenia klientów i zwiększenie zysków. Firmy osiągają te wyniki dzięki ulepszonemu planowaniu, analizom i realizacji łańcucha dostaw zapewnianym przez oprogramowanie do zarządzania łańcuchem dostaw.

Sukces zależy od dostępu do współdzielonych danych w czasie rzeczywistym w każdym węźle w sieci łańcucha dostaw. Często oznacza to skonfigurowanie

scentralizowanego modułu kontrolnego, w którym oprogramowanie SCV analizuje dane dotyczące łańcucha dostaw, takie jak zapotrzebowanie na produkty, prognozy sprzedaży, dostępność materiałów i inne. Moduł taki staje się wszechstronnym źródłem informacji dla decydentów do przeglądania i zarządzania wszystkimi działaniami w łańcuchu dostaw firmy.

Widoczność łańcucha dostaw to szerokie pojęcie, a obszary łańcucha dostaw wymagające większej przejrzystości będą się różnić w zależności od branży i firmy. Decydując, jak i gdzie uzyskać lepszy wgląd w łańcuch dostaw, firmy powinny wziąć pod uwagę 4 główne obszary takie jak: lokalizacja ładunku, stawka za dostawę, analiza audytów i działania w łańcuchu dostaw.

Lokalizacja ładunku pozwala w czasie rzeczywistym określić lokalizację i status wysyłki ładunku co stanowi jedną z najważniejszych i podstawowych form SCV. Dostęp do dokładnej lokalizacji zamówienia pomaga firmie określić, kiedy zaplanować zakup i dostawę produktów, być na bieżąco z płatnościami i informować uczestników wewnętrznych i zewnętrznych o stanie materiałów i towarów. Wszystkie te ulepszenia mogą poprawić wydajność operacyjną. Biorąc pod uwagę, że klienci coraz częściej oczekują możliwości śledzenia swoich zakupów od momentu opuszczenia magazynu do momentu dotarcia do drzwi, widoczność lokalizacji ładunku również buduje zaufanie wśród klientów.

Stawki za dostawę określane są jako koszty związane z transportem ładunku. Dlatego wgląd w nie pomaga firmom zrozumieć, ile wydają na przesunięcia, wysyłkę i dostawę towarów. Ten proces był kiedyś znacznie prostszy, ale w miarę jak firmy zwiększają liczbę zamówień i dokładniej monitorują liczbę przesyłek, dostępnych przewoźników i potencjalne lokalizacje realizacji, sprawy zaczynają się komplikować. Pełna przejrzystość różnych stawek jest niezbędna zarządzającym łańcuchami dostaw do przeprowadzania analiz kosztów i korzyści oraz śledzenia wydatków firmy.

Wgląd w łańcuch dostaw dostarcza dokładnych i szczegółowych informacji na temat przeszłych transakcji, dokumentacji działań transportowych i nie tylko. Informacje te są nieocenione w procesie audytu, ponieważ umożliwiają firmom pełną kontrolę, przegląd i weryfikację zrealizowanych wcześniej zamówień. Większa przejrzystość procesu audytu znacznie ułatwia również przestrzeganie przepisów, co jest szczególnie ważne dla firm działających w wielu krajach.

Przejrzystość działań związanych z łańcuchem dostaw oznacza śledzenie ofert, potwierdzeń zamówień, konsumentów, dowodów dostawy i nie tylko, a następnie udostępnianie całej tej dokumentacji i zarządzanie nią. Pozwala to organizacjom śledzić każdą aktywność w łańcuchu dostaw, aby lepiej wykrywać, wskazywać źródło i reagować na wszelkie problemy, które mogą się pojawić.

Odpowiadając na pytanie – dlaczego widoczność łańcucha dostaw jest ważna? – można stwierdzić, że wgląd w wewnętrzne funkcjonowanie łańcucha dostaw dostarcza informacji na temat operacji, zadowolenia klientów, zgodności i rozwoju firmy (por. rysunek 11).

Nowoczesne łańcuchy dostaw mają charakter globalny. Rozszerzanie spostrzeżeń na zróżnicowaną sieć dostawców wymaga nie tylko odpowiedniego oprogramowania i wskaźników KPI, ale także poziomu zaufania i przejrzystości. To także jedyny sposób na uniknięcie problemów logistycznych, które mogą zaszkodzić relacjom z klientami i obniżyć marżę zysku.

Dostępność odpowiednich produktów we właściwych lokalizacjach we właściwym czasie ma fundamentalne znaczenie dla zadowolenia, utrzymania i pozyskiwania klientów. Co więcej, klienci zostali uwarunkowani, aby oczekiwać szybkiej dostawy i możliwości śledzenia swoich zamówień od rampy załadunkowej do drzwi.

Międzynarodowe łańcuchy dostaw stoją w obliczu ostrych wymogów regulacyjnych, w tym zmieniających się umów handlowych, zasad zamówień i taryf rządowych. Do tego dochodzi reputacja danej marki: czy wiadomo, że wszyscy partnerzy w łańcuchu dostaw postępują etycznie? SCV pomaga firmom monitorować i zarządzać zmiennymi, w tym niestabilnymi kursami wymiany walut, ekstremalnymi warunkami pogodowymi oraz niepokojami politycznymi lub społecznymi, które mogą opóźniać dostawy.

Łańcuch dostaw obejmuje znaczną część budżetów operacyjnych wielu firm, więc nieefektywność ma bezpośredni wpływ na wyniki finansowe. SCV pozwala firmom wykrywać i naprawiać nieefektywności w całym łańcuchu, a tym samym obniżać koszty.



Rysunek 11. Istotność widoczności łańcucha dostaw.

Źródło: opracowanie własne na podstawie

<https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/erp/supply-chain-visibility.shtml>

Stworzenie dobrze widocznego łańcucha dostaw może zrewolucjonizować działalność firmy poprzez poprawę interakcji i relacji z zewnętrznymi dostawcami i klientami.

Niezależnie od tego, czy firma musi monitorować dostawy i produkty w łańcuchu dostaw na poziomie partii czy pojedynczego elementu, śledzić bezpieczeństwo, certyfikaty prawne i materiałowe, informacje o zamówieniach i dostawcach, lokalizację i status różnych dostawców oraz datę produkcji są integralną częścią dobrze widocznego łańcucha dostaw.

Wysokiej jakości łańcuch dostaw pobiera dane nie tylko z wewnętrznych operacji, ale także z systemów dostawców, umożliwiając firmom szczegółowe śledzenie każdego komponentu, którego używa lub sprzedaje. Ta przejrzystość w stosunku do partnerów na wyższym szczeblu oznacza, że firmy są natychmiast powiadamiane o wszelkich problemach, dzięki czemu mają wystarczająco dużo czasu na rozwiązanie problemu lub znalezienie alternatywnego rozwiązania.

Producent z takim poziomem widoczności byłby w stanie najpierw śledzić przepływ surowców od źródła do poddostawcy lub dostawcy. Stamtąd firma może śledzić ruch tych materiałów lub komponentów, aż ostatecznie dotrą do zakładu produkcyjnego, gdzie są przekształcane w gotowe produkty. Nie tylko istniałaby dokumentacja wykorzystania

każdego surowca i komponentu w procesie produkcyjnym — do wykorzystania w przyszłości i do prowadzenia dokładnej ewidencji zapasów — ale po zakończeniu firma mogłaby zobaczyć dokładną lokalizację gotowych towarów. Gdy towary opuszczały fabrykę, firmy, które je zakupiły, byłyby w stanie śledzić ruch towarów na statkach, samolotach lub ciężarówkach przez odprawy celne lub inne punkty kontrolne. Gdy klient końcowy kupi te produkty, będzie mógł zobaczyć lokalizację i status wysyłki swojego zakupu, aż do momentu dostarczenia.

Jeśli klient zainicjował zwrot, odwrócona widoczność łańcucha dostaw umożliwiłaby firmie śledzenie zwróconego produktu, otrzymanie go i udokumentowanie, kiedy dotarł do centrum realizacji. Ostatecznie w najlepszym i najbardziej wydajnym łańcuchu dostaw istnieje mnóstwo komunikacji i informacji, które są stale wymieniane między wszystkimi uczestnikami łańcucha dostaw, aby zapewnić każdemu dostęp do najbardziej aktualnych danych.

2.5. Pętle zamknięte w zarządzaniu łańcuchem dostaw

Koncepcja łańcuchów dostaw o obiegu zamkniętym (*Closer Loop Supply Chain Management* – CL-SCM) została prowadzona aby uchwycić wymiar zarządzania łańcuchem dostaw (SCM) (De Angelis i in., 2018; Geissdoerfer i in., 2018; Farooque i in., 2019; Hussain i Malik, 2020; Lahane i in., 2020). Batista i in. (2018, s. 446) definiują zamknięte pętle w zarządzaniu łańcuchem dostaw jako „skoordynowane łańcuchy dostaw *forward* i *revers* za pośrednictwem celowej integracji ekosystemu biznesowego w celu tworzenia wartości z produktów/usług, produktów ubocznych i przepływów odpadów użytkowych przez wydłużone cykle życia, które poprawiają ekonomiczną, społeczną i środowiskową zrównowagę organizacji”.

Podstawą modelu gospodarki o obiegu zamkniętym (*Circular Economy* – CE) jest zamykanie różnych pętli w celu osiągnięcia zrównoważonych trybów produkcji i konsumpcji charakteryzujących się efektywnością wykorzystania zasobów, minimalizacją odpadów i regeneracją (Murray i in., 2017; Kalmykova i in., 2018). W literaturze SCM, wdrożenie modelu CE dotyczy projektowania i konsolidacji odpornych systemów, które są celowo wspierane przez samowzmacniające się pętle (Genovese i in., 2017; Geissdoerfer i in., 2018).

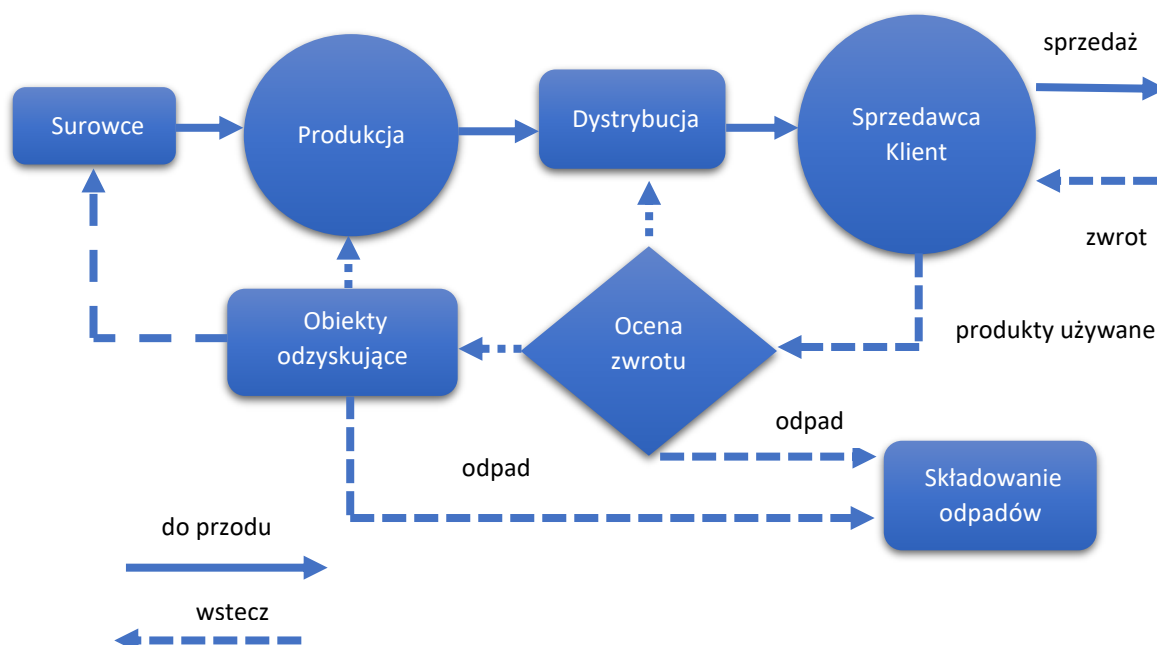
Praca Guide i Van Wassenhove (2009, s. 10) jest używana do zdefiniowania zarządzania CLSCM „jako projektowania, kontroli i działania systemu w celu maksymalizacji tworzenia wartości w całym cyklu życia produktu z dynamicznym odzyskiwaniem wartości z różnych typów i wolumenów zwrotów w czasie”. Zazwyczaj pierwszą cechą CLSCM jest zintegrowany łańcuch dostaw do przodu (*forward*) i do tyłu (*revers*) w celu wytwarzania, zwracania i odzyskiwania produktów (np. Govindan i Soleimani, 2017; MahmoudGonbadi i in., 2021). Łańcuch dostaw *forward*, znany również jako tradycyjny łańcuch dostaw lub liniowa gospodarka typu *take-makewaste*, to jednokierunkowy przepływ materiałów rozpoczynający się od ekstrakcji surowca, kontynuujący proces wytwarzania produktu i kończący się na pozbyciu się tego samego produktu przez klientów po jego użyciu (Souza, 2013). W kierunku przeciwnym do łańcuch dostaw *forward*, produkty przemieszczają się przez łańcuch dostaw *revers*. Łańcuch dostaw *revers* obejmuje nabywanie używanych produktów od klientów, odzyskiwanie wartości resztkowej produktów i ponowne wprowadzanie produktów na rynek (Gaur i Mani, 2018). Głównym pomysłem CLSCM jako

zintegrowanego łańcucha dostaw do przodu (*forward*) i zwrotnego (*revers*) jest odzyskiwanie produktów, a nie materiałów (np. Guide i Van Wassenhove, 2009). Skupienie się na produkcie jest zatem drugą cechą CLSCM i ponieważ oczekuje się, że producent pierwotny wykona odzyskiwanie produktu (np. Atasu i in., 2008), skupienie się na producencie jest trzecią cechą CLSCM. Konsekwencją pierwszych trzech cech CLSCM jest to, że sprzedaż nowych produktów ogranicza podaż produktów używanych (Guide i Van Wassenhove, 2009), co oznacza, że ograniczenia podaży pojawiają się jako czwarta cecha CLSCM. Ponadto piątą cechą CLSCM jest to, że na rynku umieszczane są produkty z odzysku stanowiące doskonałe substytuty produktów nowych, innymi słowy sprzedaż produktów regenerowanych w ten sam sposób i na tych samych rynkach, co produkty nowe (Asif i in., 2012; Fleischmann i in., 2001).

CLSCM, jako konfiguracje łańcucha dostaw, w których produkty wracają do producenta pierwotnego w celu ponownego przetworzenia, aby być sprzedawane jako doskonałe substytuty na rynkach pierwotnych (np. Asif i in., 2012), to wąska definicja, którą literatura CLSCM była zmuszona z czasem poszerzyć. Było to konieczne, aby uchwycić cechy zarówno przepływów produktów i materiałów, jak i rynków wtórnych, które w przeciwnym razie znalazłyby się poza granicami zamkniętego systemu. Moderowanie skupienia na produkcie CLSC umożliwia przesunięcie skupienia na odzyskiwanie modułów, komponentów, części i materiałów (Guide i Van Wassenhove, 2009). Zmniejszenie skupienia na producentach umożliwia włączenie niezależnych podmiotów odzyskujących produkty, takich jak zewnętrzni regeneratorzy działający jako dostawcy dla producentów pierwotnych (Atasu i in., 2008). Złagodzenie wymogu zintegrowanego do przodu i zwrotnego łańcucha dostaw umożliwia również działanie niezależnych zwrotnych łańcuchów dostaw co jest powszechne na przykład w recyklingu (Souza, 2013). W takich otwartych systemach złagodzenie ograniczeń podaży nowych produktów ma sens, ponieważ systemy te bardziej przypominają tradycyjne modele nieograniczonych dostaw (Guide i Van Wassenhove, 2009). Ponadto, złagodzenie idei doskonałych substytutów ma znaczenie w przypadku produktów, gdy klienci rozróżniają produkty wytworzone i ponownie wytworzone na rynkach (Akçali i Çetinkaya, 2011), a także w przypadku produktów ponownie wytworzonych sprzedawanych na rynku wtórnym (Asif i in., 2012).

Praktyki CE do tej pory działały w interesie dużych korporacji, które starały się ustanowić zarówno materialną, jak i niematerialną kontrolę nad używanymi produktami

(Raworth, 2017), co może być powodem dużego zainteresowania CLSC. Jednak w CE łańcuchy dostaw mają rozszerzoną rolę nie tylko w zakresie odzyskiwania produktów, ale także recyklingu materiałów i minimalizacji odpadów. Oznacza to naśladowanie pętli materiałowych i energetycznych w naturze, gdzie jeden proces zasila inny w ekosystemie (Geissdoerfer i in., 2018; Murray i in., 2017).



Rysunek 12. Ogólny schemat przepływu do przodu i wstecz w procesie logistycznym.

Zróżło: opracowanie własne na podstawie Tonanont i in., 2008.

Schemat 12 ilustruje ogólny łańcuch dostaw do przodu i wstecz. Przepływy do przodu są oznaczone liniami ciągłymi natomiast wsteczne przerywanymi. Na etapie oceny zwrotu podejmowane są decyzje dotyczące produktów zwrotnych. Decyzja może polegać na przekazaniu produktu na odpad lub do obiektu odzyskującego. Tam następuje kolejna weryfikacja pozwalająca wybrać trzy możliwości – przekazać element do działu surowców, produkcji lub składowania odpadów. Ta schematyczna ilustracja przepływu w cyklu logistycznym w prosty sposób obrazuje zamkniętą pętlę łańcucha dostaw.

Warto nadmienić, że przepływy wsteczne, w swojej ogólnej formie, zaczynają się od użytkowników końcowych (pierwszych klientów), gdzie zużyte produkty są odbierane od klientów (produkty zwrotne), a następnie podejmowane są próby zarządzania produktami poprzez różne decyzje, w tym recykling (aby mieć więcej surowców lub części), ponowną produkcję (aby je odsprzedać na rynkach wtórnych lub jeśli to możliwe klientom pierwotnym), naprawę (aby sprzedać na rynkach wtórnych poprzez naprawę) i wreszcie utylizację niektórych zużytych części.

3. Metodologia prowadzonych badań

W poniższym rozdziale opisano zastosowaną metodologię prowadzonych badań i analiz. Przedstawiono przebieg pozyskiwania danych wraz z określeniem jakiego typu dane były potrzebne. W dalszej części scharakteryzowano modele wygładzania wykładniczego, z wyróżnieniem modelu Browna, Holta i Wintersa. Dodatkowo opisano modele autoregresyjne, skupiając się w szczególności na modelu korekty błędem.

3.1. Proces pozyskiwania danych do analiz

Uzyskanie rzetelnych danych w celu opracowania odpowiedniej procedury badawczej jest kluczowym procesem w przeprowadzaniu każdego badania. Stanowi to w późniejszym okresie fundament podejmowania świadomych i dobrych decyzji biznesowych. Jest to złożone zadanie, które wymaga zrozumienia struktury danych w firmie, identyfikacji potrzeb analitycznych oraz zastosowania odpowiednich metod i narzędzi. Wśród metodologii badań jakie są dostępne podjęto działania mające na celu wybór najlepiej pasujących do zrealizowania postawionego celu badań. Skupiając się na badaniach ilościowych wyróżnić można zastosowanie analizy badań pierwotnych w badanym przedsiębiorstwie (nie podejmowanych wcześniej, wykorzystując dane będące w posiadaniu analizowanego podmiotu).

Na początku określono jakiego okresu będą dotyczyć dane. Badana firma dysponowała danymi od roku 2018. Częstotliwość pozyskiwanych danych to okresy miesięczne.

W kolejnym kroku zidentyfikowano potrzeby analityczne tj. określono czego będą dotyczyć pozyskiwane dane. Ustalono, że udostępnione zostaną dane sprzedażowe z podziałem na poszczególne kraje. Dużą część danych stanowiły dane dotyczące poziomu zapasów w przedsiębiorstwie oraz ich pochodzenia ze względu na kraj dostawcy. Informacje te posłużyły do zbudowania ekonometrycznych modeli wielorównaniowych zarówno dla sprzedaży jak i dostawców.

Następnie zlokalizowano źródła niezbędnych danych. Badany podmiot dysponuje zintegrowanym systemem CRM, z którego pozyskano niezbędne informacje. Kluczowym stało się utworzenie odpowiednich zapytań do bazy danych, aby wydobyć potrzebne informacje.

Dane te zostały później przetworzone i zapisane w plikach Excel. Pozostawały one w dyspozycji jedynie osób z odpowiednimi uprawnieniami, zgodnie z polityką bezpieczeństwa firmy.

W kolejnym kroku nastąpiła transformacja danych w celu przygotowania ich do dalszych analiz. Etap ten obejmował ujednolicenie otrzymanych plików z różnych źródeł, agregację danych w odpowiednie stopy, czyszczenie z błędów oraz agregację. Uzyskane w ten sposób dane zostały poddane w dalszej części przeliczone na walutę euro, dodatkowo dokonano transformacji danych na ceny stałe z października 2024 roku.

Zbudowanie odpowiedniej bazy danych do dalszych analiz było procesem czasochłonnym i trudnym. Stanowiło długi, wieloetapowy proces. Budując bazę danych wykorzystaną w dalszych analizach położono szczególny nacisk na ich bezpieczeństwo, a w szczególności jakość uzyskanych informacji.

Tak przygotowane dane zostały poddane dogłębnej analizie wykorzystującej pakiet obliczeniowy GRET. Analizy obejmowały agregację i dezagregację danych, na podstawie których dokonywano przeliczeń modeli szeregów czasowych. Dokonano licznych eksperymentów analitycznych w celu wyłonienia i zaproponowania najlepszych metod eksploracji danych. Pozyskane w ten sposób wyniki obliczeń, posłużyły do wyciągnięcia dalszych wniosków w badanych obszarach zarządzania przedsiębiorstwem.

Odnosząc się do badań jakościowych posłużono się wywiadami pogłębionymi z kadrą zarządzającą badanego przedsiębiorstwa, w celu uzyskania dogłębnych informacji na temat ich opinii oraz doświadczeń w analizowanej tematyce zagadnień związanych z respondentami w celu uzyskania dogłębnych informacji na określony temat. W kontekście pozyskiwania danych z przedsiębiorstwa, wywiady pogłębione są cennym narzędziem do zrozumienia perspektyw, doświadczeń, opinii i motywacji kluczowych interesariuszy organizacji.

Wywiady były przeprowadzane z osobami ściśle związanymi z przedsiębiorstwem, mającymi pełne informacje na temat zarządzania w badanych obszarach. Pozwoliło to lepiej zrozumieć specyfikę prowadzonej działalności firmy, poznać unikalny charakter poszczególnych podejść do badanych zagadnień. Tego typu badanie ukazało także indywidualne, szczegółowe przemyślenia, opisy sytuacji oraz opinie. Prowadzone rozmowy miały na tyle elastyczny charakter, że pozwoliły zaktywizować wcześniej nie zauważone wątki istotnych badań i zależności w obszarze zarówno zapasów, dostawców czy sprzedaży.

Możliwość przeprowadzania wywiadów pogłębionych ukazało także specyficzne uwarunkowania badanego podmiotu, kulturę firmy, a także relacje jakie panują pomiędzy działami czy nawet poszczególnymi pracownikami.

Wywiady pogłębione stanowią pomocne narzędzie do uzyskania rzetelnych, jakościowych danych z podmiotu, pozwalającym często na dogłębne zrozumienie złożonych zjawisk, perspektyw i motywacji kluczowych dla interesariuszy. Chociaż nie dostarczają danych statystycznych na dużą skalę, oferują unikalny wgląd w to dlaczego pewne rzeczy się dzieją w organizacji. Taki sposób pozyskiwania informacji może również pozwolić uzyskać informacje bardziej ukryte, które nie są zazwyczaj ujawniane w bardziej formalnych metodach zbierania danych.

3.2. Modele wygładzania wykładniczego

W planowaniu poziomu zapasów przedsiębiorstwie często stosuje się modele wygładzania wykładniczego. Wśród nich wymienić można model Browna, Holta czy Wintersa. Model Browna, znany również jako metoda pojedynczego wygładzania wykładniczego (SES – *Single Exponential Smoothing*) stosowany jest zwykle dla szeregów czasowych o stałym poziomie, niewielkim trendzie oraz umiarkowanych wahaniach przypadkowych. Jednoparametrowy model Browna można opisać równaniem (7):

$$\hat{Y}_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha) \hat{Y}_{t-1} \quad (7)$$

dla $t = 2, \dots, n$

gdzie:

$\hat{Y}_t$ – wartości wygładzone zmiennej prognozowanej (obliczone na okres t);

$\hat{Y}_{t-1}$ – wartości wygładzone zmiennej prognozowanej (obliczone na okres poprzedni $t-1$);

α – stała wygładzania (parametr wyrównywania wykładniczego) przyjmujący wartości z przedziału $(0,1)$;

Y_t – wartości empiryczne szeregu czasowego od $t = 1$ do n ;

t – numer obserwacji;

n – liczba obserwacji.

Wyznaczenie wygładzonych wartości zmiennej prognozowanej $\hat{Y}_t$ (czyli prognoz wygaśniętych – ex post) należy rozpocząć od warunków początkowych, tj. $\hat{Y}_t = Y_t$. Dodatkowo, stałą wygładzania α ustala się najczęściej metodą prób i błędów, a za najlepszą wartość przyjmuje się taką dla której otrzymuje się największą zgodność obserwacji empirycznych z wartościami wygładzonymi (por. Mróz, 2021). Prognozę dla okresu T oblicza się za pomocą formuły (8):

$$\hat{Y}_{t+h} = \hat{Y}_t + h(\hat{Y}_t - \hat{Y}_{t-1}) \quad (8)$$

gdzie:

$\hat{Y}_{t+h}$ – prognoza zmiennej y_t w okresie T ;

$t+h$ – okres, dla którego wyznaczana jest prognoza;

$\hat{Y}_t$ – wartości wygładzone zmiennej prognozowanej (obliczone dla ostatniego okresu $t=n$);

n – liczba obserwacji;

h — liczba jednostek prognozy ($h = t - n$);

$\hat{Y}_{t-1}$ — wartości wygładzone zmiennej prognozowanej (obliczone dla przedostatniego okresu $t = n - 1$).

Warto wspomnieć, iż prognoza liczona tą metodą jest wyznaczana w sposób sekwencyjny wg. Poniższego algorytmu:

- 1) ustalenie warunków początkowych,
- 2) obliczenie wartości wygładzonych zmiennej prognozowanej (prognoz wygasłych),
- 3) obliczenie błędu średniokwadratowego prognoz wygasłych,
- 4) dobór parametru α na podstawie najmniejszego błędu średniokwadratowego prognoz wygasłych,
- 5) obliczenie wartości prognoz na poszukiwane kolejne okresy T ($T > n$),
- 6) określenie wielkości błędu obliczonej prognozy.

Model Holta stanowi rozszerzenie prostego modelu wygładzania wykładniczego po to, aby móc prognozować zjawiska z trendem (model ten zwany jest również jako podwójne wygładzanie wykładnicze (DES – *Double Exponential Smoothing*). Przyjmuje on postać równań (9), (10) i (11):

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (9)$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (10)$$

$$\hat{Y}_{t+h} = L_t + hT_t \quad (11)$$

gdzie:

L_t — poziom zjawiska w czasie t ;

α — stała służąca do wygładzania poziomu zjawiska;

T_t — trend w czasie t ;

β — stała służąca do wygładzania zmian trendu.

Poziom zjawiska L_t można odnieść do stałej w wartości prognozowanej, natomiast zmiany wielkości T_t będą odpowiadać kierunkowi i szybkości zmian. Wielkości te w opisywanym modelu ulegają zmianom w czasie, w zależności od występujących prawidłowości (poziomu i kierunku trendu).

Model Wintersa jest uogólnieniem metody Holta (występuje często pod nazwą wygładzania wykładniczego Holta-Wintersa) i stosuje się go w przypadku szeregów czasowych z tendencją rozwojową, wahaniami sezonowymi oraz wahaniami

przypadkowymi. Ten model występuje w dwóch wariantach, uwzględniając sezonowość multiplikatywną (względny poziom wahań sezonowych jest stały) lub addytywną (bezwzględny poziom wahań sezonowych jest w przybliżeniu stały) (Wojciechowski i Wojciechowska, 2015). W modelu Wintersa występują trzy stałe wygładzania. W modelu multiplikatywnym stosuje się następujące zależności (Zeliaś i in., 2004):

$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{C_{t-r}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (12)$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (13)$$

$$C_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma)C_{t-r} \quad (14)$$

gdzie:

L_t – wygładzona wartość zmiennej prognozowanej w okresie t ;

T_t – wygładzona wartość przyrostu trendu w okresie t ;

C_t – ocena wskaźnika sezonowości w okresie t ;

r – długość cyklu sezonowego (liczba faz cyklu);

α, β, γ – parametry modelu o wartościach z przedziału $[0,1]$.

Równanie prognozy na okres $T > n$ przyjmuje postać:

$$\hat{Y}_{t+h} = (L_t + hT_t)C_{t-r} \quad (15)$$

Natomiast model addytywny przyjmuje postać równań (16), (17) i (18):

$$L_t = \alpha(Y_t - C_{t-r}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (16)$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (17)$$

$$C_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)C_{t-r} \quad (18)$$

Równanie prognozy na okres $T > n$ przyjmuje postać:

$$\hat{Y}_{t+h} = L_t + hT_t + C_{t-r} \quad (19)$$

Do budowy liniowego modelu wygładzania wykładniczego Wintersa potrzebne są początkowe wartości L_t , T_t i C_t . Proponuje się dla komponentu L_t można przyjąć rzeczywistą wartość zmiennej z szeregu czasowego odpowiadającą pierwszej fazie drugiego cyklu lub średnią wartość z pierwszego cyklu, dla komponentu T_t można przyjąć różnicę średnich wartości z drugiego i pierwszego cyklu bądź przyjąć 0, natomiast dla komponentu C_t (w kolejnych fazach pierwszego cyklu) można przyjąć ilorazy wartości rzeczywistej zmiennej z pierwszego cyklu.

3.3. Modele autoregresyjne

Podstawy teoretyczne na temat szeregów czasowych można odnaleźć w licznej literaturze w tym obszarze. Są to opracowania m.in.: Mills'a (1990), Franses'a (1998), Patterson'a (2000) czy Enders'a (2004). Bardziej szczegółowe informacje można także znaleźć w pracach Banerjee'a, Dolado, Galbraith'a i Hendry'ego (1993), Hamilton'a (1994), Johansen'a (1995) czy Maddali i Kim'a (1998).

Próby rozwiązania podstawowych problemów związanych ze specyfikacją modelu ekonometrycznego można znaleźć w koncepcji modelowania – od ogólnego do szczegółowego. Zakłada ona, że poprawny empiryczny model ekonometryczny można zbudować zaczynając od dużego modelu oraz stopniowe redukowanie jego wielkości oraz przekształcenie zmiennych na podstawie testów dotyczących rozmaitych liniowych i nieliniowych warunków ograniczających (Charemza i Deadman, 1997).

Wśród grupy modeli autoregresyjnych wyróżnić można model typu ARMA (*Autoregressive Moving Average*). Jest to jeden z najczęściej stosowanych modeli w analizach szeregów czasowych. Model ARMA składa się z dwu części – autoregresyjnej (AR) oraz ruchomej średniej (MA). Część autoregresyjna (AR) rzędu p odnosi się do modelowania bieżącej wartości szeregu czasowego jako liniowej kombinacji jego poprzednich wartości. Jego postać można opisać równaniem (20):

$$X_t = \Phi_1 X_{t-1} + \Phi_2 X_{t-2} + \dots + \Phi_p X_{t-p} + \varepsilon_t \quad (20)$$

gdzie:

X_t – bieżąca wartość szeregu czasowego;

ϕ_i – współczynnik modelu AR;

p – rząd modelu AR;

ε_t – składnik losowy.

Natomiast część średniej ruchomej (MA) rzędu q odpowiada za modelowanie bieżącej wartości szeregu czasowego jako liniową kombinację przeszłych wartości błędów. Model ten można wyrazić jako:

$$X_t = \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (21)$$

gdzie:

Θ_i – współczynnik modelu MA;

q – rząd modelu AR;

ε_t – składnik losowy.

W momencie połączenia powyższych części w jeden model otrzymuje się ogólny model ARMA postaci:

$$X_t = \Phi_1 X_{t-1} + \Phi_2 X_{t-2} + \dots + \Phi_p X_{t-p} + \varepsilon_t + \Theta_1 \varepsilon_{t-1} + \Theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \Theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (22)$$

gdzie:

p – rząd części autoregresyjnej;

q – to rząd części ruchomej średniej.

Modele ARMA są wykorzystywane do modelowania i prognozowanie szeregów czasowych, które mają charakter stacjonarny, co oznacza, że ich charakter jest stały w czasie. Pozwalają na skuteczne ustalanie prognoz w krótkim horyzoncie czasu i są często wykorzystywane w modelowaniu zjawisk ekonomicznych. Można dodać, że modele ARMA pozwalają na wszechstronną analizę szeregów czasowych dzięki połączeniu autoregresji i średniej ruchomej, są efektywne w prognozowaniu krótkoterminowym i dają lepsze wyniki niż prostsze modele, są szeroko stosowane w praktyce co ułatwia ich implementację i interpretację wyników.

Często teoria ekonomiczna sugeruje istnienie długoterminowych lub stabilnych relacji. Istnienie długoterminowej relacji ma również swoje implikacje dla krótkoterminowego zachowania zmiennych zintegrowanych w stopniu pierwszym, ponieważ musi istnieć jakiś mechanizm, który kieruje zmienne do ich długoterminowej relacji równowagi. Mechanizm ten jest modelowany przez mechanizm korekcji błędów, w którym „błąd równowagi” również napędza krótkoterminową dynamikę szeregu (Verbeeck, 2005).

Modelem, który jest w stanie opisać powyższe zjawisko, zaliczanego do dynamicznych modeli ekonometrycznych jest model korekty błędem (ECM – *Error Correction Model*). Model ten pozwala na określenie dynamicznych zależności między zmiennymi. Dodatkowo umożliwia analizę krótkoterminowych fluktuacji wokół długoterminowej równowagi, uwzględniając jednocześnie teoretyczne powiązania długoterminowe. Model w swojej strukturze składa się z dwu części: krótkoterminowych

dynamik oraz elementu korekty błędem, który uwzględnia odchylenia od długoterminowej równowagi.

Rozważania dotyczące modelu ECM należałoby rozpocząć od przedstawienia uogólnionego modelu z autoregresyjnym rozkładem opóźnień ADL (*Autoregressive Distributed Lag*) z parametrami (S, Q, K):

$$Y_t = \alpha_0 + \sum_{s=1}^S \alpha_s Y_{t-s} + \sum_{k=1}^K \sum_{q=0}^Q \beta_{kq} X_{k,t-q} + \varepsilon_t \quad (23)$$

gdzie:

S – rząd opóźnień zmiennej objaśnianej $s = 1, \dots, S$;

Q – najwyższy z rzędów opóźnień zmiennych objaśniających $q = 1, \dots, Q$;

K – liczba zmiennych objaśniających $k = 1, \dots, K$.

Jeżeli dla uproszczenia w modelu będzie występować tylko jedna zmienna objaśniająca (K=1) oraz opóźnienia będą jednookresowe (Q=1), wówczas model ADL (1, 1, 1) przyjmie następującą postać:

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{t-1} + \beta_0 X_t + \beta_1 X_{t-1} + \varepsilon_t. \quad (24)$$

Przechodząc do modelu ECM, w którym występują dwie zmienne czasowe Y_t i X_t , wówczas można zapisać go jako:

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \beta_0 \Delta X_t + (\alpha_1 - 1) Y_{t-1} + (1 - \alpha_1) \delta_0 X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (25)$$

gdzie:

Δ – operator różnicowania (oznacza przyrosty);

α_1 – współczynnik korekty błędem;

β_0 – mnożnik krótkookresowy;

δ_0 – mnożnik długookresowy;

ε_t – składnik losowy.

Parametr β_0 nazywany jest mnożnikiem krótkookresowym. Mierzy on siłę natychmiastowej reakcji zmiennej objaśnianej na zmianę wartości zmiennej objaśniającej. Natomiast parametr δ_0 jest określany mianem mnożnika długookresowego i mówi on o relacjach jakie zachodzą w długim horyzoncie czasu pomiędzy badanymi zmiennymi. Zatem interpretacja wyników w głównej mierze polega na ocenie wyznaczonych parametrów β_0 i δ_0 . Ponadto, im silniejsza jest iteracja procesu, mierzona wielkością

parametru α_1 , tym słabsza jest korekta z tytułu błędu równowagi. Poza tym, brak stabilności w modelu ADL jest jednoznaczny z brakiem mechanizmu korekty błędem. Zachodzi wówczas relacja $\alpha_1 - 1 \geq 0$, co implikuje zależność mówiącą o coraz większym odchyłaniu się badanego zjawiska od ścieżki długookresowej, lub co gorsza $\alpha_1 - 1 \leq -1$, co oznaczałoby że oscylacje wokół trajektorii równowagi będą miały charakter rosnącej amplitudy. Zatem, w trakcie analiz należy zwrócić szczególną uwagę na wielkość wyrażenia $\alpha_1 - 1$.

Współczynnik α_1 mierzy siłę mechanizmu korekty błędem. Jeśli wartość ta jest bliska 0, oznacza to, że powrót do długoterminowej równowagi badanego procesu jest powolny. Jeśli natomiast α_1 jest bliskie 1 (lub -1) oznacza to szybki powrót do poziomu równowagi. Współczynnik β_0 bada jaka jest krótkoterminowa relacja pomiędzy badanymi zmiennymi. Model ECM pozwala na jednoczesne uchwycenie krótko- i długoterminowych zależności pomiędzy badanymi wielkościami, a także może być stosowany do różnych typów danych i analiz. Jest szczególnie przydatny w analizach, gdy badane procesy wykazują tendencję do powrotu do stanu równowagi w dłuższym okresie. Pozwala na odpowiednie wychwycenie zależności, kiedy reakcja na zmiany czynników je determinujących jest opóźniona w czasie. Może także wykorzystywany być do prognozowania, z uwzględnieniem wartości bieżących, jak i długoterminowych tendencji.

Aby zastosować standardowe procedury szacowania lub testowania w dynamicznym modelu szeregów czasowych, zazwyczaj wymagane jest, aby różne zmienne były stacjonarne, ponieważ większość teorii ekonometrycznej opiera się na założeniu stacjonarności (Verbeeck, 2005).

Proces stochastyczny można scharakteryzować jako łączny rozkład zmiennych X_t . Jest to jednak bardzo skomplikowane i raczej nie stosowane w praktyce. Najczęściej zdefiniowane zostają pierwsze i drugie momenty rozkładu zmiennych X_t w poniższy sposób:

- średnia $\mu(t) = E(X_t)$,
- wariancja $\sigma^2(t) = \text{var}(X_t)$,
- autokowariancja $\gamma(t_1, t_2) = \text{cov}(X_{t_1}, X_{t_2})$.

Wśród procesów stochastycznych występują procesy stacjonarne mające znaczący związek ze stacjonarnymi szeregami czasowymi. Można powiedzieć, że szereg czasowy ma charakter ściśle stacjonarny, jeżeli łączny rozkład dowolnego zbioru n obserwacji $X(t_1), X(t_2), \dots, X(t_n)$ jest identyczny z łącznym rozkładem $X(t_1+k), X(t_2+k), \dots, X(t_n+k)$ dla wszystkich n i k . Tak zdefiniowana ścisła stacjonarność jest prawdziwa dla wszystkich wartości n . Przyjmując

za $n = 1$, otrzymamy $\mu(t) = \mu$, czyli wartość stałą, oraz $\sigma^2(t) = \sigma^2$, również stałą dla wszystkich wartości t . Analizując dalej, dla $n = 2$, okaże się, że łączny rozkład $X(t_1)$ i $X(t_2)$ jest taki sam jak rozkład $X(t_1+k)$ i $X(t_2+k)$. Używając zapisu $t_1+k = t_2$, łatwo zauważyć, że rozkład ten zbieżny z rozkładem $X(t_2)$ i $X(t_2+k)$, czyli zależy od różnicy (t_2-t_1) określanej opóźnieniem. Funkcję autokowariancji $\gamma(t_1, t_2)$ można zatem zapisać jako $\gamma(k)$, gdzie $k = (t_2-t_1)$ czyli jest równe opóźnieniu. Zatem $\gamma(k) = \text{cov}[X(t), X(t+k)]$ jest współczynnikiem dla opóźnienia k . Funkcja $\gamma(k)$ jest nazywana funkcją autokowariancji, a $\gamma(0) = \sigma^2$. Ponieważ $\text{var } X(t) = \text{var } X(t+k) = \sigma^2 = \gamma(0)$ współczynnik autokorelacji $\rho(k)$ dla opóźnienia k jest równy:

$$\rho(k) = \frac{\gamma(k)}{\gamma(0)}. \quad (26)$$

Funkcja $\rho(k)$ nazywana jest funkcją autokorelacji (ACF), natomiast wykres tej funkcji – korelogramem.

Prócz ścisłej stacjonarności, z praktycznego punktu widzenia, częściej korzysta się ze stacjonarności słabej. W tym przypadku ograniczenia dotyczą jedynie pierwszych i drugich momentów. Szereg czasowy można nazwać słabo stacjonarnym, jeżeli jego średnia jest stała a funkcja autokowariancji zależy wyłącznie od opóźnienia, a zatem:

- $E[X(t)] = \mu$ oraz
- $\text{Cov}[X(t), X(t+k)] = \gamma(k)$.

W tym przypadku nie dokonuje się dodatkowych założeń odnośnie momentów wyższych rzędów (por. Maddala, 2013).

Wspominając o modelu ECM nie można pominąć zjawiska kointegracji, które stanowi podstawę zastosowania tego typu modelu. Kointegracja jest zjawiskiem pojawiającym się w analizie szeregów czasowych i odnosi się do długofalowego związku pomiędzy dwoma (lub więcej) niestacjonarnymi zmiennymi. Badana zmienna będzie podlegać niestacjonarności jeżeli jej średnia i wariancja nie będą stałe w czasie. Kointegracja pozwala modelować długoterminowe zależności między zmiennymi, które nie są stacjonarne samodzielnie, ale wspólnie posiadają własności stacjonarne w odpowiednich kombinacjach. Można przyjąć, że dana zmienna czasowa X_t jest niestacjonarna (jej własności statystyczne zmieniają się w czasie). Usunięcie niestacjonarności poprzez różnicowanie zmiennej (stworzenie nowej zmiennej – odnoszącej się do zmiennej pierwotnej) pozwala na dalsze analizy i obliczenia. Kolejnym pojęciem, które wiąże się z powyższymi rozważaniami jest stopniu integracji, określający

po ilukrotnym różnicowaniu zmienna staje się stacjonarna. Mówi się, że zmienna X_t jest zintegrowana w stopniu d (zapis $I(d)$) jeżeli po d -krotnym różnicowaniu staje się stacjonarna. Dwie zmienne X_t i Y_t są skointegrowane, jeżeli oby dwie są $I(1)$, ale istnieje liniowa kombinacja tych zmiennych, która jest stacjonarna w stopniu 0 - $I(0)$. Zmienne X_t i Y_t są skointegrowane, jeżeli istnieje stacjonarny – $I(0)$ wektor β odznaczający się następującą zależnością:

$$Z_t = X_t - \beta Y_t. \quad (27)$$

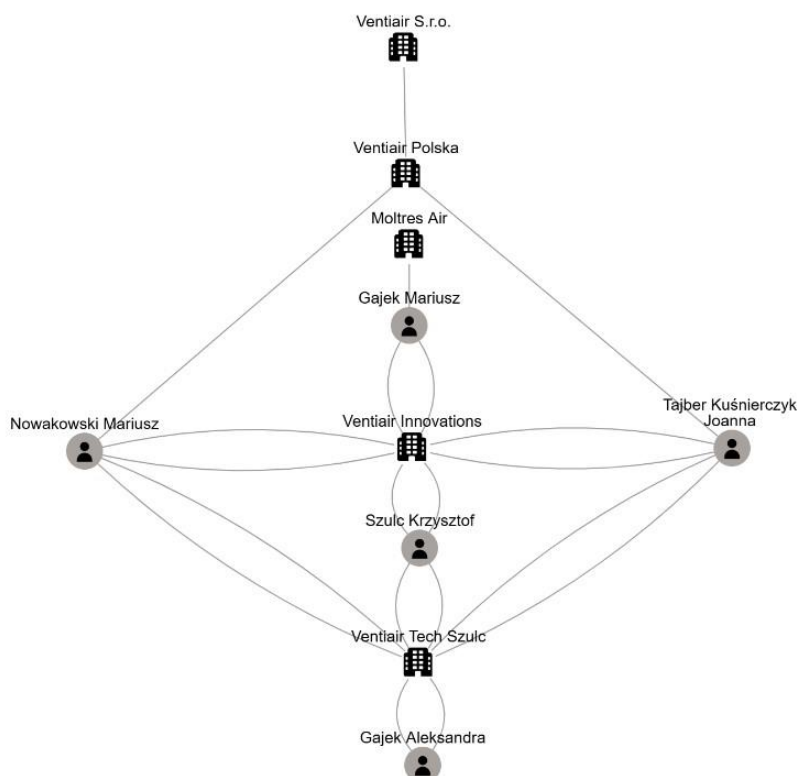
Kointegracja wskazuje, że zmienne mają wspólną równowagę długoterminową, mimo, że w krótkich okresach charakteryzują się niestacjonarnością. Regresje występujące pomiędzy niestacjonarnymi zmiennymi (regresje pozorne) mogą prowadzić do nieprawdziwych wniosków. Kointegracja pozwala na identyfikację faktycznych długoterminowych zależności (por. Verbeeck, 2005).

4. Charakterystyka badanej firmy VentiAir

W poniższym rozdziale zaprezentowano firmę VentiAir. Na podstawie zgromadzonych danych z tego podmiotu przeprowadzono analizy, obliczenia i badania. Przedstawiono także park maszynowy przedsiębiorstwa. Dokonano wielopłaszczyznowej charakterystyki dostawców firmy. Opisano także jakiego typu dane były poddawane analizom.

4.1. Prezentacja analizowanego podmiotu

Firma VentiAir powstała w 2013 roku. Miejszem działalności oddziału produkcyjnego jest miejscowość Adolfice w Czechach. Formą działalności firmy jest spółka z ograniczoną odpowiedzialnością. Obecnie oddział produkcyjny zatrudnia 110 pracowników. W trakcie prowadzenia działalności wyłoniły się kolejne firmy „córki” kooperujące z oddziałem produkcyjnym. Zależności zobrazowane są na rysunku 13.



Rysunek 13. Schemat zależności firm „córek” podmiotu VentiAir.

Źródło: <https://www.bizraport.pl>

Schemat ukazuje cztery podmioty, kooperujące ze sobą w celu uzyskania lepszego efektu zarządzania zasobami. Mamy zakład produkcyjny VentiAir, który bezpośrednio jest powiązany z oddziałem VentiAir Polska. Kolejnymi dwiema spółkami jest VentiAir Innovations oraz VentiAir Tech Szulc. Stworzenie takiej architektury przez współwłaścicieli firm pozwala na odpowiednie zarządzanie procesem produkcyjnym przedsiębiorstwa.

Od samego początku głównym celem firmy była produkcja urządzeń do wentylacji, klimatyzacji, chłodzenia, ogrzewania, nawilżania, odzysku ciepła oraz filtracji powietrza atmosferycznego. Ekonomiczne podejście do tematu sprawia, że VentiAir stara się jak najbardziej zminimalizować koszty operacyjne, które miałby ponieść klient. Uzyskuje to przede wszystkim dzięki indywidualnemu podejściu do klienta i dostosowanymi do niego rozwiązaniami.

Produkowane centrale klimatyzacyjno-wentylacyjne marki VentiAir spełniają wszelkie normy europejskich, a ich parametry są zgodne z wytycznymi i rzeczywistymi cechami produktów, na które dają 2-letnią gwarancję. Firma posiada certyfikaty potwierdzające TÜV. Dostawcy podzespołów to czołowi producenci w branży inżynierii sanitarnej.

Misją firmy jest satysfakcja klientów i dlatego do ich potrzeb zawsze dostosowuje swoją ofertę. W konsultacji z klientem podmiot wykonuje program doboru, wycenę instalacji i określa optymalny czas wykonania przedsięwzięcia od przyjęcia zlecenia aż po odbiór końcowy.

VentiAir swoje produkty dopasowuje ściśle do oczekiwań i potrzeb klienta, co gwarantuje satysfakcję u późniejszego użytkownika instalacji. Firma współpracuje z ośrodkami badawczo-naukowymi, w których szerokie grono specjalistów pomaga nam we wprowadzaniu na rynek innowacyjnych, optymalnych rozwiązań w zakresie wentylacji. Dzięki nowoczesnym technologiom i umiejętności ich wykorzystania w praktyce możliwe jest zaspokajanie potrzeb nawet najbardziej wymagających klientów.

Od początku działalności firmy wciąż poszerzana jest wiedza w branży wentylacyjnej, daje to możliwość nawiązania współpracy z kolejnymi wartościowymi kontrahentami. Firma stale się rozwija, korzystając z najnowszych rozwiązań technologicznych w zakresie wentylacji. Z jej usług korzysta m.in. branża medyczna, gastronomiczna, czy właściciele obiektów biurowych. Uznanie klientów zdobywane jest dzięki wysokiej jakości produktom, fachowej obsłudze i korzystnym cenom. W skład

podmiotu wchodzi doświadczeni projektanci systemów wentylacyjnych i fachowcy zajmujący się montażem i obsługą urządzeń wentylacyjnych i klimatyzacyjnych.

VentiAir od początku swojego istnienia wyprodukował w sumie ponad 8700 central wentylacyjnych. Wyposażana w nie są budynki przemysłowe i parki logistyczne, centra handlowe i kulturalne, biurowce, szpitale, restauracje, szkoły, baseny, centra wellness w Czechach, ale także na Słowacji, w Polsce, Niemczech czy Ukrainie. Poniżej wymieniono niewielki wycinek zrealizowanych projektów:

Budynki przemysłowe i parki logistyczne:

- WÜRTH Bratysława,
- SAKO Brno,
- Suzuki na Węgrzech,
- Agrostav Prostějov,
- Camfil w Chomutowie,
- DD Real w Brodce.

Centra handlowe i kulturalne:

- Muzeum Miejskie w Jaromierzu,
- Centrum handlowe MyBox w Milevsko,
- Centrum handlowe Aupark Bratysława,
- Zamek w Pětipsy,
- Teatr Lucie Bílé,
- Centrum handlowe RGB Liptov.

Budynki biurowe i szkoły:

- Czeski Uniwersytet Przyrodniczy w Pradze,
- Dom Dzieci i Młodzieży Sova Cheb,
- Biura Edenu,
- Wydział Sztuki Brno,
- Uniwersytet Tomasza Baty w Zlín.

Szpital, sale operacyjne i zastosowania specjalne:

- SPECT - Szpital Uniwersytecki Brno,
- Continental Trutnov (linia NOx),
- Klinika UNICA w Pradze.

- porównanie danych technicznych z obowiązującymi przepisami;
- regularny coroczny nadzór w produkcji, powtarzane pomiary.

VentiAir jest czołowym czeskim producentem urządzeń z branży HVAC. Jednym z celów firmy jest kompleksowość dostaw. Dlatego firma produkcyjna posiada pełne portfolio urządzeń. Dzięki indywidualnemu podejściu do potrzeb klienta, podmiot jest w stanie dostarczać urządzenia do wielu, nie tylko europejskich krajów.

Firma kładzie duży nacisk na minimalizację kosztów operacyjnych, dlatego do każdego zlecenia podchodzi bardzo uważnie i zawsze proponuje indywidualne rozwiązania dopasowane do potrzeb projektu. Dostarcza również centrale wentylacyjne wraz z układami pomiarowo-kontrolnymi, co spowodowało, że zbudowano silną pozycję na europejskim rynku central wentylacyjnych. Urządzenia są instalowane w różnych obiektach, takich jak biurowce, szkoły, hotele, szpitale, obiekty sportowe, banki, hale produkcyjne, centra handlowe, baseny prywatne i publiczne.

4.2. Park maszynowy firmy Ventiair

Firma Ventiair jest nowoczesnym przedsiębiorstwem, wykorzystującym w procesie produkcyjnym najnowsze maszyny i urządzenia jakie występują na rynku. Działania takie, w połączeniu z wykwalifikowaną kadrą pracowników produkcyjnych oraz bardzo dobrą kadrą zarządczą powodują, że podmiot ten może stanowić przykład dla innych, w jaki sposób prowadzić działalność gospodarczą w dzisiejszym turbulentnym otoczeniu. Poniżej przedstawiono najważniejsze urządzenia wykorzystywane w procesie produkcyjnym badanego przedsiębiorstwa.

A. System magazynowy LogiTower

System LogiTower pozwala na jego optymalne dopasowanie do profilu działalności firmy, rodzaju składowanego towaru, a także otoczenia magazynowego. Automatyczny regał LogiTower może współpracować z innymi obecnymi w magazynie urządzeniami, takimi jak centrum obróbcze blach i dłużyć, maszyny CNC, wózki widłowe, układnice magazynowe, manipulatory przemysłowe, dźwigi, czy oprogramowanie WMS/ERP, tworząc zintegrowany, kompleksowy system zarządzania magazynem.

Automatyczny system magazynowy LogiTower współpracuje z manipulatorami przemysłowymi, żurawiami, suwnicami i innymi urządzeniami, które umożliwiają automatyczne przekazanie składowanych towarów bezpośrednio z regału do centrum cięcia laserowego FIBER do dalszej obróbki. Integracja regału z centrum obróbki laserowej przyczynia się do usprawnienia i przyspieszenia procesów wewnątrzmagazynowych, a także wzrostu ich bezpieczeństwa i ergonomii, wyręczając pracowników magazynowych w niebezpiecznych pracach, takich jak wewnątrzmagazynowy transport ciężkich i nieporęcznych przedmiotów. Automatyczny system magazynowy LogiTower jest efektywnym, bezpiecznym i ergonomicznym rozwiązaniem do składowania towarów, które umożliwia bardziej wydajną i ergonomiczną pracę w magazynie, a także oszczędność czasu i cennej powierzchni magazynowej. Regał LogiTower może być zintegrowany z systemem cięcia laserem FIBER, które pozwala na dostarczanie składowanych towarów z regału bezpośrednio do centrum obróbki. LogiTower zintegrowany z centrum cięcia laserowego jest idealnym rozwiązaniem do przechowywania i obróbki towarów wielkogabarytowych, takich jak arkusze blach, rury, ramy, profile, pręty itp., umożliwiającym ochronę i zmniejszenie strat w przechowywanych

towarach. Warto podkreślić, że jedna półka może pomieścić ładunek do 8000 kg i długości do 12 metrów.

Zintegrowany LogiTower pozwala zaoszczędzić czas i sprawić, że przetwarzanie towarów będzie znacznie bardziej efektywne i ergonomiczne. Należy pamiętać, że skrócenie czasu załadunku, rozładunku i obróbki materiałów przekłada się na przyspieszenie terminu realizacji zamówienia klienta. Zintegrowany system LogiTower z centrum cięcia laserem FIBER pozwala również na kontrolę stanu zapasów w czasie rzeczywistym, zapewniając jednocześnie ergonomiczne warunki pracy i znaczną oszczędność miejsca w magazynie dzięki wykorzystaniu pełnej dostępnej wysokości pomieszczenia. Dzięki LogiTower możliwe jest także odzyskanie cennej powierzchni i uniknięcie kosztownej rozbudowy magazynu.



Rysunek 15. System LogiTower jednowieżowy na blachy.

Źródło: <https://ventiair.com>

B. Obrabiarka laserowa AMADA

AMADA jest wiodącym światowym producentem maszyn do obróbki arkuszy blachy. Jest znana z szerokiej gamy maszyn do obróbki blach, spełniających najwyższe wymagania. Lasery Fiber firmy AMADA są zaprojektowane w celu zoptymalizowania produkcji. Rozwiązania firmy AMADA w dziedzinie technologii cięcia laserem zostały zaprojektowane w celu zaspokojenia rygorystycznych wymagań klientów. Obrabiarki AMADA są dostosowane w najbardziej optymalny sposób do charakterystyki każdego podmiotu. Poprzez analizę cykli produkcyjnych i przyszłych potrzeb, firma jest w stanie zaproponować najlepszą ofertę optymalizującą produkcję. AMADA dostarcza nie tylko laser, ale również odpowiednią automatyzację, oprogramowanie, serwis oraz części zamienne.



Rysunek 16. Obrabiarka laserowa AMADA.

Źródło: <https://ventiair.com>

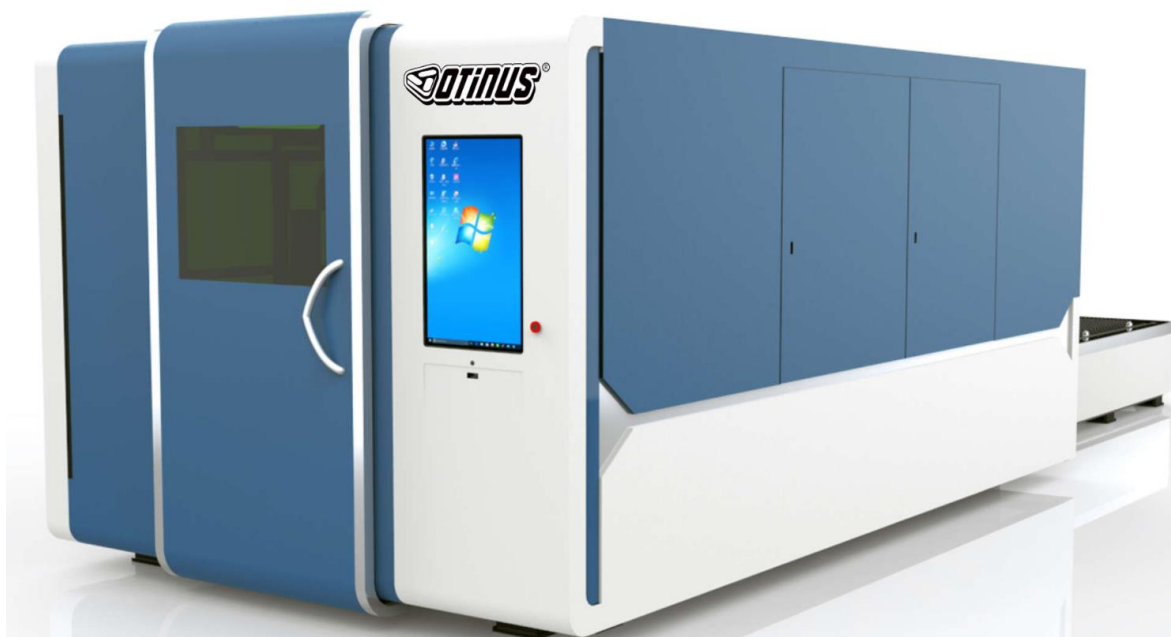
Wycinarki laserowe fiber to innowacyjne zastosowanie nowoczesnych technologii w procesie cięcia arkuszy blachy. Obecnie stosowane są innowacyjne systemy kształtowania wiązki, która pozwala na precyzyjną kontrolę ruchu wiązki laserowej, co w połączeniu z pojedynczym modułem diodowym o niższej mocy jest w stanie wygenerować wiązkę laserową o bardzo wysokiej jakości, dzięki czemu może być porównywany

z maszynami o wyższej mocy, przy znacznie mniejszym zapotrzebowaniu na energię elektryczną i wyższą jakością cięcia.

Zastosowanie tego typu narzędzia o najwyższych standardach technologicznych jest w stanie zapewnić produkcję wyrobów spełniających rosnące wymagania klientów.

C. Wycinarka laserowa OTINUS

Nowym urządzeniem w parku maszynowym firmy VentiAir jest wycinarka laserowa Fiber Laser marki OTINUS. Jest to jedno z najnowocześniejszych urządzeń występujących obecnie na rynku.



Rysunek 17. Wycinarka laserowa OTINUS.

Źródło: <https://ventiair.com>

Maszyna ta wykazuje bardzo dużą stabilność dzięki spawanej konstrukcji opartej na masywnych nogach. Dużą szybkość ruchów głowicy przy zachowaniu wysokiej precyzji zapewniają japońskie serwonapędy marki Fuji, oparte na masywnych przewodnicach liniowych oraz listwach i kołach zębatych o zębach skośnych. Korzystanie z wycinarki laserowej zapewnia panel sterowania, na który składają się ekran, mysz i klawiatura. Komputer posiada system Windows 10 oraz oprogramowanie CypCut, posiadające takie funkcje, jak: projektowanie, import i eksport plików oraz optymalizacja mocy i prędkości wypalania. Wypalarka laserowa została wyposażona we wszelkie niezbędne środki zabezpieczające użytkownika. Dodatkowe zabezpieczenie stanowi światło awaryjne z sygnałem dźwiękowym, które uruchamia się w sytuacji naruszającej bezpieczeństwo użytkownika, informując o tym zagrożeniu.

Jest to jedna z najnowszych inwestycji firmy, która jeszcze bardziej podnosi jakość produkowanych wyrobów oraz pozwala w lepszy sposób optymalizować cykl produkcyjny podmiotu.

D. Prasa krawędziowa ERMAK

Prasa krawędziowa CNC ERMAK stosowana w procesie produkcyjnym firmy VentiAir znalazła zastosowanie w precyzyjnym gięciu detali, o maksymalnej długości 3100 mm. Dzięki wysokiej sile nacisku rzędu 200 ton oraz niezawodnym komponentom maszyna oferuje doskonałe rezultaty obróbki, podczas nawet najbardziej intensywnych wyzwań. Cały obszar roboczy chroniony jest kurtynami świetlnymi renomowanej marki FIESSLER ELEKTRONIK, które automatycznie zatrzymują pracę maszyny w razie przerwania wiązki laserowej. Rozwiązanie to znacząco zwiększa bezpieczeństwo i komfort pracy operatora. Krawędziarka ERMAK wyposażona jest również w intuicyjne sterowanie CNC, umożliwia ono także łatwe programowanie trybów pracy.



Rysunek 18. Prasa krawędziowa ERMAK.

Źródło: <https://ventiair.com>

Wykorzystywane prasy krawędziowe są ważnym elementem paru maszynowego firmy, upraszczają i przyspieszają czynności produkcyjne.

E. Ploter frezujący CNC SERON

Kolejnym zaawansowanym narzędziem w procesie produkcyjnym badanego podmiotu jest ploter frezujący CNC serii Expert. Jest to nowoczesne i uniwersalne maszyna wyprodukowana w Polsce. Przeznaczona jest do precyzyjnej obróbki szerokiej gamy materiałów. Konstrukcja obrabiarki wykonana jest w technologii wysokogatunkowej stali spawanej, następnie odpężanej i poddawanej precyzyjnej obróbce na wielkoformatowych centrach obróbkowych. Elementy konstrukcyjne są żebrowane, co zapewnia wysoką sztywność i wytrzymałość na opory obróbki skrawaniem. Napędy jakie zostały zastosowane w każdej osi pozwalają osiągać wysokie prędkości i dynamikę pracy. Łożyskowanie za pomocą szyn trapezowych z wózkami jezdnymi daje gwarancję precyzji i niezawodności. Ploter zapewnia intuicyjną obsługę z przejrzystym interfejsem.



Rysunek 19. Ploter frezujący CNC SERON.

Źródło: <https://ventiair.com>

Urządzenie to również jest ważnym i nowoczesnym narzędziem wykorzystywanym w procesie produkcji firmy VentiAir. Przyspiesza realizację produkcji wyrobów, a także zapewnia najwyższe standardy jakości.

F. Piła formatowa WEGOMA

W procesie produkcyjnym wykorzystywane są również piły formatowe firmy WEGOMA. Charakteryzują się one bogatym wyposażeniem standardowym takim jak np. seryjny agregat podcinacza czy przykładnica ukośna, cechuje je duża moc, precyzja

i niezawodność oraz wysoka jakość w bardzo atrakcyjnej cenie. Wszystkie modele marki WEGOMA wyróżniają się komfortową, szybką i prostą obsługą. Kolejnym atutem pozwalającym na duże zaoszczędzenie czasu podczas codziennej pracy to obsługa przykładnicy równoległej z pozycji operatora. Maszyna wyposażona jest w nowoczesny stół formatowy WEGOMA® (zgłoszony do opatentowania), którego konstrukcja zapewnia nie tylko trwałość ale i najwyższą możliwą precyzję. Na wyposażenie piły składa się m.in.:

- zmiana wysokości, pochyłu oraz przykładnicy równoległej z przodu maszyny za pomocą korbki ręcznej;
- kąt pochyłu i szerokość cięcia ze wyświetlaczem cyfrowym;
- ogranicznik kątowy do długości 3,2 m, ogranicznik ukośny, klapy ogranicznika, podajnik materiału, półka na narzędzia i ręczny szybkozacisk;
- a wydajność piły można w każdej chwili powiększyć, wyposażając ją w pokrywę na przestawnym wysięgniku przystosowaną do tarcz piły o średnicy 400 mm.



Rysunek 20. Piła formatowa WEGOMA.

Źródło: <https://ventiair.com>



Rysunek 21. Hala produkcyjna firmy VentiAir.

Źródło: materiały własne.

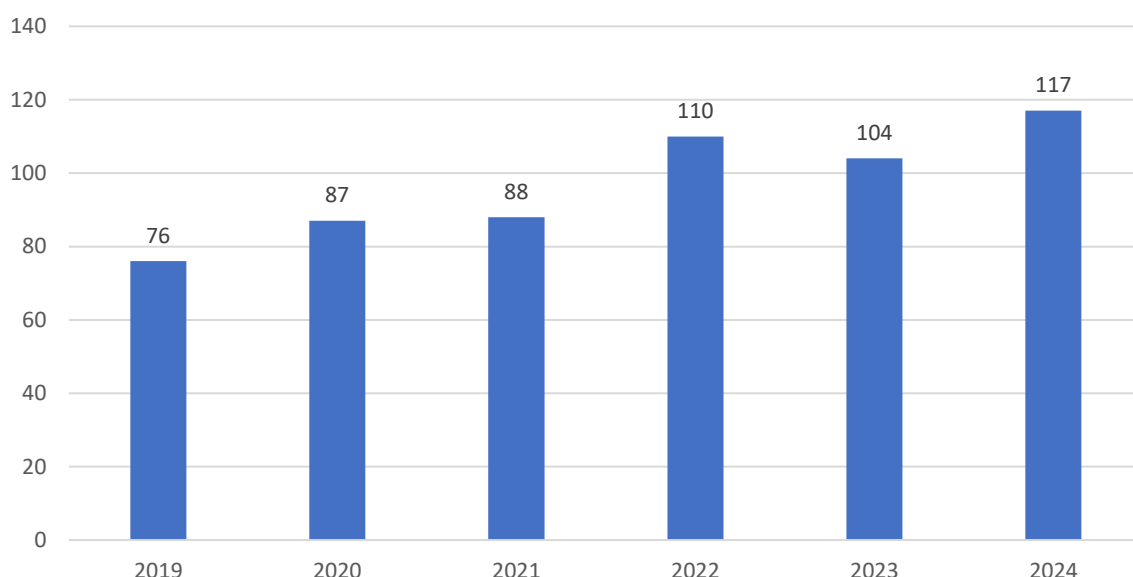
Podsumowując, można stwierdzić, że firma VentiAir dysponuje jednym z najnowocześniejszych parków maszynowych występujących obecnie na rynku. Stanowi to na pewno duże zaplecze do osiągnięcia przewagi konkurencyjnej przede wszystkim pod względem jakości produkowanych wyrobów. Nie bez znaczenia jest tutaj również czas wykonania zamówienia, który od momentu zaprojektowania produktu po jego dostarczenie, jest możliwie jak najkrótszy.

4.3. Charakterystyka rynku dostawców

Firma VentiAir należy do branży producentów HVAC (*Heating, Ventilation, and Air Conditioning*). Rynek ten stawia bardzo wysokie wymagania odnośnie dostarczanych produktów. Dostarczane materiały do dalszego przetwarzania muszą spełniać wysokie standardy. Tym samym, dostawcy stanowią ściśle wyselekcjonowaną grupę, która stanowi jeden z ważniejszych elementów zarządzania zapasami w przedsiębiorstwie.

Dostawcy w firmie VentiAir na pewno podlegają dynamicznym zmianom, co jest wynikiem turbulentnego otoczenia i obecnie można przyjąć, że staje się zjawiskiem naturalnym.

Na wykresie 1 przedstawiono jak zmieniała się liczba dostawców badanego podmiotu w badanym okresie 2019 – 2024.

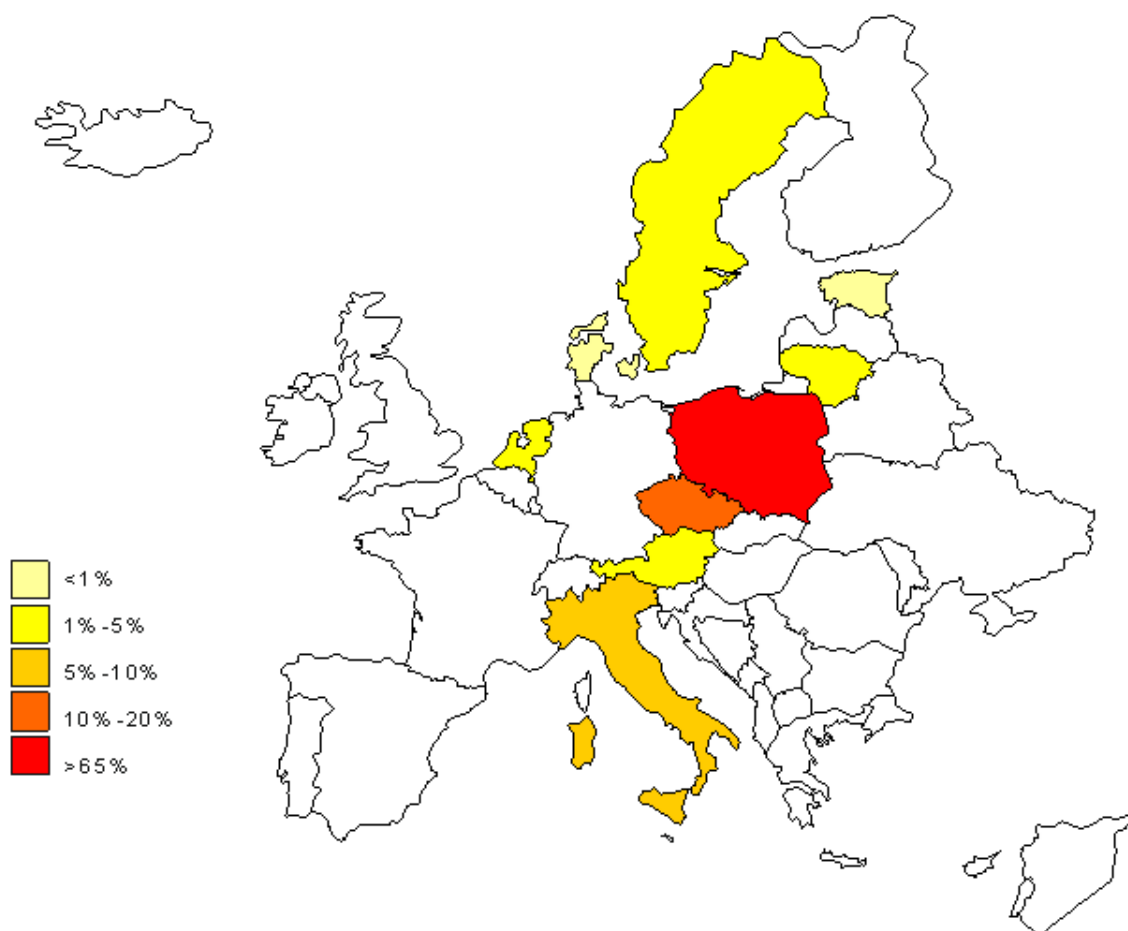


Wykres 1. Liczba dostawców firmy VentiAir w latach 2019 – 2024.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

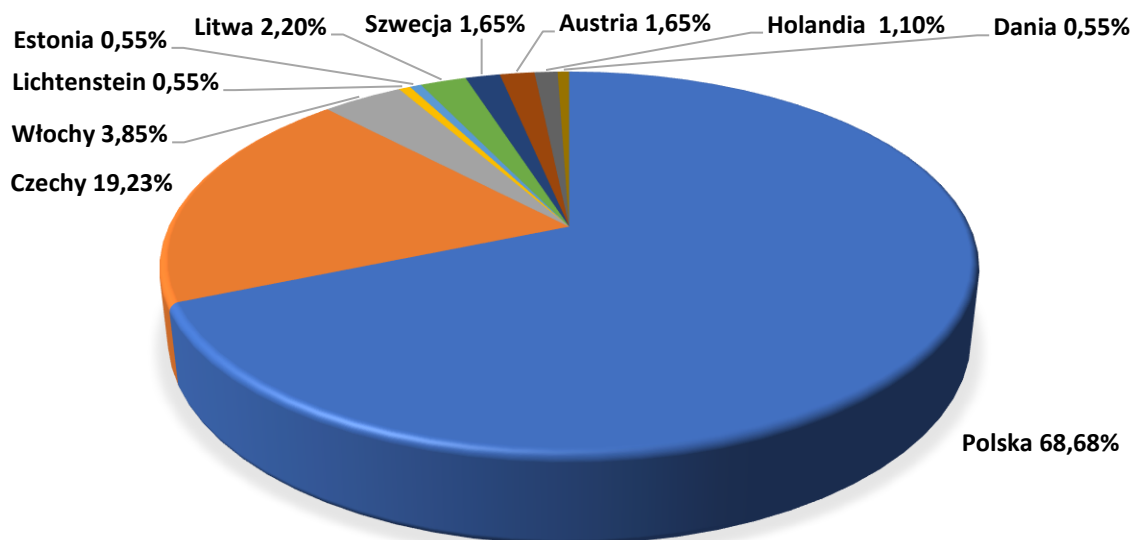
Wykres wskazuje, że moment ekspansji pandemii COVID-19 spowodował zastój w rozwoju rynku dostawców podmiotu (lata 2020 i 2022). Przerwanie dotychczasowych łańcuchów dostaw stały się przyczyną znacznego wzrostu liczby dostawców w roku 2022 w porównaniu z rokiem 2021 o 25%.

Na wykresie 2 przedstawiono kartogram dotyczący krajów z jakimi firma obecnie kooperuje.



Wykres 2. Dostawcy firmy VentiAir wg kraju pochodzenia.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

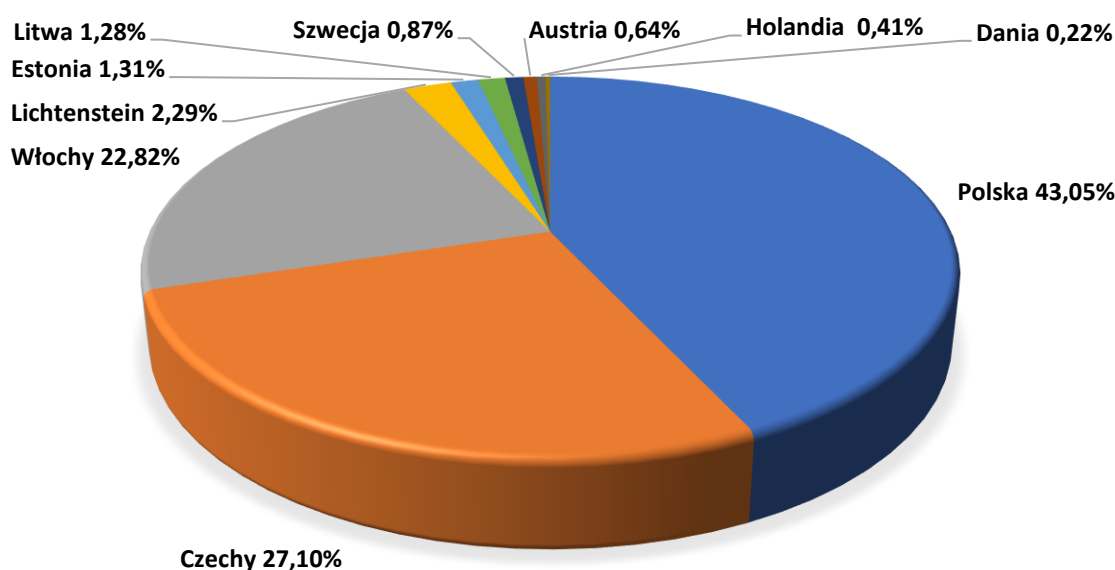


Wykres 3. Udziały liczby dostawców firmy VentiAir wg kraju pochodzenia.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

Wg udziału liczby dostawców z danego kraju względem wszystkich dostawców można stwierdzić, że głównym krajem z którego są realizowane dostawy to Polska 68,68%, na drugim miejscu uplasowały się Czechy 19,23% a na trzecim Włochy z udziałem 3,85%. W dalszej kolejności wymienić można Litwę 2,2%; Austrię i Szwecję 1,65%; Holandię 1,10% oraz niewielki udział Danii, Estonii i Lichtensteinu 0,55%.

Wg udziału wartości wolumenu dostaw z poszczególnych krajów względem całkowitej wartości dostaw, uzyskano następujące wyniki, które zostały pokazane na wykresie 4.



Wykres 4. Udziały wolumenu dostaw firmy VentiAir wg kraju pochodzenia.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

Na wykresach 3 i 4 zauważyć można zbieżność udziału liczby dostawców i wartości wolumenu dostaw wg krajów. Największych udział wg liczby dostawców i wartości dostaw należy do Polski, Czech i Włoch. Jednak ciekawym zjawiskiem jakie można zauważyć, jest duża dysproporcja liczby dostawców a wartości dostaw dla Włoch.

Udział wolumenu dostaw jest skupiony w głównej mierze w Polsce – udział 43%, Czechach – udział 23% oraz Włoszech – udział 23%. W dalszej kolejności dostawy pochodzą z Lichtensteinu, Estonii oraz Litwy odpowiednio z udziałami 2,29%; 1,31% oraz 1,28%. Najniższe wartości odnotowano dla krajów takich jak Szwecja 0,87%; Holandia 0,64% i Dania 0,41%. Znaczna rozbieżność pomiędzy udziałem wolumenu dostaw a udziałem liczby dostawców dla rynku włoskiego oznacza dużą koncentrację dla dostawców z tego kraju, gdzie zachodzi zjawisko kumulacji aż 23% udziału wolumenu dostaw jedynie w niespełna 4% liczby dostawców.

Tabela 2. Udział wolumenu dostaw oraz liczby dostawców wg krajów.

Kraj	Udział wolumenu dostaw	Udział liczby dostawców
Polska	43,05%	68,68%
Czechy	27,10%	19,23%
Włochy	22,82%	3,85%
Lichtenstein	2,29%	0,55%
Estonia	1,31%	0,55%
Litwa	1,28%	2,20%
Szwecja	0,87%	1,65%
Holandia	0,64%	1,65%
Dania	0,41%	1,10%

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

Dodatkowo wyznaczono wskaźnik podobieństwa badanych struktur udziału wolumenu dostaw i udziału liczby dostawców. Użyto do tego formuły (28):

$$w_{ps} = \sum_{i=1}^k \min(d_1, d_2, \dots, d_k) \quad (28)$$

gdzie:

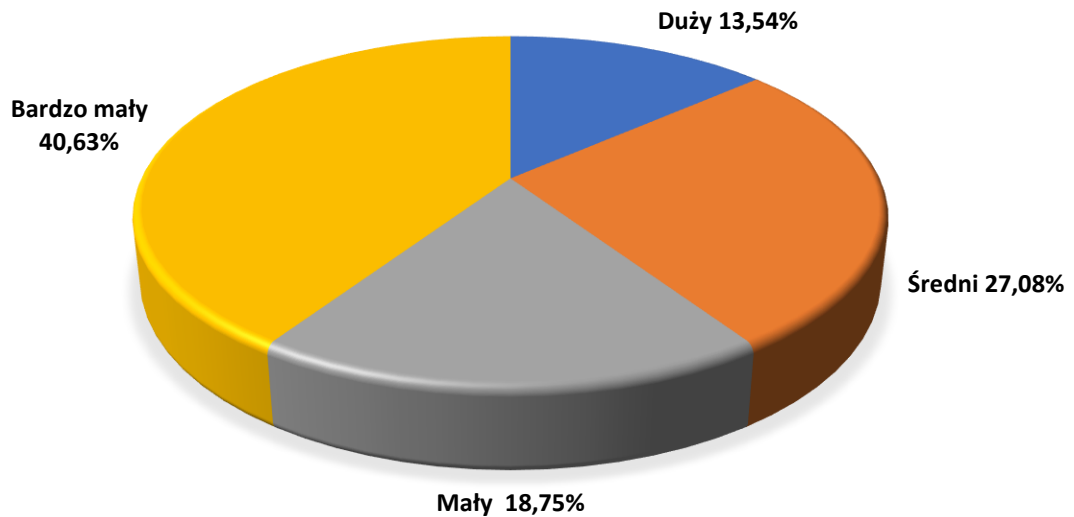
w_{ps} – wskaźnik podobieństwa struktur;

$\min(d_1, d_2, \dots, d_k)$ – wartość minimalna udziałów z poszczególnych grup.

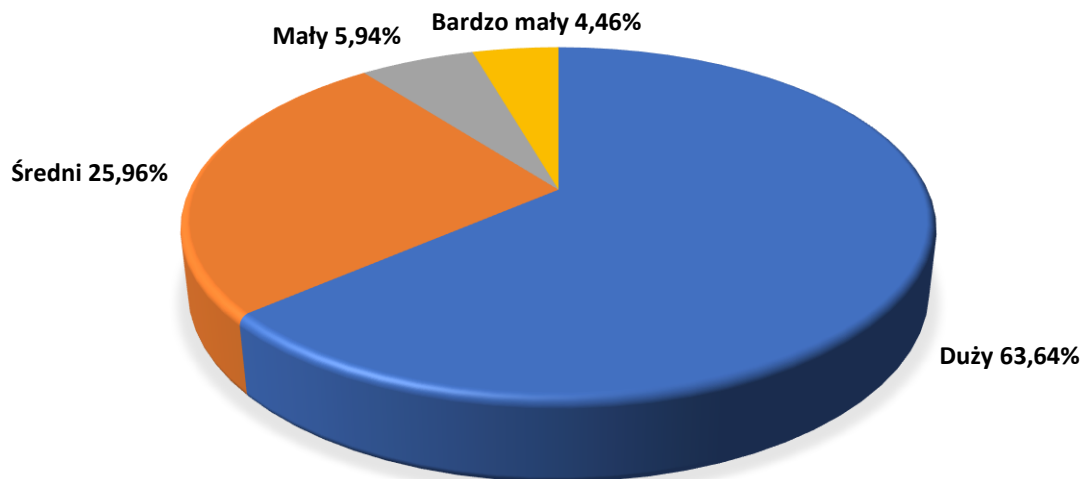
Po obliczeniach, poziom tego współczynnika wyniósł 70,43%. Oznacza to, że badane zbiorowości udziału wolumenu dostaw oraz udziału liczby dostawców są podobne do siebie aż w 70%, czyli są do siebie w dużej mierze zbliżone.

W dalszej części rozważań poddano analizie dostawców pod względem wartości dostarczanych towarów do badanego podmiotu. Ze wstępnych obliczeń okazało się istnieć część podmiotów, które incydentalnie realizują dostawy do badanej firmy. Ich wolumen dostaw w sumie, w ciągu badanego okresu stanowi około 1% całej wartości dostaw, więc ci dostawcy mogą zostać pominięci w analizach ze względu na niewielki wpływ na badane zależności.

Podzielono dostawców na cztery główne grupy: dostawców dużych (wartość dostaw w przedziale od 100 do 400 tys. euro rocznie), średnich (wartość dostaw w przedziale od 20 do 100 tys. euro rocznie), małych (wartość dostaw od 10 do 20 tys. euro rocznie) oraz bardzo małych (wartość dostaw od 2 do 10 tys. euro rocznie). Na wykresach 5 i 6 pokazano jak rozkładał się udział ilościowy i wartościowy dostawców firmy VentiAir w badanym okresie oraz porównano te dwa udziały na wykresie trzecim.

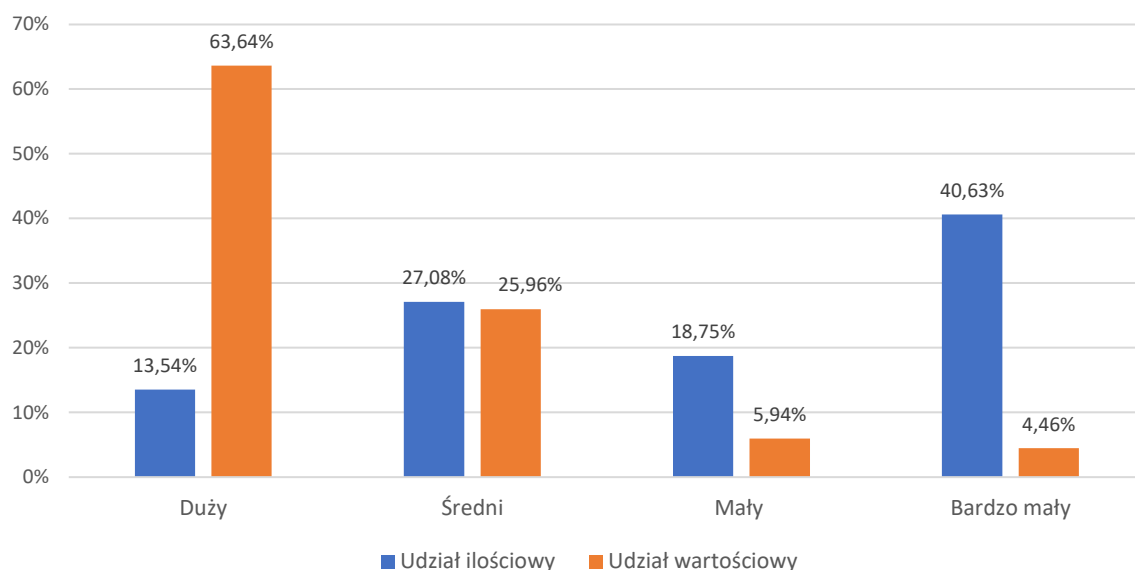


Wykres 5. Udziały ilościowe dostawców firmy VentiAir.
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.



Wykres 6. Udziały wartościowe dostawców firmy VentiAir.
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

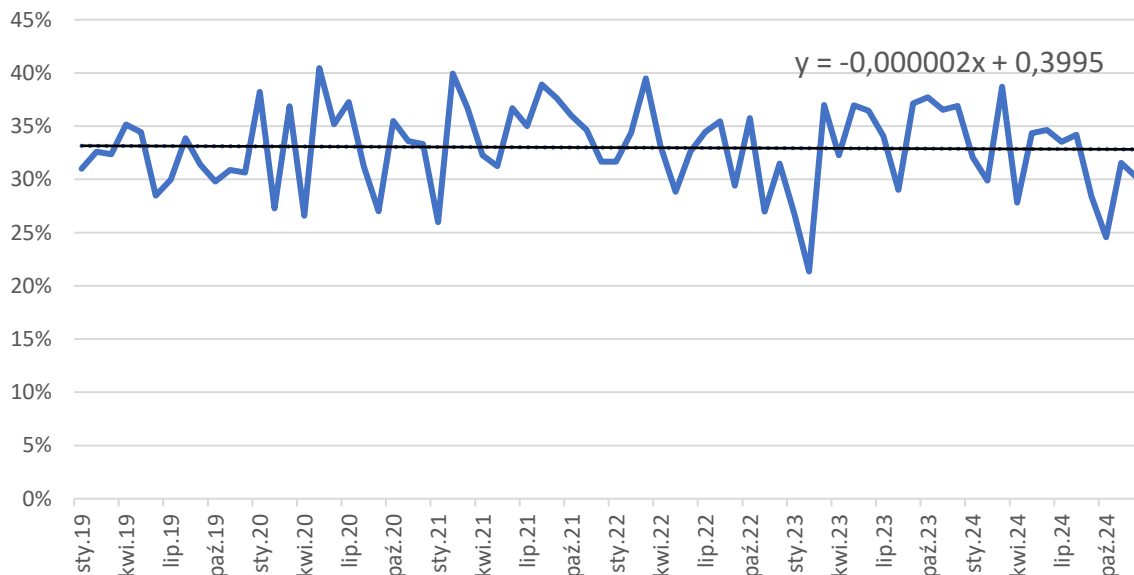
Wykres 7 obrazuje rozbieżności w udziale ilościowym a wartościowym dostawców. Zauważyć można, że niespełna 14% dostawców odpowiada za ponad 63% wartości dostaw. Jeśli chodzi o dostawców średnich to ich udział w dostawach wartościowo jest prawie zbliżony z udziałem liczby dostawców i oscyluje wokół 26%. Dostawcy mali stanowią prawie 19% udziału wszystkich dostawców z wolumenem dostaw na poziomie około 6%. Natomiast bardzo mali dostawcy stanowią największą liczbę dostawców podmiotu badanego, bo ponad 40% z udziałem wartościowym niespełna 5%.



Wykres 7. Porównanie udziału ilościowego i wartościowego dostawców firmy VentiAir.

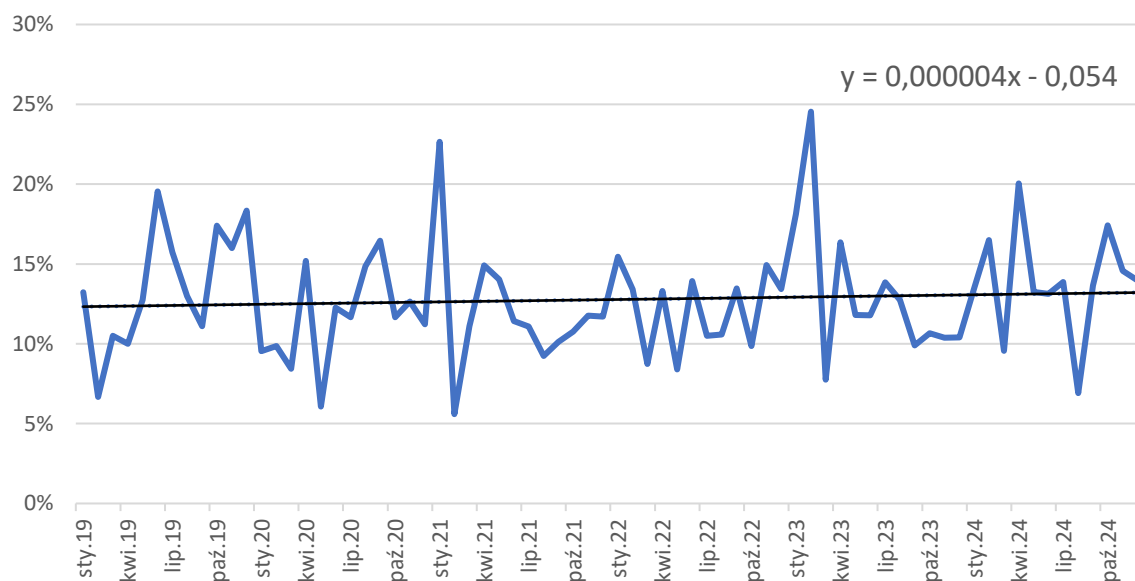
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

W kolejnym etapie analiz zbadano udziały poszczególnych grup dostawców w czasie. Udziały dużych, średnich, małych i bardzo małych dostawców w czasie zostały przedstawione na wykresach 8, 9, 10 i 11.

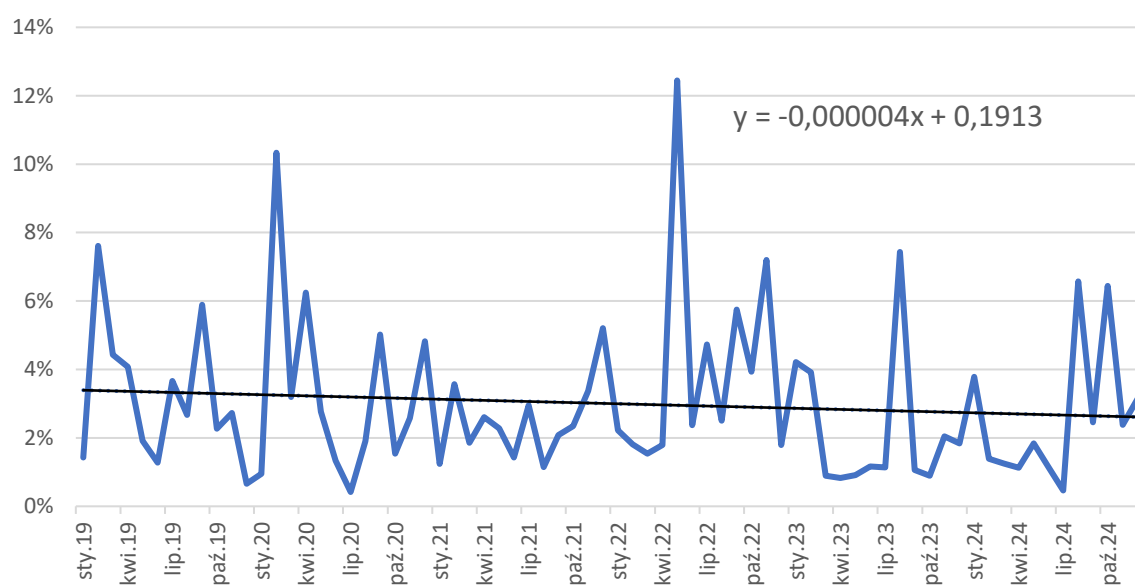


Wykres 8. Udziały dużych dostawców w czasie.

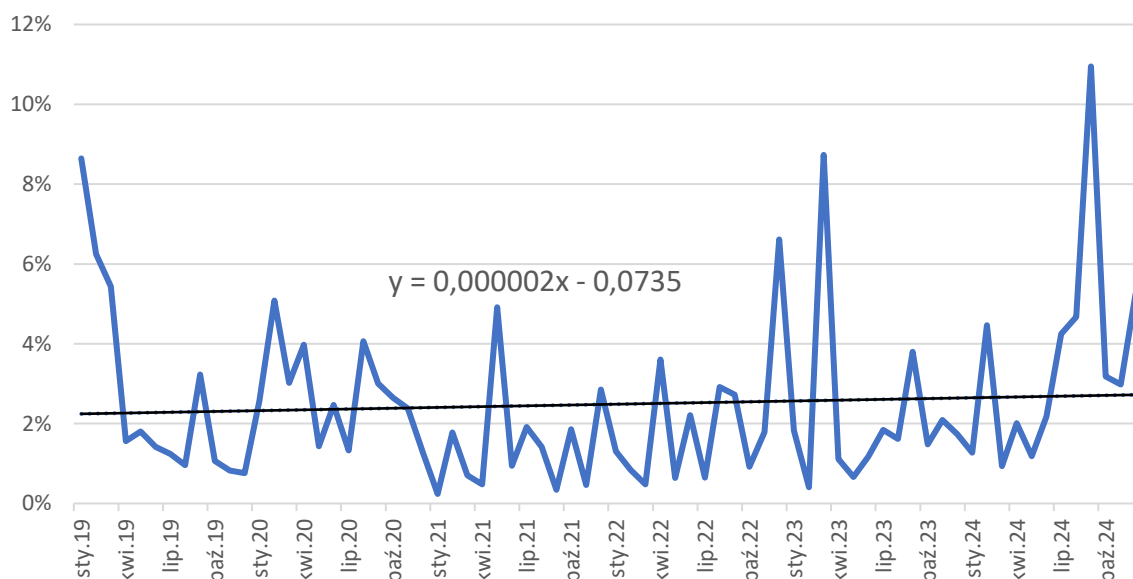
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.



Wykres 9. Udziały średnich dostawców w czasie.
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.



Wykres 10. Udziały małych dostawców w czasie.
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.



Wykres 11. Udziały bardzo małych dostawców w czasie.
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

Z wykresów 8, 9, 10 i 11 wynika, że najbardziej stabilną grupą są dostawcy o największym wolumenie dostaw. Wykres udziałów charakteryzuje się największą stabilnością (współczynnik zmienności na poziomie 12%). Bardziej dynamiczne udziały można zauważyć na wykresie udziałów średnich dostawców, gdzie dynamiczne zmiany w wolumenie dostaw pojawiają się częściej i występują większe amplitudy udziału dostaw (współczynnik zmienności na poziomie 28%). Podobnie wykresy udziałów małych i bardzo małych dostawców odznaczają się dużą częstotliwością występowania znacznych dynamicznych zmian udziałów dostaw (współczynniki zmienności na poziomie odpowiednio 77% i 84%).

Funkcje trendu badanych grup dostawców pokazują, że udziały dużych i małych dostawców charakteryzują się trendem malejącym. Spadek udziału wynosi odpowiednio 0,0002% oraz 0,0004% udziału z miesiąca na miesiąc. Natomiast udziały średnich i bardzo małych dostawców odznaczają się trendem rosnącym. Wzrosty wynoszą odpowiednio 0,0004% i 0,0002% udziału z miesiąca na miesiąc.

Dodatkowo poddano badaniu stałość wariancji w badanych rozkładach udziałów. Przeprowadzone analizy wskazały, że rozkłady są jednorodne w czasie, co jest zjawiskiem pożądanym.

4.4. Dane wykorzystane w analizach

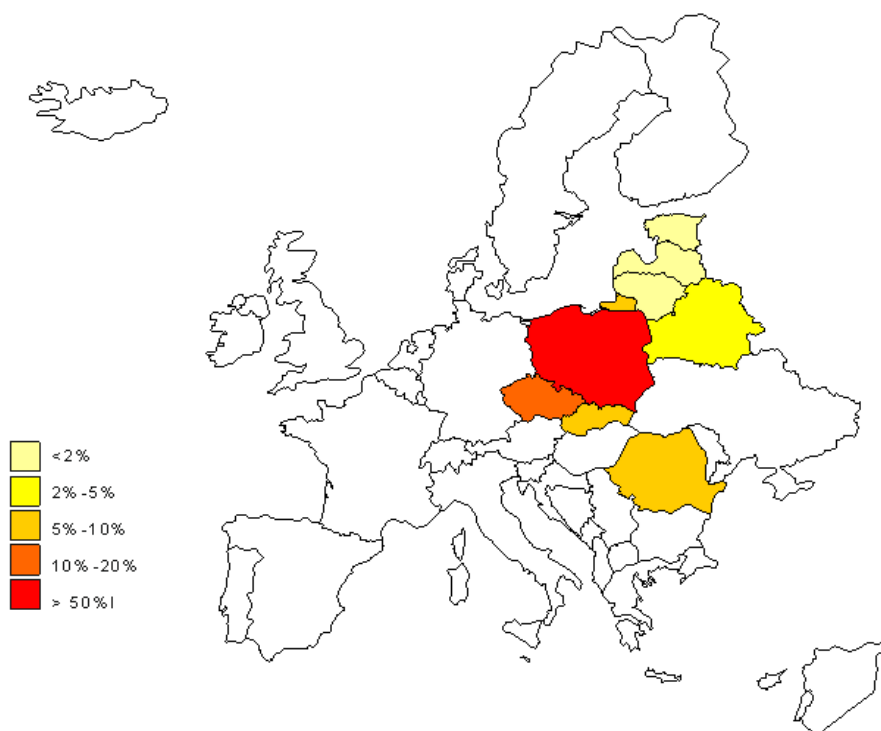
W procesie analiz firmy VentiAir posłużono się danymi dotyczącymi poziomu sprzedaży oraz zapasu w składzie którego wyodrębniono wyroby gotowe. Elementem, który również był brany pod uwagę to ogólny wskaźnik koniunktury zaliczany do wskaźników odzwierciedlających stan gospodarki. Miernik ten jest obliczany na podstawie średniej arytmetycznej z odpowiedzi dotyczącej bieżącej i przyszłej sytuacji gospodarczej przedsiębiorstwa. Wyliczany jest w cyklach miesięcznych.

Wyróżniono także sprzedaż w badanym podmiocie w przekroju przestrzenno – czasowym z podziałem na poszczególne kraje, w których realizowane były produkowane instalacje wentylacyjne.

Dużą grupę danych stanowiły dane w przekroju obiektowo – czasowym, gdzie obiekty stanowili poszczególni dostawcy firmy.

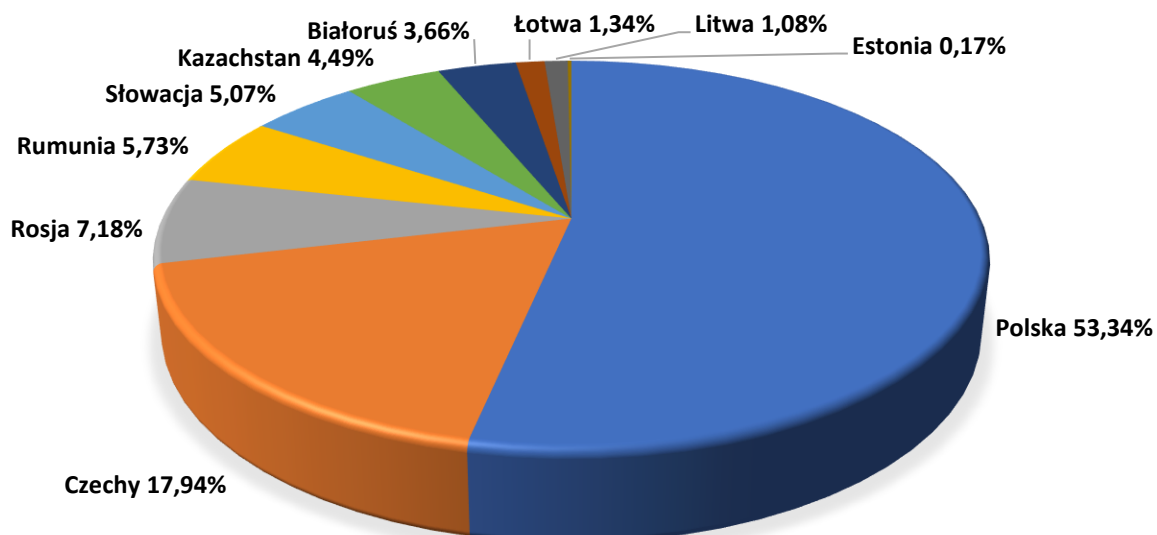
Dane jakie zostały poddane analizie to obserwacje miesięczne, które objęły okres od 2019 do 2024 roku. W celu ujednolicenia analiz szeregów czasowych przyjęto ceny stałe z października 2024 roku.

Biorąc pod uwagę ekspansję rynku sprzedaży badanego podmiotu, można wyróżnić 8 głównych destynacji gdzie firma realizuje sprzedaż.



Wykres 12. Kraje zbytu firmy VentiAir.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

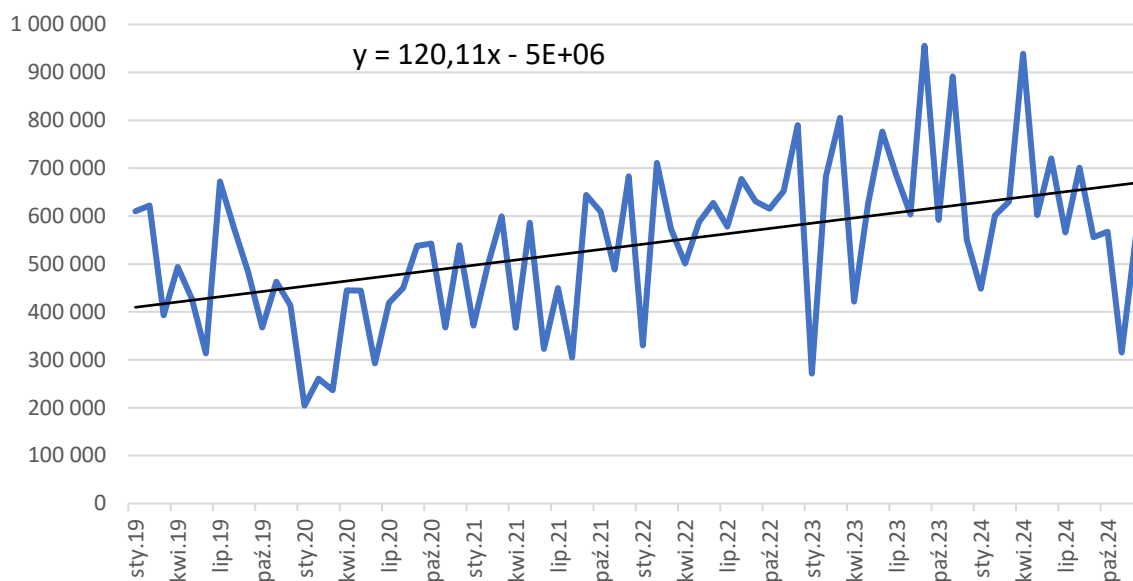


Wykres 13. Udział sprzedaży wg krajów zbytu firmy VentiAir.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

Wg udziału w całej sprzedaży największa część przypada Polsce – 53,34% oraz w Czechach 17,94%. Kolejne 30% udziału przypada na Rumunię – 5,73%; Słowację – 5,07%; Kazachstan 4,49%; Łotwę – 1,34%; Litwę 1,08% i Estonię 0,17%. Sprzedaż do Rosji, z udziałem 7,18% oraz Białorusi 3,66% została zaniechana z końcem 2022 roku. W zamian, nowym rynkiem zbytu stał się wymieniony wcześniej Kazachstan (nie ujmowany na mapie ze względów wizualnych).

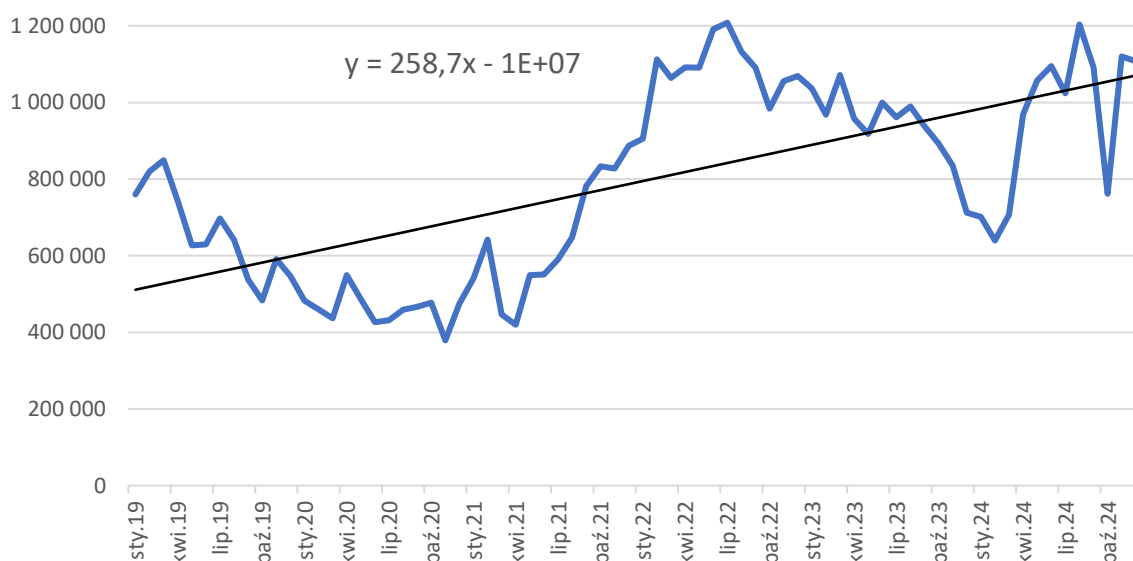
Na wykresie 14 przedstawiono poziom sprzedaży firmy w badanym okresie, tj. w latach 2019 – 2024 w interwałach miesięcznych. Przedstawiony szereg czasowy charakteryzuje się dużą dynamiką oraz zauważyć można w nim trend rosnący. Tego typu dane będą determinowały wybór dalszych metod analiz.



Wykres 14. Poziom sprzedaży firmy VentiAir € ceny stałe.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

Szereg czasowy danych dotyczących stanu magazynowego firmy z uwzględnieniem wyrobów gotowych przedstawiono na wykresie 15.



Wykres 15. Zapas magazynowy firmy VentiAir € ceny stałe.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

Na wykresie wyróżnić można trzy charakterystyczne podokresy. Lata 2019 – 2020 to czas stabilizacji w poziomie zapasów firmy. Początek roku 2021 to moment dynamicznego przyrostu poziomu zapasów trwający do maja 2022 roku, a później utrzymujący się wysoki poziom stanów magazynowych lipca 2023 roku. Koniec 2023

i początek 2024 roku to wyraźny spadek poziomu zapasów, który znów dynamicznie wzrasta do końca 2024 roku. Analiza implikacji jakie niesie ten prosty wykres są znaczące i będą omawiane w dalszej części pracy.

W kolejnym etapie badań poddano analizie model wygładzania wykładniczego Browna zarówno dla poziomu zapasu jak i sprzedaży. W trakcie analiz próbowano wyznaczyć najlepszą wielkość parametru wygładzania α , kierując się minimalizacją błędu RMSPE (*Root Mean Squared Percentage Error*). RMSPE jest to wskaźnik oceny dokładności prognoz, który mierzy średni błąd procentowy między przewidywanymi a rzeczywistymi wartościami w danym zbiorze danych. Mierzy on błąd procentowy, co może być przydatne przy porównywaniu modeli dla różnych skali danych. Im niższa jego wartość, tym lepsze dopasowanie modelu do danych empirycznych. Wyrażony jest on wzorem (29):

$$RMSPE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left(\frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t} \right)^2} \quad (29)$$

gdzie:

$RMSPE$ – błąd procentowy;

n – liczba obserwacji;

Y_t – empiryczna wartość zjawiska;

$\hat{Y}_t$ – teoretyczna wartość zjawiska.

Zaproponowano dwa modele wygładzania wykładniczego Browna, zarówno dla poziomu zapasów jak i sprzedaży. Po obliczeniach, uzyskano następujące postaci tych modeli (odpowiednio dla zapasów zmienna ZAP i sprzedaży zmienna SEL):

$$Z\hat{A}P_t = \alpha ZAP_t + (1 - \alpha)Z\hat{A}P_{t-1}$$

$$S\hat{E}L_t = \alpha SEL_t + (1 - \alpha)S\hat{E}L_{t-1}.$$

Parametry wygładzania α oraz średnie błędy RMSPE umieszczono w tabeli 3.

Tabela 3. Parametry modelu wygładzania Browna oraz średnie błędy procentowe dla zapasów i sprzedaży.

Analizowana zmienna	Parametr wygładzania α	Średni błąd procentowy RMSPE
ZAP	$\alpha \rightarrow 1$	$RMSPE \rightarrow 0\%$
SEL	$\alpha \rightarrow 1$	$RMSPE \rightarrow 0\%$

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

Po przeprowadzeniu symulacji okazało się, że zarówno dla modelu zapasów jak i sprzedaży parametr α dążył do 1, a tym samym błąd procentowy RMSPE dążył do 0.

Uzyskane w ten sposób wyniki wskazują, że model wygładzania wykładniczego Browna zarówno dla zapasów jak i sprzedaży jest bardzo mało wrażliwy na nowe obserwacje. Oznacza to, że uzyskane w ten sposób prognozy utrzymywałyby się na poziomie ostatniej obserwacji, a nowe dane nie miałyby znaczącego wpływu na wygładzoną serię i wynikową prognozę. Model Browna z parametrem α dążącym do 1 jest nieefektywny i słabo reaguje na nowe dane, co może prowadzić do prognoz, które nie odzwierciedlają aktualnych trendów i zmian badanego zjawiska.

Kolejne analizy objęły model wygładzania wykładniczego Holta. Podobnie jak wcześniej zaproponowano dwa modele zarówno dla zapasów jak i sprzedaży. Po przeprowadzeniu symulacji uzyskano następujące wyniki, które zawarto w tabeli.

Tabela 4. Parametry modelu wygładzania wykładniczego Holta oraz średnie błędy procentowe dla zapasów i sprzedaży.

Analizowana zmienna	Parametr wygładzania α	Parametr wygładzania β	Średni błąd procentowy RMSPE
ZAP	0,9841	0,0926	2,45%
SEL	0,9883	0,0337	0,95%

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

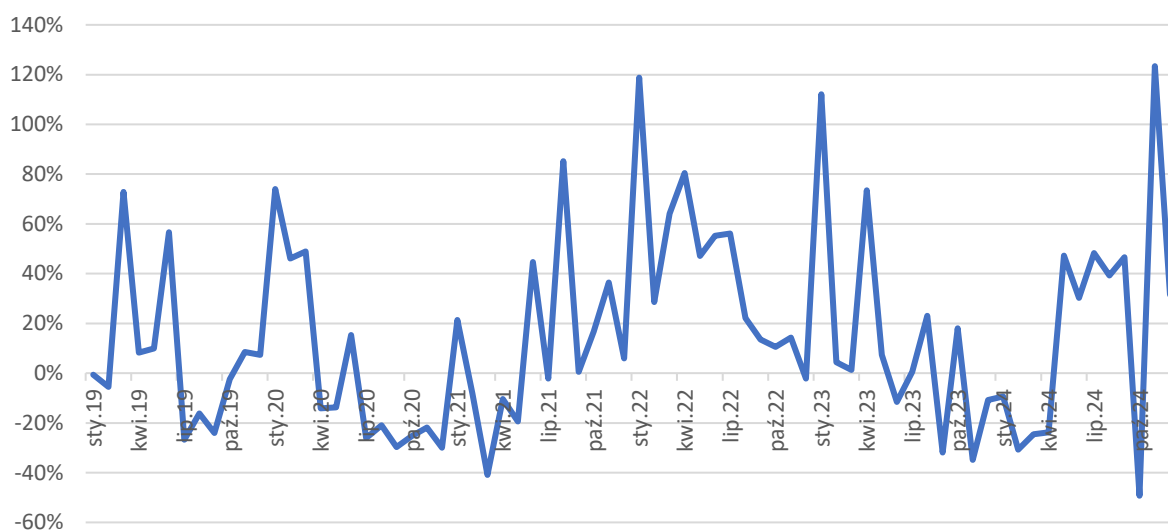
Uzyskane w ten sposób wyniki oznaczają, że model bardzo silnie reaguje na nowe dane. Parametr α dla zapasów jest na poziomie 0,9841 natomiast dla sprzedaży jest równy 0,9883. Oznacza to, że nowe obserwacje mają duży wpływ na prognozowany poziom badanych wielkości. Mankamentem takich wyników jest to, że model prawie całkowicie ignoruje dane historyczne. Niski poziom parametrów β w obydwu modelach sugeruje, że trend nie zmienia się gwałtownie i jest traktowany jako stabilne zjawisko. Wyznaczone błędy RMSPE badanych modeli są bardzo niskie. Dla zapasów błąd ten wynosi 2,45% a dla sprzedaży 0,95%.

Obliczono także wskaźnik obrotu zapasami, dzieląc poziom przychodu ze sprzedaży w danym miesiącu przez poziom zapasów. Tak obliczoną wartość skorygowano o 1 i pomnożono przez 100%. Wyliczeń dokonano za pomocą formuły (30):

$$WRZ = \left(\frac{\text{bieżące zapasy}}{\text{bieżące przychody ze sprzedaży}} - 1 \right) \times 100\% \quad (30)$$

gdzie WRZ to wskaźnik rotacji zapasów.

W ten sposób uzyskano miesięczne wskaźniki rotacji zapasów w badanym okresie. Na wykresie 16 zobrazowano charakter badanego miernika.

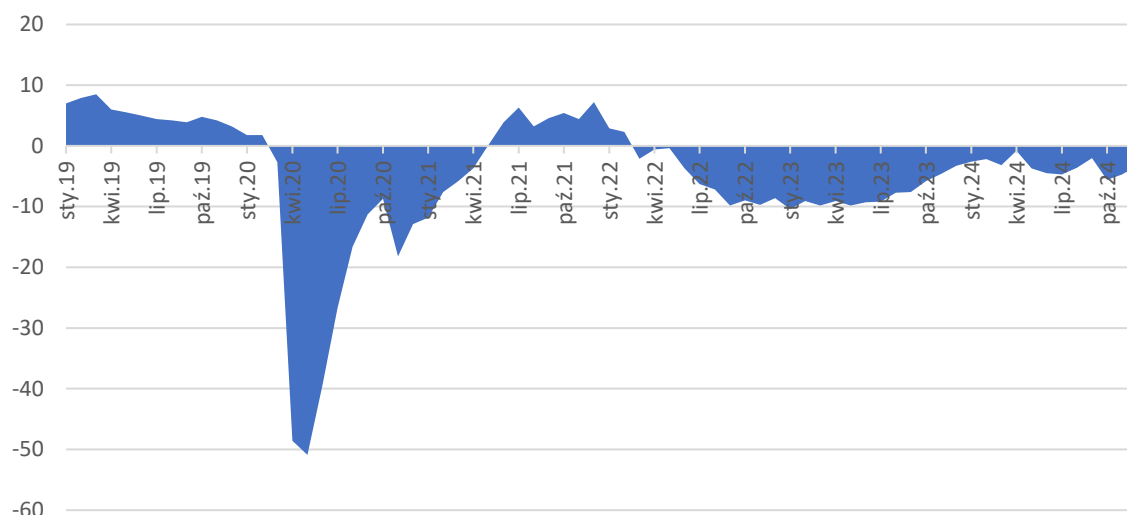


Wykres 16. Wskaźniki rotacji zapasów dla poszczególnych miesięcy.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

Na wykresie wyróżnić można okres do połowy 2021 roku w którym występuje przewaga zapasu nad sprzedażą do niespełna 70% udziału. Od połowy 2021 roku do około połowy 2023 roku zauważyć można przewagę zapasów nad sprzedażą sięgającą aż 120% udziału. Okres od połowy 2023 roku odznacza się znowu mniejszą przewagą poziomu zapasu do poziomu sprzedaży – około 50%. Nietypowe zakończenie 2024 roku ma odzwierciedlenie w klęsce żywiołowej, z którą borykała się firma.

Ciekawym wskaźnikiem, który zwrócił uwagę w trakcie analiz jest ogólny wskaźnik koniunktury. Jego przebieg w badanym okresie przedstawiono na wykresie 17.



Wykres 17. Poziom ogólnego wskaźnika koniunktury.
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS.

Wykres 17 wyraźnie ukazuje, że moment wystąpienia pandemii COVID-19 spowodował potężny spadek optymizmu przedsiębiorców, który w czasie zaczął się odbudowywać i przyjął poziom zero w maju 2021 roku. Krótki, około roczny okres ożywienia, w kolejnym roku – również w okolicy maja znów przyjął charakter pesymistyczny i już się nie zmienił. Obraz taki przedstawia trudną sytuację podmiotów na rynku i jest potwierdzeniem w jak turbulentnych warunkach obecnie przedsiębiorstwa muszą działać.

Poddano badaniu zależność tego wskaźnika względem innych zmiennych analizowanych w opracowaniu. Wyliczone współczynniki korelacji pomiędzy ogólnym wskaźnikiem koniunktury a zmiennymi takimi jak poziom zapasu materiałowego, wyrobów gotowych, poziomu sprzedaży, udziału poszczególnych grup dostawców ze względu na wolumen dostaw nie przyniosły pozytywnych rezultatów. Ogólny wskaźnik koniunktury nie wykazuje korelacji z powyżej wymienionymi zmiennymi, a jeśli wykazuje, to nie są one statystycznie istotne.

5. Wyniki badań i analiz

W celu weryfikacji postawionych w pracy hipotez badawczych oraz realizacji celu pracy zaproponowano analizy przedstawione w tej części pracy. Badania te obejmują metody analizy danych, które pozwalają ocenić badane zagadnienia oraz wyciągnąć adekwatne wnioski z przeprowadzonych obliczeń.

5.1. Wielorównaniowy model sprzedaży wg krajów firmy VentiAir

Dokonując analizy sprzedaży postanowiono zaproponować interesujący model wielorównaniowy o równaniach pozornie niezależnych (model typu SURE - *Seemingly Unrelated Regression Equations*) (Zellner 1962, Wooldridge 2019). Dodatkowo w zbudowanym modelu poszczególne równania mają dynamiczną postać modelu korekty błędem ECM. Takie podejście do analizy danych pozwala uzyskać bardzo interesujące wyniki z analiz. Poniżej przedstawiono postać zaproponowanego modelu:

$$\Delta CZE_t = \alpha_0 + \beta_0 \Delta OGOL_t + (\alpha_1 - 1)CZE_{t-1} + (1 - \alpha_1)\delta_0 OGOL_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\Delta EST_t = \alpha_0 + \beta_0 \Delta OGOL_t + (\alpha_1 - 1)EST_{t-1} + (1 - \alpha_1)\delta_0 OGOL_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\Delta KAZ_t = \alpha_0 + \beta_0 \Delta OGOL_t + (\alpha_1 - 1)KAZ_{t-1} + (1 - \alpha_1)\delta_0 OGOL_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\Delta LIT_t = \alpha_0 + \beta_0 \Delta OGOL_t + (\alpha_1 - 1)LIT_{t-1} + (1 - \alpha_1)\delta_0 OGOL_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\Delta LOT_t = \alpha_0 + \beta_0 \Delta OGOL_t + (\alpha_1 - 1)LOT_{t-1} + (1 - \alpha_1)\delta_0 OGOL_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\Delta POL_t = \alpha_0 + \beta_0 \Delta OGOL_t + (\alpha_1 - 1)POL_{t-1} + (1 - \alpha_1)\delta_0 OGOL_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\Delta RUM_t = \alpha_0 + \beta_0 \Delta OGOL_t + (\alpha_1 - 1)RUM_{t-1} + (1 - \alpha_1)\delta_0 OGOL_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\Delta SLO_t = \alpha_0 + \beta_0 \Delta OGOL_t + (\alpha_1 - 1)SLO_{t-1} + (1 - \alpha_1)\delta_0 OGOL_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\Delta RUS_t = \alpha_0 + \beta_0 \Delta OGOL_t + (\alpha_1 - 1)RUS_{t-1} + (1 - \alpha_1)\delta_0 OGOL_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\Delta BIA_t = \alpha_0 + \beta_0 \Delta OGOL_t + (\alpha_1 - 1)BIA_{t-1} + (1 - \alpha_1)\delta_0 OGOL_{t-1} + \varepsilon_t$$

gdzie:

ΔCZE_t – przyrost sprzedaży w badanym kraju (CZE, EST, itd.) w okresie t ;

$\Delta OGOL_t$ – przyrost sprzedaży całkowitej w okresie t ;

CZE_{t-1} – poziom sprzedaży w badanym kraju w okresie $t-1$;

$OGOL_{t-1}$ – poziom sprzedaży całkowitej w okresie $t-1$;

α_0 – wyraz wolny;

β_0 – mnożnik krótkookresowy;

δ_0 – mnożnik długoogresowy;

$\alpha_1 - 1$ – współczynnik korekty błędem;

ε_t – składnik losowy.

W modelu tym wyróżniono następujące oznaczenia:

OGOL – poziom sprzedaży całkowitej,

CZE – poziom sprzedaży w Czechach,

EST – poziom sprzedaży w Estonii,

KAZ – poziom sprzedaży w Kazachstanie,

LIT – poziom sprzedaży w Litwie,

LOT – poziom sprzedaży w Łotwie,

POL – poziom sprzedaży w Polsce,

RUM – poziom sprzedaży w Rumunii,

SLO – poziom sprzedaży w Słowacji,

RUS – poziom sprzedaży w Rosji,

BIA – poziom sprzedaży w Białorusi.

Z tak zaproponowanego 10 równaniowego modelu usunięto kraje takie jak Rosja i Białoruś ze względu na zaniechanie sprzedaży do tych krajów w 2022 roku. Ze względu na niewielką ilość danych dla Estonii, Kazachstanu oraz Litwy równania opisujące sprzedaż w tych krajach mają z założenia gorsze oszacowania. Na wykresie 18 zaprezentowano przyrosty dla zmiennej sprzedaż z podziałem na poszczególne kraje.



Wykres 18. Przyrosty sprzedaży dla poszczególnych krajów.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

Wykres obrazuje przyrosty sprzedaży dla poszczególnych badanych krajów. Dla krajów takich jak Czechy, Polska, Rumunia czy Szwecja zauważyć można kompletne dane odznaczające się różną dynamiką. Niektóre z krajów odznaczają się incydentalną sprzedażą – są to Estonia, Litwa i Łotwa. Na wykresie dodatkowo zauważyć można, że sprzedaż do Estonii praktycznie zakończyła się w roku 2022. Rynkami zbytu, na których sprzedaż została zakończona z końcem 2023 roku były Rosja i Białoruś. Natomiast nowym krajem odnotowującym sprzedaż stał się w zamian Kazachstan.

W procesie estymacji modelu uzyskano następujące oszacowania poszczególnych parametrów:

$$\Delta C\hat{Z}E_t = -18064,1 + 0,248\Delta OGOL_t - 0,759CZE_{t-1} + 0,169OGOL_{t-1}$$

(34273,2) (0,049) (0,119) (0,067)

$$\Delta E\hat{S}T_t = 3748,0 - 0,001\Delta OGOL_t - 0,720EST_{t-1} - 0,005OGOL_{t-1}$$

(1209,2) (0,001) (0,113) (0,002)

$$\Delta K\hat{A}Z_t = -37475,1 + 0,095\Delta OGOL_t - 0,684KAZ_{t-1} + 0,100OGOL_{t-1}$$

(30657,5) (0,043) (0,118) (0,057)

$$\Delta \hat{LIT}_t = -12403,1 + 0,015\Delta OGOL_t - 1,109LIT_{t-1} + 0,035OGOL_{t-1}$$

(8557,4) (0,012) (0,121) (0,015)

$$\Delta \hat{LOT}_t = 251,0 + 0,019\Delta OGOL_t - 1,085LOT_{t-1} + 0,014OGOL_{t-1}$$

(7433,7) (0,010) (0,122) (0,013)

$$\Delta \hat{POL}_t = 31050,6 + 0,411\Delta OGOL_t - 0,877POL_{t-1} + 0,406OGOL_{t-1}$$

(48551,6) (0,070) (0,119) (0,100)

$$\Delta \hat{RUM}_t = -38791,2 + 0,086\Delta OGOL_t - 0,741CZE_{t-1} + 0,115OGOL_{t-1}$$

(17992,5) (0,025) (0,116) (0,035)

$$\Delta \hat{SLO}_t = -10225,8 + 0,072\Delta OGOL_t - 0,983CZE_{t-1} + 0,070OGOL_{t-1}$$

(18921,5) (0,028) (0,122) (0,035)

Zaproponowany model przedstawia strukturę sprzedaży i jest w stanie zbadać wpływ sprzedaży całkowitej na sprzedaż w poszczególnych krajach. Aby można było szacować parametry modeli dynamicznych niezbędne jest spełnienie warunku o stacjonarności badanych zmiennych. Jednym z najpopularniejszych testów służących do badania tego zjawiska jest rozszerzony test Dickeya-Fullera. Badane szeregi czasowe dla poszczególnych krajów odznaczały się poniższymi wielkościami statystyk wymienionego testu.

Tabela 5. Statystyki testu ADF z wartościami krytycznymi prawdopodobieństwa dla szeregów czasowych przyrostów sprzedaży w poszczególnych krajach.

Zmienna	Parametr (p-1)	Statystyka testu ADF	p-value
$\Delta OGOL$	-4,716	-4,234	0,0006
ΔCZE	-3,041	-7,190	0,0000
ΔEST	-4,393	-5,176	0,0000
ΔKAZ	-8,215	-4,706	0,0000
ΔLIT	-4,926	-6,317	0,0000
ΔLOT	-6,336	-4,708	0,0000
ΔPOL	-3,324	-6,483	0,0000
ΔRUM	-7,226	-5,959	0,0000
ΔSLO	-2,308	-12,158	0,0000

Kolorem czerwonym oznaczono istotne parametry p-1.

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych VentiAir.

Tabela 5 wskazuje, że wszystkie badane szeregi czasowe odznaczają się pożądanym zjawiskiem stacjonarności procesu, a zastosowanie zaproponowanych metod analiz jest uzasadnione.

Kolejnymi miernikami, które zostały poddane ocenie są współczynnik dopasowania modelu do danych empirycznych R^2 , współczynnik autokorelacji I rzędu ρ (ro) określający czy reszty generowane przez model mają charakter autokorelacyjny oraz statystyka wskazująca o normalności reszt χ^2 (chi²).

Tabela 6. Obliczone współczynniki determinacji R^2 , autokorelacji I rzędu ρ oraz χ^2 normalności rozkładu reszt dla estymowanych równań.

Estymowane równanie	Współczynnik determinacji R^2	Współczynnik autokorelacji ρ	Statystyka χ^2
ΔCZE	0,5559	-0,0256	11,153
ΔEST	0,3860	0,0245	73,308
ΔKAZ	0,3556	0,0115	60,234
ΔLIT	0,5607	0,0287	263,200
ΔLOT	0,5622	-0,0085	92,897
ΔPOL	0,6194	-0,0337	1,038
ΔRUM	0,4124	-0,0189	8,721
ΔSLO	0,5317	-0,0136	85,1400

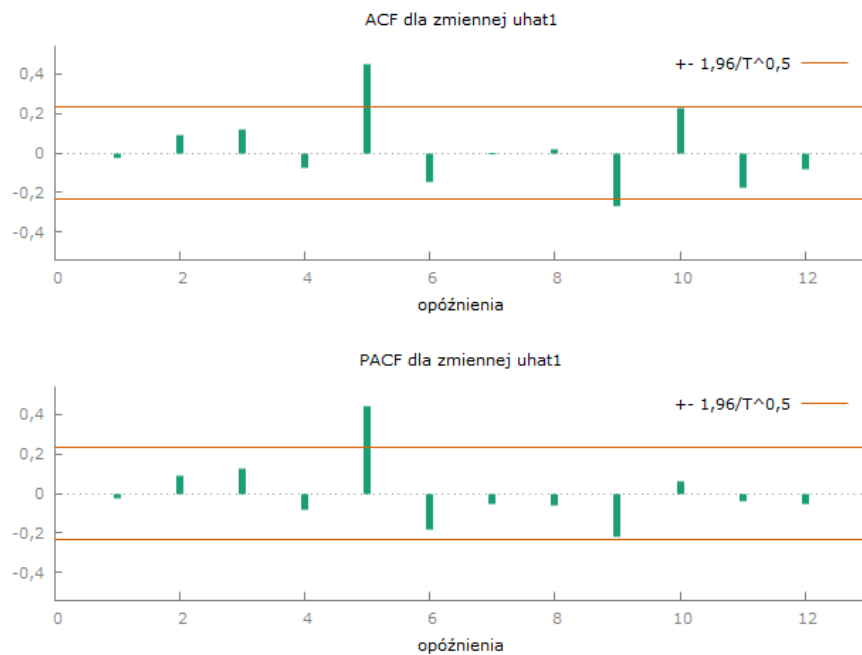
Kolorem czerwonym oznaczono istotne parametry.

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych VentiAir.

Poddając interpretacji powyższe wyniki zauważyć można, że dopasowanie modeli do danych empirycznych waha się w zakresie od 35,56% dla Kazachstanu do 61,94% dla Polski. Niższe poziomy tego współczynnika wynikają w badanych modelach z niejednorodnych szeregów czasowych. Biorąc pod lupę współczynnik autokorelacji ρ jego wielkości wskazują na brak autokorelacji reszt w badanych modelach. W przypadku statystyki χ^2 określającej czy badane składniki losowe generowane przez estymowane modele wykazują zbieżność z rozkładem normalnym wyniki pokazują, że jedynie w przypadku równania dotyczącego Polski składnik resztowy odznacza się normalnością. W pozostałych przypadkach reszty nie mają rozkładu normalnego. Przyczyną takich wyników może być specyficzny charakter danych polegający na braku obserwacji w poszczególnych okresach lub brakiem dopasowania reszt do rozkładu normalnego, który często występuje w przypadku szeregów czasowych z danymi o wysokiej częstotliwości.

W dalszym ciągu analizy oszacowanego modelu poddano weryfikacji reszty pod względem autokorelacji i autokorelacji cząstkowej. Funkcje te można oszacować dla pojedynczego procesu, a jej obrazem jest korelogram. Funkcja autokorelacji (*Autocorrelation Function* - ACF) będzie wskazywać zależności pomiędzy obserwacjami odległymi w czasie. Natomiast funkcja autokorelacji cząstkowej (*Partial Autocorrelation Function* - PACF) wskazuje bezpośredni związek pomiędzy obserwacjami. Jeżeli wszystkie wartości oszacowanych współczynników autokorelacji cząstkowej są mniejsze od wartości krytycznych, wówczas badany proces ma charakter losowy, często określany również jako proces białego szumu (*white noise*) (por. Kufel, 2007). Jest to zjawisko jak najbardziej pożądane w badanych rozkładach odchyłeń losowych generowanych przez zaproponowane

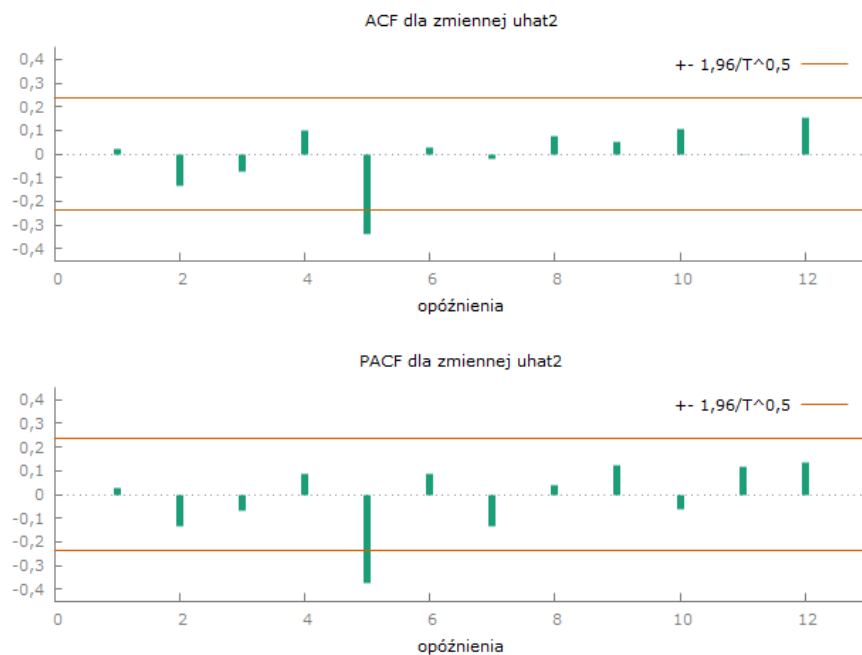
modele. Poniżej przedstawiono korelogramy funkcji ACF i PACF dla poszczególnych równań modelu.



Wykres 19. Wykresy funkcji ACF i PACF dla reszt z równania CZE.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

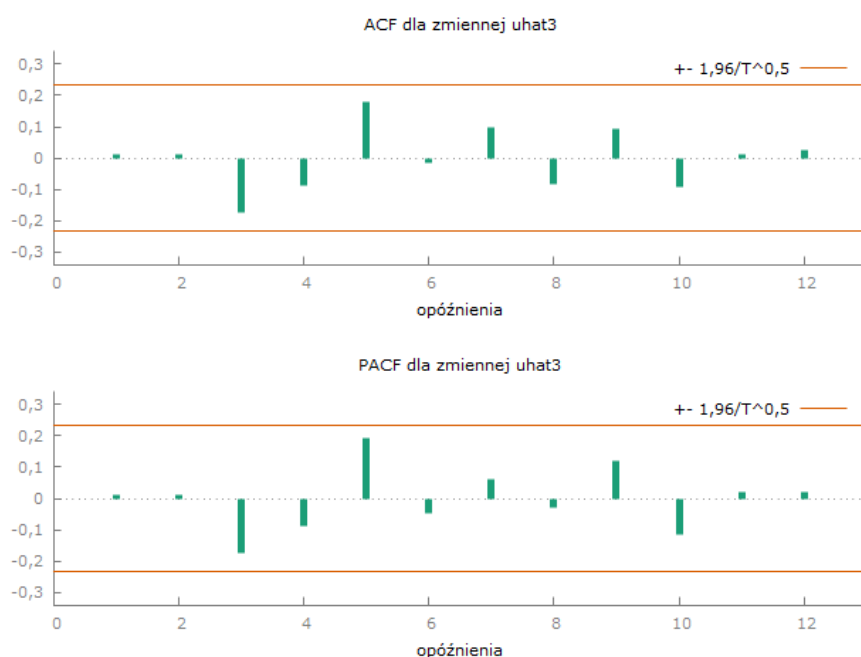
Na powyższych wykresach zauważyć można, że dla piątego opóźnienia może występować autokorelacja składnika resztowego dla równania Czech.



Wykres 20. Wykresy funkcji ACF i PACF dla reszt z równania EST.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

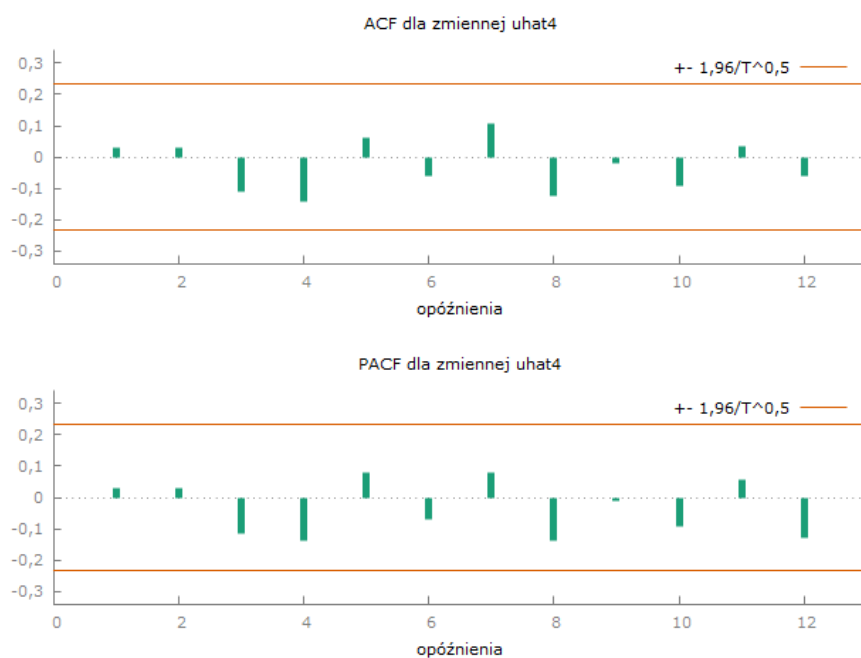
Podobnie jak dla równania dla Czech, w równaniu opisującym Estonię może wystąpić autokorelacja piątego rzędu.



Wykres 21. Wykresy funkcji ACF i PACF dla reszt z równania KAZ.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

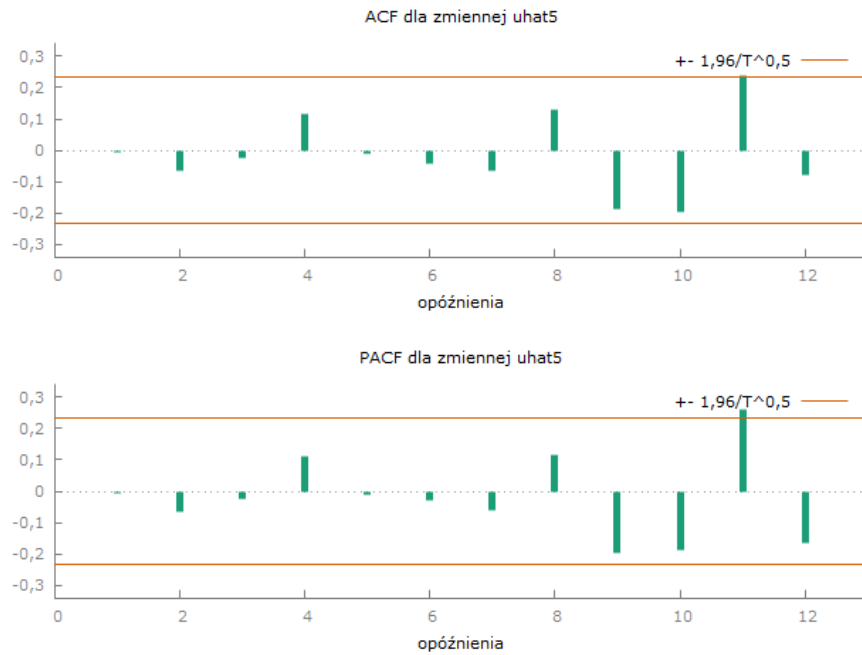
Reszty z równania dla Kazachstanu nie przekraczają prostej odnoszącej się do wartości krytycznej, zatem posiadają jak najbardziej własności odpowiednie.



Wykres 22. Wykresy funkcji ACF i PACF dla reszt z równania LIT.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

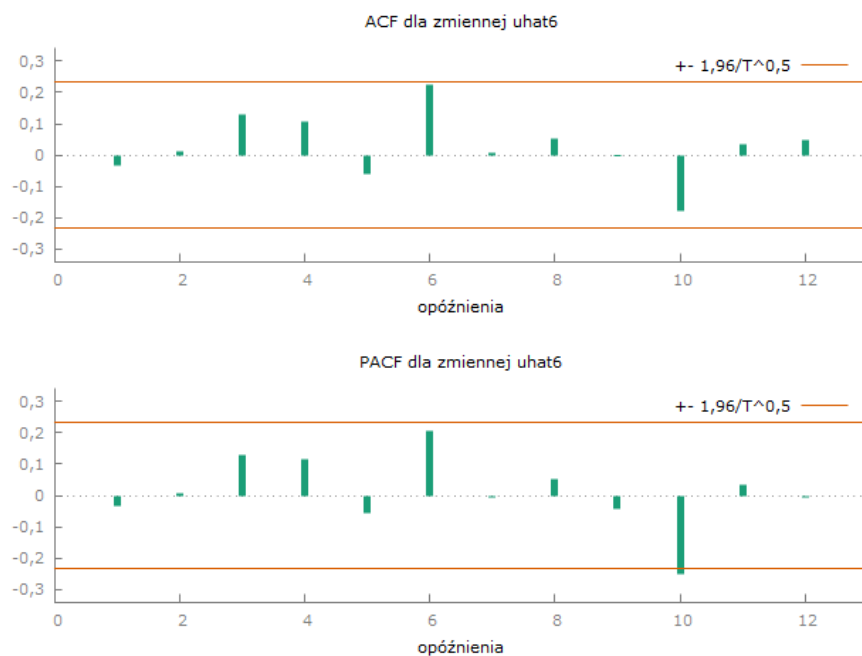
Podobnie jak dla wcześniejszego równania, reszty równania dla Litwy posiadają pożądane własności.



Wykres 23. Wykresy funkcji ACF i PACF dla reszt z równania LOT.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

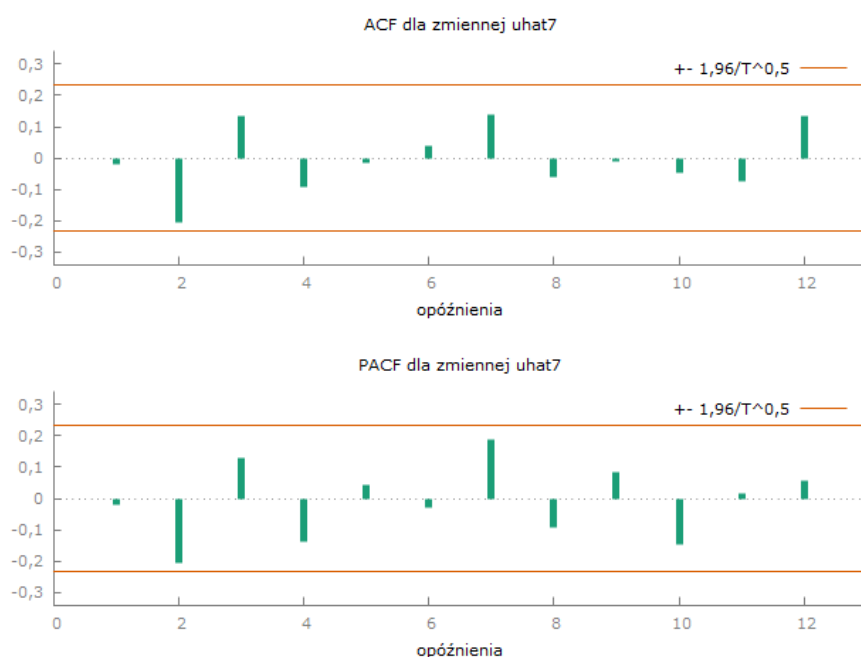
Dla Łotwy, reszty w odległym opóźnieniu 11 mogą wykazywać autokorelację.



Wykres 24. Wykresy funkcji ACF i PACF dla reszt z równania POL.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

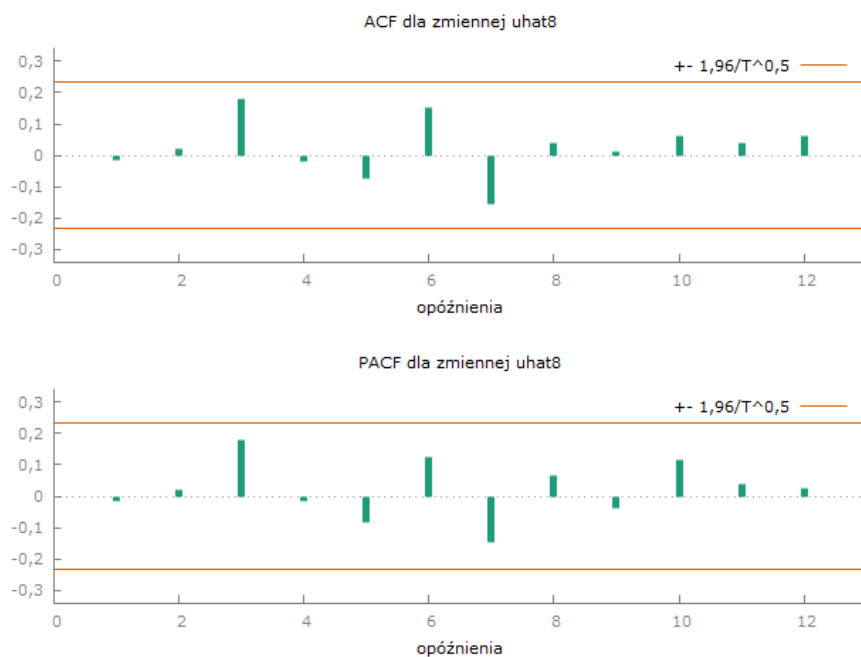
Reszty z równania dla Polski podobnie jak badane wcześniej dla Łotwy mogą wykazywać autokorelację dla rzędu 10.



Wykres 25. Wykresy funkcji ACF i PACF dla reszt z równania RUM.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

Reszty z równania dla Rumunii nie przekraczają wartości krytycznej, zatem posiadają pożądane własności.



Wykres 26. Wykresy funkcji ACF i PACF dla reszt z równania SLO.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

Podobnie jak dla Rumunii, reszty z równania dla Słowacji posiadają odpowiednie własności.

Badanie funkcji autokorelacji ACF i autokorelacji cząstkowej PACF daje istotne informacje na temat własności odchyłeń losowych w analizowanych równaniach wielorównaniowego modelu sprzedaży. Po przeprowadzeniu analizy reszt z poszczególnych równań okazało się, że większość z nich posiada pożądane własności i nie wykazuje autokorelacji. Odchylenia losowe dla równań dla Czech i Estonii mogą wykazywać autokorelację przy 5 opóźnieniu, natomiast dla Polski i Łotwy przy odległym 10 i 11. Może to oznaczać, że sprzedaż w tych krajach jest obarczona sezonowością.

Interesującą częścią prowadzonych badań jest interpretacja parametrów estymowanego modelu sprzedaży. W tabeli 7 umieszczono wyestymowane parametry dla poszczególnych równań wraz z błędami i wartościami krytycznymi statystyk p-value.

Tabela 7. Wyestymowane parametry modelu wraz z błędami oszacowań i wartościami krytycznymi prawdopodobieństw dla badanych krajów.

Estymowane równanie	Parametr α_0 Błąd $S(\alpha_0)$ p-value	Parametr β_0 Błąd $S(\beta_0)$ p-value	Parametr (α_1-1) Błąd $S(\alpha_1-1)$ p-value	Parametr $(1-\alpha_1) \delta_0$ Błąd $(1-\alpha_1) \delta_0$ p-value
ΔCZE	-18064,1 (34273,2) 0,5999	0,248 (0,049) 0,0000	-0,759 (0,119) 0,0000	0,169 (0,067) 0,0142
ΔEST	3748,5 (1209,27) 0,0028	-0,001 (0,001) 0,3213	-0,720 (0,113) 0,0000	-0,005 (0,002) 0,0090
ΔKAZ	-37475,1 (34273,2) 0,2259	0,095 (0,043) 0,0329	-0,684 (0,118) 0,0000	0,100 (0,057) 0,0823
ΔLIT	-12403,1 (8557,4) 0,1520	0,015 (0,012) 0,2049	-1,109 (0,121) 0,0000	0,035 (0,015) 0,0284
ΔLOT	251,0 (7433,7) 0,9732	0,019 (0,010) 0,0821	-1,085 (0,122) 0,0000	0,014 (0,013) 0,2946
ΔPOL	31050,6 (48551,6) 0,5247	0,411 (0,070) 0,0000	-0,877 (0,119) 0,0000	0,406 (0,100) 0,0001
ΔRUM	-38791,2 (17992,5) 0,0347	0,086 (0,025) 0,0013	-0,741 (0,116) 0,0000	0,115 (0,035) 0,0017
ΔSLO	-10225,8 (18921,5) 0,5907	0,072 (0,027) 0,0107	-0,983 (0,122) 0,0000	0,069 (0,035) 0,0517

Kolorem czerwonym oznaczono istotne parametry.

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych VentiAir.

Kolorem czerwonym wyróżniono parametry statystycznie istotne. Jeżeli chodzi o wyraz wolny w modelach – parametr α_0 – brak statystycznej istotności nie ma w przeprowadzonych obliczeniach większego znaczenia, to brak istotności statystycznej w przypadku pozostałych parametrów nie jest zjawiskiem pożądanym. Gorsze własności parametrów mogą wynikać z braku obserwacji w poszczególnych okresach, o czym wspomiano wcześniej. Dane w tabeli obrazują, że większość wyestymowanych parametrów strukturalnym równań jest statystycznie istotna, co pozwala powiedzieć, że równania posiadają pożądane własności.

Tabela 7 stanowi podstawę do obliczenia końcowych wskaźników ekonomicznych pozwalających wyciągnąć finalne wnioski z zastosowanego modelu wielorównaniowego o specyfice SURE z nałożeniem na niego postaci ECM do każdego równania.

W tabeli 8 obliczono mnożniki krótko i długookresowe dla poszczególnych równań oraz współczynnik korekty błędem.

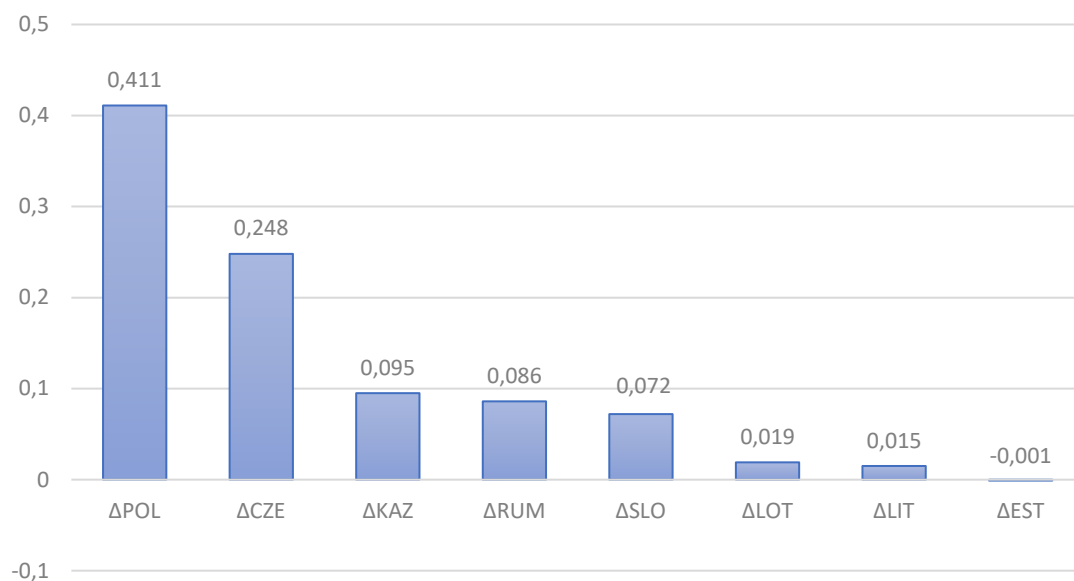
Tabela 8. Wyliczone mnożniki krótko i długookresowe oraz współczynniki korekty błędem dla poszczególnych równań estymowanego modelu.

Estymowane równanie	Mnożnik krótkookresowy β_0	Mnożnik długookresowy δ_0	Współczynnik korekty błędem α_1-1
ΔCZE	0,248	0,222	-0,759
ΔEST	-0,001	-0,007	-0,720
ΔKAZ	0,095	0,146	-0,684
ΔLIT	0,015	0,032	-1,109
ΔLOT	0,019	0,013	-1,085
ΔPOL	0,411	0,463	-0,877
ΔRUM	0,086	0,155	-0,741
ΔSLO	0,072	0,071	-0,983

Kolorem czerwonym oznaczono istotne parametry.

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych VentiAir.

W celu lepszej czytelności wyznaczonych wskaźników zaprezentowane je na wykresach 27, 28 i 29.

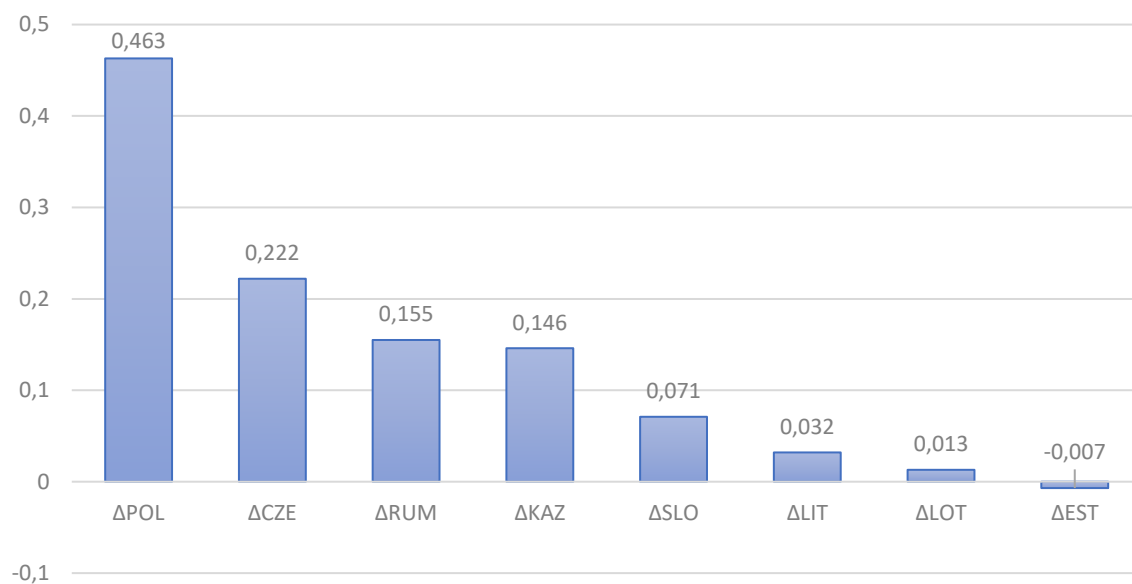


Wykres 27. Mnożniki krótkookresowe dla poszczególnych krajów.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

Biorąc pod uwagę strukturę estymowanego modelu wielkości wskazane na wykresie 27 obrazują jak zmiany sprzedaży ogólnej będzie wpływać na zmiany sprzedaży w poszczególnych krajach w krótkim okresie. Przyrost sprzedaży będzie miał największy wpływ na zmiany sprzedaży w Polsce, jest to aż 41% całego udziału sprzedaży. Duże zmiany będą również następować w Czechach stanowiąc wzrost sprzedaży o około 25%. Sprzedaż w kolejnych krajach jak: Kazachstan, Rumunia oraz Słowacja powinna wzrastać z udziałem od około 7% do 10%. Najmniejsze zmiany z tytułu sprzedaży ogólnej w krótkim okresie powinny następować w Estonii, Litwie oraz Łotwie (1,5-2%).

Na wykresie 28 zaprezentowano mnożniki długookresowe.

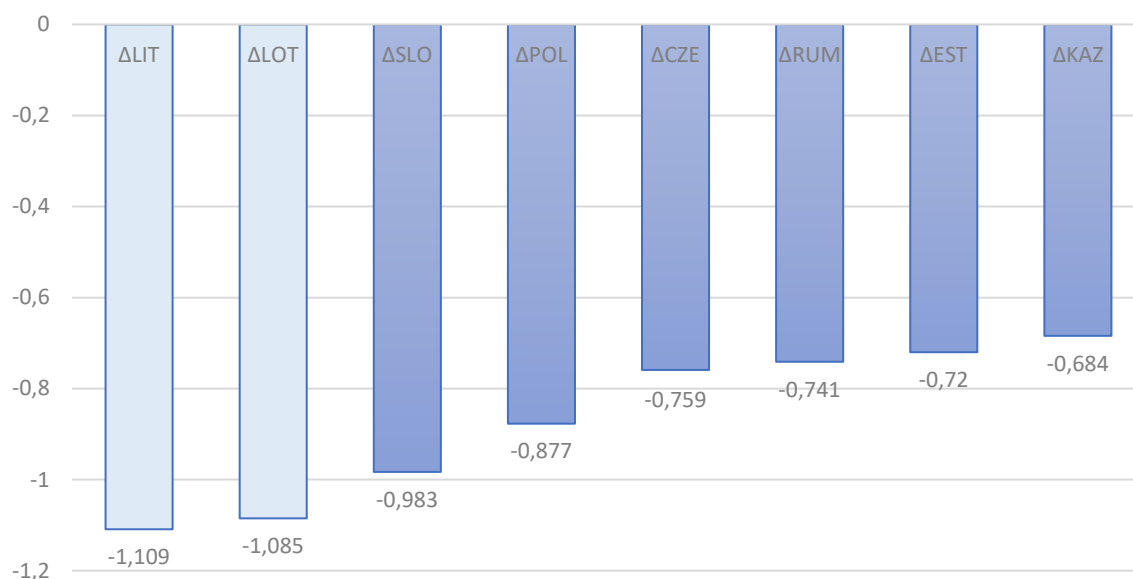


Wykres 28. Mnożniki długookresowe dla poszczególnych krajów.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

Wielkości mnożników długookresowych pokazują jak w długim okresie zmiany sprzedaży w badanym podmiocie będą wpływać na sprzedaż w poszczególnych krajach. Największe mnożniki długookresowe są dla Polski i Czech, odpowiednio 46% i 22%. Oznacza to, że zmiany w sprzedaży ogólnej najsilniej wpłyną na sprzedaż do tych krajów z takim udziałem. Mnożniki długookresowe na poziomie około 15% odnotowały Rumunia oraz Kazachstan. Dla Słowacji wskaźnik wyniósł 7,1% natomiast Litwa i Łotwa uzyskały odpowiednio 3,2% oraz 1,3%. Ujemne wartości wskaźników dla Estonii zarówno w krótkim jak i długim okresie najprawdopodobniej spowodowane jest specyficzną charakterystyką danych źródłowych.

Obliczenia wieńczy współczynnik korekty błędem α_1-1 wskazujący siłę mechanizmu korekty błędem.



Wykres 29. Siła mechanizmu korekty błędem dla poszczególnych równań.

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych VentiAir.

W prowadzonych analizach wartość współczynnika mechanizmu korekty błędem stanowi kluczową rolę i należy przyrzeć się mu bliżej. Jak wspomniano wcześniej parametr ten powinien być mniejszy od zera aby w długim okresie badany proces powracał do stanu równowagi. Im wyższa wartość bezwzględna tego parametru tym szybciej nastąpi powrót do równowagi. Problem pojawia się gdy wartość parametru jest mniejsza niż -1, ponieważ będzie to świadczyć o tym, że badany proces wykazuje niestabilność co oznaczałoby, że występujące oscylacje wokół trajektorii równowagi będą miały charakter rosnącej amplitudy, co jest zjawiskiem wysoce niepożądanym. W analizowanym modelu równanie dla Litwy oraz Łotwy wykazuje taki charakter i nie należy poddawać ich interpretacji pod tym kątem. Analizując pozostałe równania zauważyć można, że siła mechanizmu korekty błędem jest największa dla Słowacji parametr na poziomie -0,983. Dla kolejnych krajów parametry te wynoszą odpowiednio -0,877 dla Polski, -0,759 dla Czech, -0,741 dla Rumunii, -0,720 dla Estonii oraz -0,684 dla Kazachstanu.

Wartości współczynnika korekty błędem pokazują, że zastosowanie modelu korekty błędem ECM w połączeniu ze specyfiką modelu wielorównaniowego SURE jest dobrym narzędziem do badania struktury zjawisk jakie zachodzą w podmiotach gospodarczych. Otrzymane wyniki wskazały jak charakteryzuje się sprzedaż z podziałem na poszczególne kraje oraz jak zmiany sprzedaży ogólnej będą wpływać na zmiany właśnie w tych krajach. Największymi odbiorcami produkcji badanego podmiotu są Polska i Czechy. Uzyskane

wyniki obliczeń potwierdzają ten fakt, pozwalają jednak w dokładny sposób poznać jak charakteryzuje się specyfika sprzedaży na wszystkich rynkach zbytu oraz stanowić pomocne narzędzie do zarządzania przedsiębiorstwem w obszarze strategii sprzedaży.

5.2. Wielorównaniowy model dostawców wg krajów firmy VentiAir

W dalszej części analiz postanowiono skonstruować wielorównaniowy model dostawców. Podobnie jak wcześniej konstruując model wykorzystano metodologię równań pozornie niezależnych SURE oraz specyfikację równań w postaci ECM. Poniżej zaproponowano następującą postać modelu:

$$\Delta AUS_t = \alpha_0 + \beta_0 \Delta OGOL_t + (\alpha_1 - 1) AUS_{t-1} + (1 - \alpha_1) \delta_0 OGOL_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\Delta CZE_t = \alpha_0 + \beta_0 \Delta OGOL_t + (\alpha_1 - 1) CZE_{t-1} + (1 - \alpha_1) \delta_0 OGOL_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\Delta DAN_t = \alpha_0 + \beta_0 \Delta OGOL_t + (\alpha_1 - 1) DAN_{t-1} + (1 - \alpha_1) \delta_0 OGOL_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\Delta EST_t = \alpha_0 + \beta_0 \Delta OGOL_t + (\alpha_1 - 1) EST_{t-1} + (1 - \alpha_1) \delta_0 OGOL_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\Delta WŁO_t = \alpha_0 + \beta_0 \Delta OGOL_t + (\alpha_1 - 1) WŁO_{t-1} + (1 - \alpha_1) \delta_0 OGOL_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\Delta LI_t = \alpha_0 + \beta_0 \Delta OGOL_t + (\alpha_1 - 1) LI_{t-1} + (1 - \alpha_1) \delta_0 OGOL_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\Delta LIT_t = \alpha_0 + \beta_0 \Delta OGOL_t + (\alpha_1 - 1) LIT_{t-1} + (1 - \alpha_1) \delta_0 OGOL_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\Delta HOL_t = \alpha_0 + \beta_0 \Delta OGOL_t + (\alpha_1 - 1) HOL_{t-1} + (1 - \alpha_1) \delta_0 OGOL_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\Delta POL_t = \alpha_0 + \beta_0 \Delta OGOL_t + (\alpha_1 - 1) POL_{t-1} + (1 - \alpha_1) \delta_0 OGOL_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\Delta SZW_t = \alpha_0 + \beta_0 \Delta OGOL_t + (\alpha_1 - 1) SZW_{t-1} + (1 - \alpha_1) \delta_0 OGOL_{t-1} + \varepsilon_t$$

gdzie:

ΔAUS_t – przyrost dostaw z badanego kraju (AUS, CZE, itd.) w okresie t ;

$\Delta OGOL_t$ – przyrost dostaw całkowitych w okresie t ;

AUS_{t-1} – dostawy z badanego kraju w okresie $t-1$;

$OGOL_{t-1}$ – dostawy całkowite w okresie $t-1$;

α_0 – wyraz wolny;

β_0 – mnożnik krótkookresowy;

δ_0 – mnożnik długookresowy;

$\alpha_1 - 1$ – współczynnik korekty błędem;

ε_t – składnik losowy.

W modelu tym wyróżniono następujące oznaczenia:

$OGOL$ – całkowity poziom dostaw,

AUS – poziom dostaw z Austrii,

CZE – poziom dostaw z Czech,

DAN – poziom dostaw z Danii,

EST – poziom dostaw z Estonii,

WŁO – poziom dostaw z Włoch,

LI – poziom dostaw z Lichtensteinu,

LIT – poziom dostaw z Litwy,

HOL – poziom dostaw z Holandii,

POL – poziom dostaw z Polski,

SZW – poziom dostaw z Szwecji.

Z tak zaproponowanego 10 równaniowego modelu ze względu na niewielką częstotliwość dostaw usunięto kraje takie jak Dania, Estonia, Litwa i Holandia. Na wykresie 30 zaprezentowano przyrosty dostaw z podziałem na poszczególne kraje.



Wykres 30. Przyrosty dostaw dla poszczególnych krajów.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

W procesie estymacji zaproponowanego modelu, uzyskano następujące oszacowania parametrów strukturalnych (wraz z błędami oszacowań, ujętymi w nawiasach pod parametrami):

$$\begin{aligned}
\Delta \hat{AUS}_t &= -499,1 + 0,005\Delta OGOL_t - 1,021AUS_{t-1} + 0,008OGOL_{t-1} \\
&\quad (1889,6) \quad (0,004) \quad (0,121) \quad (0,005) \\
\Delta \hat{CZE}_t &= 36247,4 + 0,176\Delta OGOL_t - 0,950CZE_{t-1} + 0,147OGOL_{t-1} \\
&\quad (12953,3) \quad (0,031) \quad (0,119) \quad (0,042) \\
\Delta \hat{WŁO}_t &= -48486,3 + 0,417\Delta OGOL_t - 1,0624WŁO_{t-1} + 0,408OGOL_{t-1} \\
&\quad (14098,9) \quad (0,034) \quad (0,120) \quad (0,061) \\
\Delta \hat{LI}_t &= 4019,9 + 0,026\Delta OGOL_t - 0,758LI_{t-1} + 0,004OGOL_{t-1} \\
&\quad (2970,1) \quad (0,007) \quad (0,115) \quad (0,009) \\
\Delta \hat{POL}_t &= -4157,0 + 0,382\Delta OGOL_t - 1,005POL_{t-1} + 0,461OGOL_{t-1} \\
&\quad (12856,7) \quad (0,034) \quad (0,120) \quad (0,067) \\
\Delta \hat{SZW}_t &= 5613,4 - 0,006\Delta OGOL_t - 0,769SZW_{t-1} - 0,011OGOL_{t-1} \\
&\quad (2288,5) \quad (0,005) \quad (0,119) \quad (0,006)
\end{aligned}$$

Zaproponowany model stanowi model struktury dostaw wg krajów jest w stanie zbadać relacje pomiędzy całkowitym poziomem dostaw a dostawami z poszczególnych krajów. Parametry dynamicznych modeli ekonometrycznych powinny odznaczać się stacjonarnością. Testem służącym do badania tego zjawiska jest rozszerzony test Dickeya-Fullera. Badane szeregi czasowe dla poszczególnych krajów odznaczały się poniższymi wielkościami statystyk wymienionego testu.

Tabela 9. Statystyki testu ADF z wartościami krytycznymi prawdopodobieństwa dla szeregów czasowych przyrostów dostaw w poszczególnych krajach.

Zmienna	Parametr (p-1)	Statystyka testu ADF	p-value
$\Delta OGOL$	-5,037	-6,333	0,0000
ΔAUS	-6,396	-4,866	0,0000
ΔCZE	-4,202	-6,267	0,0000
$\Delta WŁO$	-6,013	-5,522	0,0000
ΔLI	-3,039	-7,432	0,0000
ΔPOL	-2,861	-6,240	0,0000
ΔSZW	-2,018	-7,436	0,0000

Kolorem czerwonym oznaczono istotne parametry.

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych VentiAir.

Dane w tabeli 9 wskazują, że wszystkie badane szeregi czasowe odznaczają się pożądanym zjawiskiem stacjonarności procesu, a zastosowanie zaproponowanych metod analiz jest uzasadnione.

Kolejnymi miernikami, które zostały poddane ocenie są współczynnik dopasowania modelu do danych empirycznych R^2 , współczynnik autokorelacji ρ (ro) określający czy reszty generowane przez model mają charakter autokorelacyjny oraz statystyka wskazująca o normalności reszt χ^2 (chi²).

Tabela 10. Obliczone współczynniki determinacji R^2 , autokorelacji ρ oraz χ^2 normalności rozkładu reszt dla estymowanych równań.

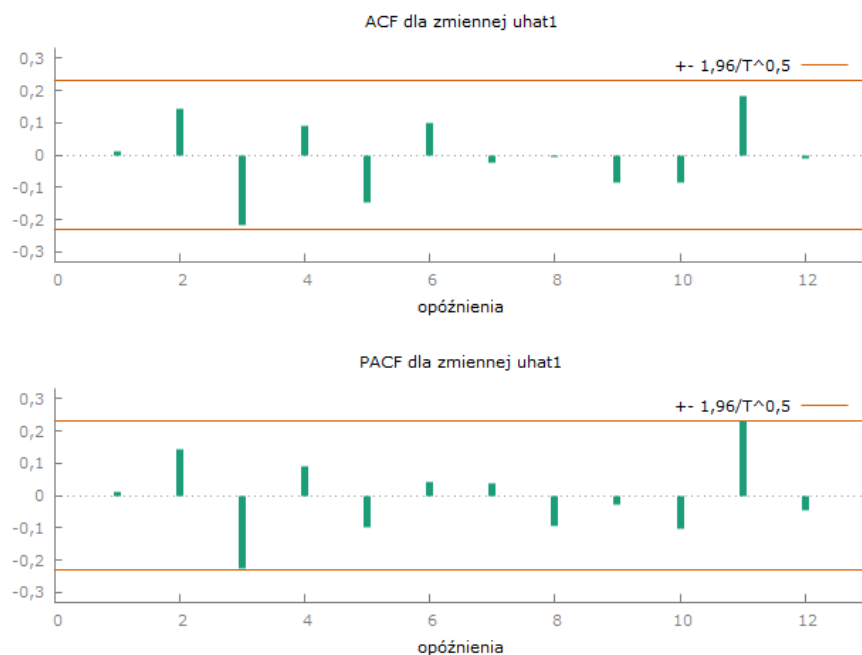
Estymowane równanie	Współczynnik determinacji R^2	Współczynnik autokorelacji ρ	Statystyka χ^2
ΔAUS	0,5096	0,0122	95,587
ΔCZE	0,6439	0,0148	2,525
$\Delta WŁO$	0,8446	0,0288	1,068
ΔLI	0,5331	-0,0351	53,008
ΔPOL	0,7545	-0,0012	2,483
ΔSZW	0,3813	-0,0088	214,311

Kolorem czerwonym oznaczono istotne parametry.

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych VentiAir.

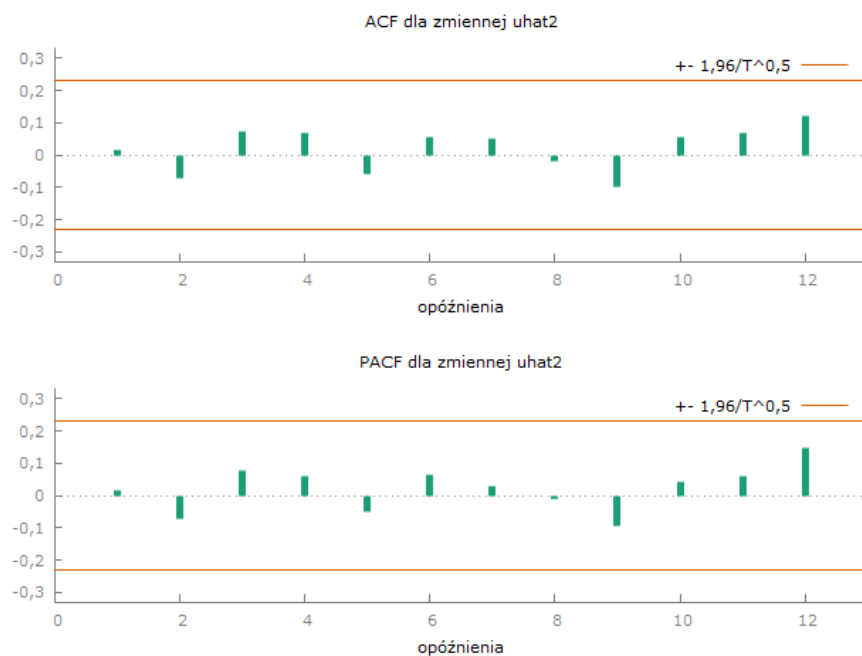
Poddając interpretacji powyższe wyniki zauważyć można, że dopasowanie modeli do danych empirycznych waha się w zakresie od 38,13% dla Szwecji do 84,46% dla Włoch. Współczynniki determinacji R^2 na takich poziomach świadczą o dobrym dopasowaniu modeli do danych empirycznych (wyłączając model dla Szwecji $R^2=38,13\%$). Biorąc pod lupę współczynnik autokorelacji ρ jego wielkości wskazują na brak autokorelacji reszt w badanych modelach. W przypadku statystyki χ^2 określającej czy badane składniki losowe generowane przez estymowane modele wykazują zbieżność z rozkładem normalnym wyniki pokazują, że w przypadku równań dotyczących Czech, Włoch i Polski składnik resztowy odznacza się normalnością. W przypadku Austrii, Lichtensteinu oraz Szwecji reszty nie mają rozkładu normalnego.

W celu głębszej analizy składnika resztowego zaproponowanego modelu, postanowiono dokonać badania autokorelacji i autokorelacji cząstkowej reszt poszczególnych równań. Podobnie jak w podrozdziale poprzednim dokonano tego wykorzystując funkcję ACF i PACF tworząc wykresy korelogramów.



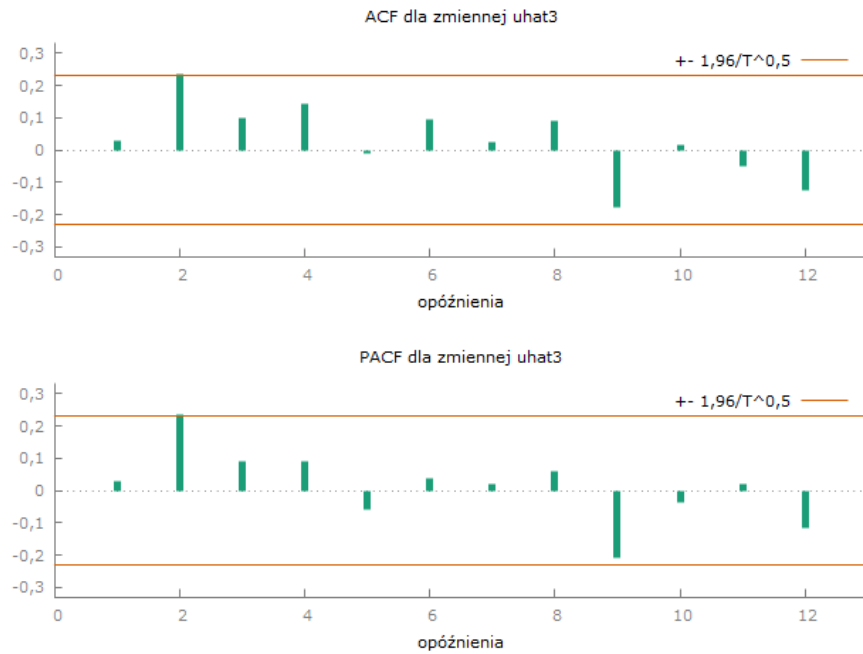
Wykres 31. Wykresy funkcji ACF i PACF dla reszt z równania AUS.
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

Reszty równania dla Austrii nie wykazują autokorelacji, choć dla opóźnień 3 oraz 11 słupki wykresu mocno zbliżają się do wartości krytycznej.



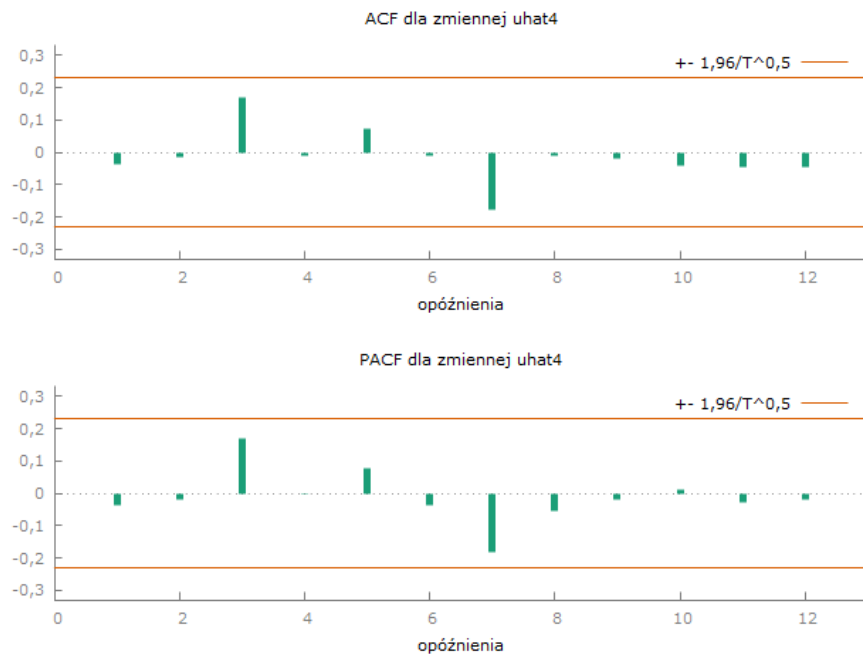
Wykres 32. Wykresy funkcji ACF i PACF dla reszt z równania CZE.
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

Dla Czech, odchylenia z równania mają własności jak najbardziej pożądane.



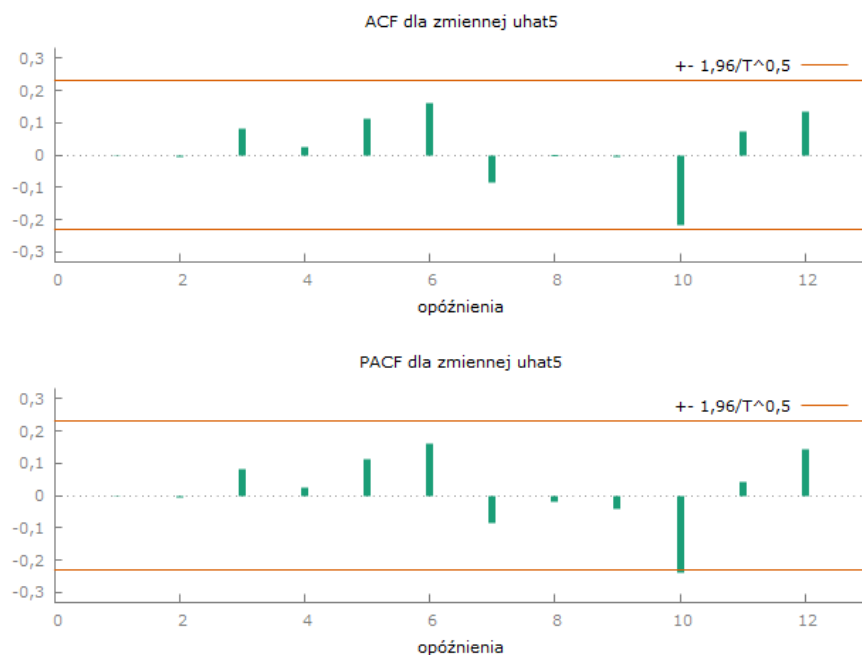
Wykres 33. Wykresy funkcji ACF i PACF dla reszt z równania WLO.
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

Reszty równania dla Włoch mogą wykazywać autokorelację i to już w drugim opóźnieniu.



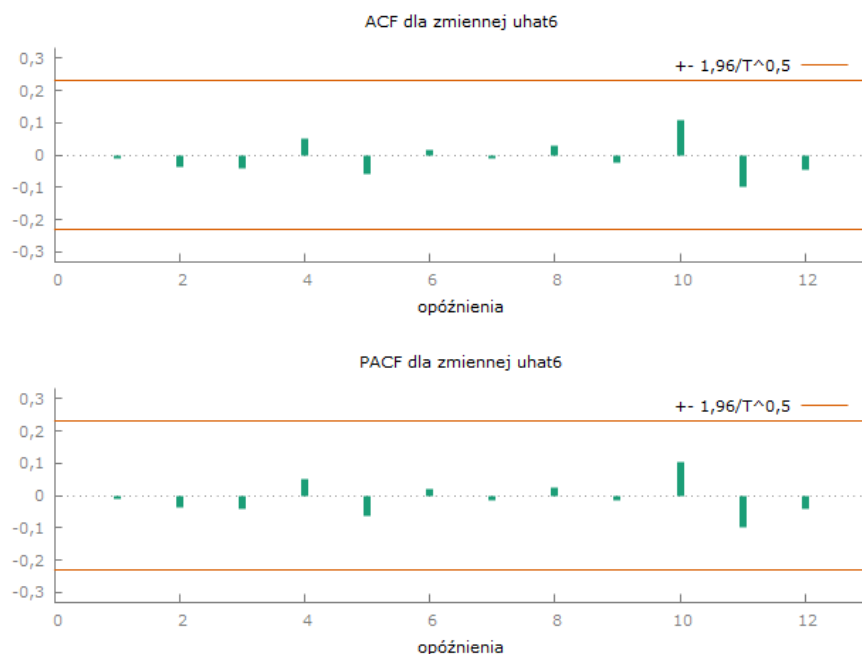
Wykres 34. Wykresy funkcji ACF i PACF dla reszt z równania LI.
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

Reszty z równania dla Lichtensteina nie wykazują zjawiska autokorelacji.



Wykres 35. Wykresy funkcji ACF i PACF dla reszt z równania POL.
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

Reszty z równania dla Polski mogą wykazywać zjawisko autokorelacji w odległym 10 opóźnieniu.



Wykres 36. Wykresy funkcji ACF i PACF dla reszt z równania SZW.
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

Odchylenia losowe dla Szwecji nie wykazują autokorelacji, co jest jak najbardziej pożądanym zjawiskiem.

Badanie odchyleń losowych w wielorównaniowym modelu dostawców daje pogłębione informacje na temat zasadności zastosowania użytej metodologii.

Po przeprowadzeniu analizy reszt z poszczególnych równań okazało się, że większość z nich posiada pożądane własności i nie wykazuje autokorelacji. Odchylenia losowe dla równań dla Austrii i Włoch mogą wykazywać autokorelację przy 2, 3 opóźnieniu, natomiast dla Polski przy odległym 10. Może to oznaczać, że dostawy z tych krajów obarczone są sezonowością.

Kolejną częścią prowadzonych badań jest interpretacja parametrów estymowanego modelu dostaw. W tabeli 11 umieszczono wyestymowane parametry dla poszczególnych równań wraz z błędami i wartościami krytycznymi statystyk p-value.

Tabela 11. Wyestymowane parametry modelu wraz z błędami oszacowań i wartościami krytycznymi prawdopodobieństw dla badanych krajów.

Estymowane równanie	Parametr α_0 Błąd S(α_0) p-value	Parametr β_0 Błąd S(β_0) p-value	Parametr (α_1-1) Błąd S(α_1-1) p-value	Parametr ($1-\alpha_1$) δ_0 Błąd ($1-\alpha_1$) δ_0 p-value
ΔAUS	-499,103 (1889,6) 0,7925	0,005 (0,004) 0,2838	-1,0213 (0,122) 0,0000	0,008 (0,005) 0,1591
ΔCZE	36247,4 (12953,3) 0,0067	0,176 (0,031) 0,000	-0,950 (0,119) 0,0000	0,147 (0,042) 0,0008
$\Delta WŁO$	-48486,3 (14098,9) 0,0010	0,417 (0,034) 0,000	-1,062 (0,120) 0,0000	0,408 (0,061) 0,000
ΔLI	4019,9 (2970,1) 0,1805	0,026 (0,007) 0,001	-0,758 (0,115) 0,0000	0,004 (0,009) 0,6329
ΔPOL	-4157,0 (12856,7) 0,7474	0,382 (0,034) 0,000	-1,005 (0,120) 0,0000	0,461 (0,067) 0,000
ΔSZW	5613,4 (2288,5) 0,0168	-0,006 (0,005) 0,2650	-0,769 (0,119) 0,0000	-0,011 (0,006) 0,1017

Kolorem czerwonym oznaczono istotne parametry.

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych VentiAir.

Kolorem czerwonym wyróżniono parametry statystycznie istotne. Jeżeli chodzi o wyraz wolny w modelach – parametr α_0 – brak statystycznej istotności nie ma w przeprowadzonych obliczeniach większego znaczenia, to brak istotności statystycznej w przypadku pozostałych parametrów nie jest zjawiskiem pożądanym. Dane w tabeli 11 wskazują, że większość wyestymowanych parametrów strukturalnym modelu jest statystycznie istotna, co pozwala powiedzieć, że model posiada pożądane własności.

W dalszej części wyliczono mnożniki krótko i długookresowe dla poszczególnych równań modelu oraz współczynnik korekty błędem.

Tabela 12. Wyliczone mnożniki krótko i długookresowe oraz współczynniki korekty błędem dla poszczególnych równań estymowanego modelu.

Estymowane równanie	Mnożnik krótkookresowy β_0	Mnożnik długookresowy δ_0	Współczynnik korekty błędem α_1-1
ΔAUS	0,005	0,007	-1,021
ΔCZE	0,176	0,154	-0,950
$\Delta WŁO$	0,417	0,384	-1,062
ΔLI	0,026	0,005	-0,758
ΔPOL	0,382	0,458	-1,005
ΔSZW	-0,006	-0,014	-0,769

Kolorem czerwonym oznaczono istotne parametry.

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych VentiAir.

Na wykresach 37, 38 i 39 zobrazowano poziomy wyliczonych mnożników oraz współczynników korekty błędem.

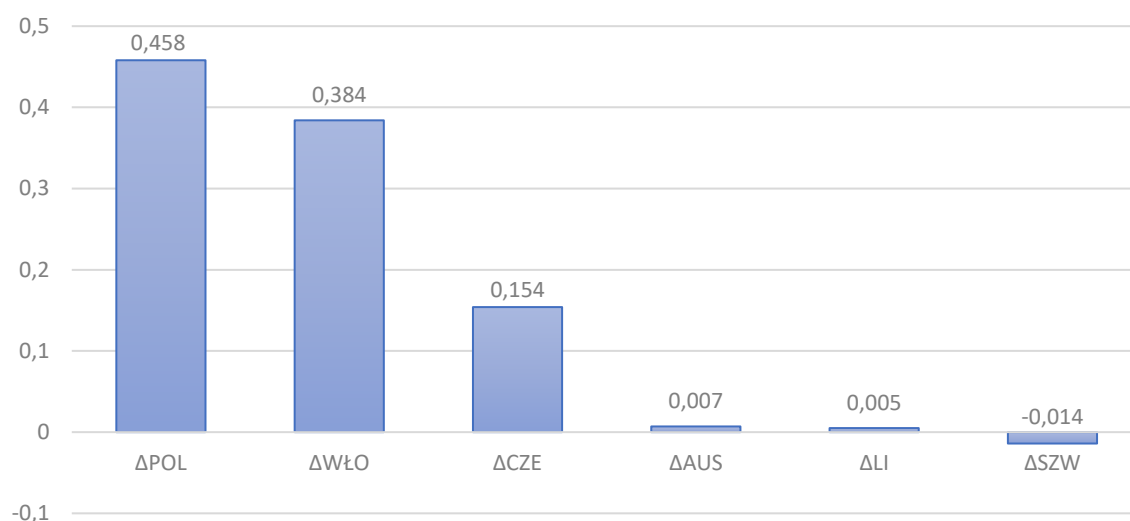


Wykres 37. Mnożniki krótkookresowe dla poszczególnych krajów.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

Wielkości wskazane na wykresie pokazują jak zmiany ogólnego poziomu dostaw będą wpływać na zmiany dostaw z poszczególnych krajów w krótkim okresie. Przyrost dostaw będzie miał największy wpływ na zmiany dostaw z Włoch, jest to ponad 41% całego udziału dostaw. Duże zmiany będą również następować w Polsce i Czechach stanowiąc wzrost dostaw odpowiednio o około 38% i 17%. Dostawy z pozostałych krajów

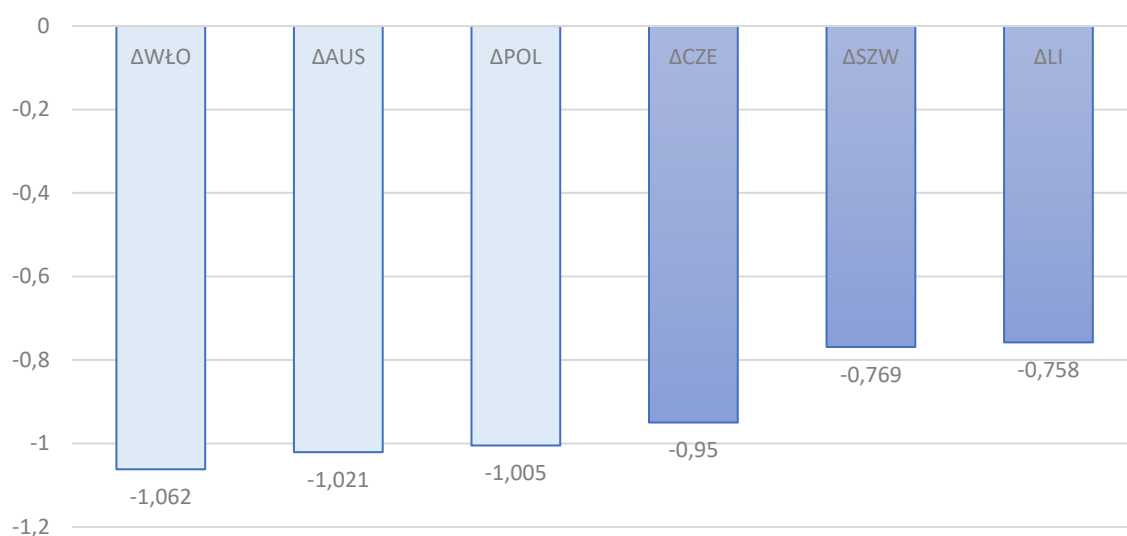
tj. Lichtensteinu, Austrii i Szwecji odznaczają się już mniejszym wpływem zmian, odpowiednio: 2,6%; 0,5% i -0,6%.



Wykres 38. Mnożniki długookresowe dla poszczególnych krajów.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

Wielkości mnożników długookresowych wskazują jak w długim okresie zmiany ogólnego poziomu dostaw w badanym podmiocie będą wpływać na dostawy z poszczególnych krajów. Największe mnożniki długookresowe są dla Polski, Włoch i Czech, odpowiednio 45%, 38% i 15%. Oznacza to, że zmiany ogólnego poziomu dostaw najsilniej wpłyną na zmiany dostaw z tych krajów. Pozostałe badane kraje tj. Austria, Lichtenstein i Szwecja odznaczają się niskimi poziomami tych mnożników.



Wykres 39. Siła mechanizmu korekty błędem dla poszczególnych równań.

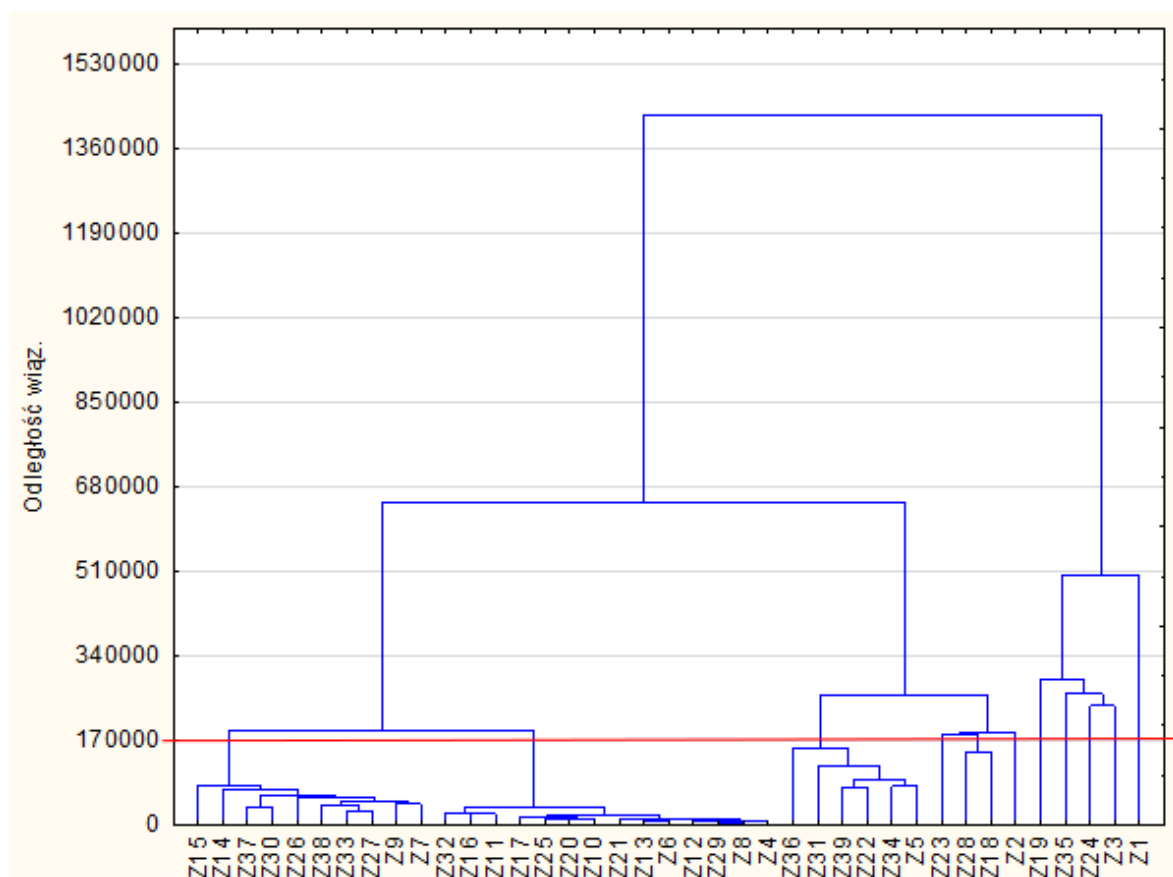
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

Analizując współczynniki mechanizmu korekty błędem w analizowanym modelu równania dla Włoch, Austrii i Polski wykazują wartość bezwzględną współczynnika powyżej wartości 1 co jest niestety zjawiskiem niepożądanym. Dla Czech badany współczynnik wyniósł -0,95 co świadczy o bardzo dużej sile mechanizmu korekty błędem. Dla Szwecji i Lichtensteinu współczynnik ten przyjął również wysoką wartość około -0,75. Wysokie wartości tego współczynnika będą powodować bardzo szybki powrót do trajektorii równowagi po zmianach jakie wystąpią w analizowanych zjawiskach.

5.3. Model sprzedaży firmy VentiAir

Kolejną częścią badań stała się analiza sprzedaży firmy VentiAir pod względem dostawców. Dokonano analizy, którzy dostawcy pełnią szczególną rolę w zmianach sprzedaży firmy.

Pierwszym krokiem było wyselekcjonowanie 39 głównych dostawców firmy. Kryterium stanowiła częstotliwość dostaw oraz ich wolumen. Ponieważ dalsza analiza dla tak dużej liczby regresorów niezależnych stanowiłaby o rozmyciu wyników badań, dla ograniczenia liczby zmiennych przeprowadzono analizę skupień metodą Warda – wskazywaną przy założeniu badania wariancji. Jest to jedna z metod grupowania szacująca odległości pomiędzy skupieniami. Metoda Warda zaliczana jest do bardzo efektywnych metod, choć często tworzy skupienia o małej wielkości. Na wykresie 40 zobrazowano przebieg grupowania zmiennych.



Wykres 40. Grupowanie zmiennych metodą Warda..

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

Odcięcie na poziomie wskazanym linią czerwoną (odległość wiązana 170 000) pozwoliło ograniczyć liczbę 39 głównych dostawców do 11 zmiennych. Dostawcy Z1, Z2, Z3,

Z19, Z23, Z24 i Z35 występowali dalej indywidualnie. Pozostali, zgodnie ze wskazaniem metody pogrupowani zostali w cztery grupy liczące 2, 6, 10 a nawet 14 dostawców. Grupa 2 elementowa to dostawcy: Z18 i Z28; grupa 6 elementowa to dostawcy: Z5, Z22, Z31, Z34, Z36 i Z39; grupa 10 elementowa (grupa ZA) to dostawcy: Z7, Z9, Z14, Z15, Z26, Z27, Z30, Z33, Z37 i Z38); oraz grupa 14 elementowa (grupa ZB) to dostawcy: Z4, Z6, Z8, Z10, Z11, Z12, Z13, Z16, Z17, Z20, Z21, Z25, Z29 i Z32.

Na podstawie takiego zgrupowania czynników zaproponowano model skonstruowany na podstawie modelu korekty błędem:

$$\begin{aligned} \Delta SEL = & \alpha_0 + (\alpha_1 - 1)(SEL_{t-1} - \delta_1 MAT_{t-1} - \delta_2 GOT_{t-1} - \delta_3 KON_{t-1} - \delta_4 Z1_{t-1} - \delta_5 Z2_{t-1} - \delta_6 Z3_{t-1} - \delta_7 Z19_{t-1} \\ & - \delta_8 Z23_{t-1} - \delta_9 Z24_{t-1} - \delta_{10} Z35_{t-1} - \delta_{11} Z1828_{t-1} - \delta_{12} Z52231343639_{t-1} - \delta_{13} ZA_{t-1} - \delta_{14} ZB_{t-1}) \\ & + \beta_1 \Delta MAT_t + \beta_2 \Delta GOT_t + \beta_3 \Delta KON_t + \beta_4 \Delta Z1_t + \beta_5 \Delta Z2_t + \beta_6 \Delta Z3_t + \beta_7 \Delta Z19_t + \beta_8 \Delta Z23_t \\ & + \beta_9 \Delta Z24_t + \beta_{10} \Delta Z35_t + \beta_{11} \Delta Z1828_t + \beta_{12} \Delta Z52231343639_t + \beta_{13} \Delta ZA_t + \beta_{14} \Delta ZB_t + \varepsilon_t \end{aligned}$$

gdzie:

ΔSEL_t – przyrost sprzedaży w okresie t ;

SEL_{t-1} – poziom sprzedaży w okresie $t-1$;

MAT_{t-1} – poziom zapasu materiału w okresie $t-1$;

GOT_{t-1} – poziom wyrobów gotowych w okresie $t-1$;

KON_{t-1} – poziom ogólnego wskaźnika koniunktury w okresie $t-1$;

$Z1_{t-1}$ – poziom dostaw od dostawcy Z1 w okresie $t-1$;

$Z2_{t-1}$ – poziom dostaw od dostawcy Z2 w okresie $t-1$;

$Z3_{t-1}$ – poziom dostaw od dostawcy Z3 w okresie $t-1$;

$Z19_{t-1}$ – poziom dostaw od dostawcy Z19 w okresie $t-1$;

$Z23_{t-1}$ – poziom dostaw od dostawcy Z23 w okresie $t-1$;

$Z24_{t-1}$ – poziom dostaw od dostawcy Z24 w okresie $t-1$;

$Z35_{t-1}$ – poziom dostaw od dostawcy Z35 w okresie $t-1$;

$Z1828_{t-1}$ – poziom dostaw od grupy dostawców Z18 i Z28 w okresie $t-1$;

$Z52231343639_{t-1}$ – poziom dostaw od grupy dostawców Z5, Z22, Z31, Z34, Z36 i Z39 w okresie $t-1$;

ZA_{t-1} – poziom dostaw od grupy dostawców ZA w okresie $t-1$;

ZB_{t-1} – poziom dostaw od grupy dostawców ZB w okresie $t-1$;

ΔMAT_t – przyrost zapasu materiału w okresie t ;

ΔGOT_t – przyrost wyrobów gotowych w okresie t ;
 ΔKON_t – przyrost ogólnego wskaźnika koniunktury w okresie t ;
 $\Delta Z1_t$ – przyrost dostawcy Z1 w okresie t ;
 $\Delta Z2_t$ – przyrost dostawcy Z2 w okresie t ;
 $\Delta Z3_t$ – przyrost dostawcy Z3 w okresie t ;
 $\Delta Z19_t$ – przyrost dostawcy Z19 w okresie t ;
 $\Delta Z23_t$ – przyrost dostawcy Z23 w okresie t ;
 $\Delta Z24_t$ – przyrost dostawcy Z24 w okresie t ;
 $\Delta Z35_t$ – przyrost dostawcy Z35 w okresie t ;
 $\Delta Z1828_t$ – przyrost dostawcy Z18 i Z28 w okresie t ;
 $\Delta Z52231343639_t$ – przyrost grupy dostawców Z5, Z22, Z31, Z34, Z36 i Z39 w okresie t ;
 ΔZA_t – przyrost grupy dostawców ZA w okresie t ;
 ΔZB_t – przyrost grupy dostawców ZB w okresie t ;
 α_0 – wyraz wolny;
 $\beta_1, \dots, \beta_{14}$ – mnożniki krótkookresowe;
 $\delta_1, \dots, \delta_{14}$ – mnożniki długookresowe;
 $\alpha_1 - 1$ – współczynnik korekty błędem;
 ε_t – składnik losowy.

Powyższy model został poddany estymacji z wykorzystaniem pakietu GRETL. Metodą estymacji była klasyczna metoda najmniejszych kwadratów. W tabeli 13 umieszczono obliczone oszacowania parametrów strukturalnych zaproponowanego modelu sprzedaży.

Tabela 13. Wartości ocen parametrów modelu SEL.

Zmienna	Parametr	Ocena	Statystyka t-Studenta	p-value
const	α_0	144 387,000	1,813	0,0746
Z24 _{t-1}	δ_9	3,167	4,260	<0,0001
ZB _{t-1}	δ_{14}	1,672	2,768	0,0074
MAT _{t-1}	δ_1	0,299	3,077	0,0031
$\Delta Z24_t$	β_9	1,314	2,255	0,0276
$\Delta Z23_t$	β_8	-1,562	-2,171	0,0337
SEL _{t-1}	$\alpha_1 - 1$	-0,958	-8,223	<0,0001

Kolorem czerwonym oznaczono istotne parametry.

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych VentiAir.

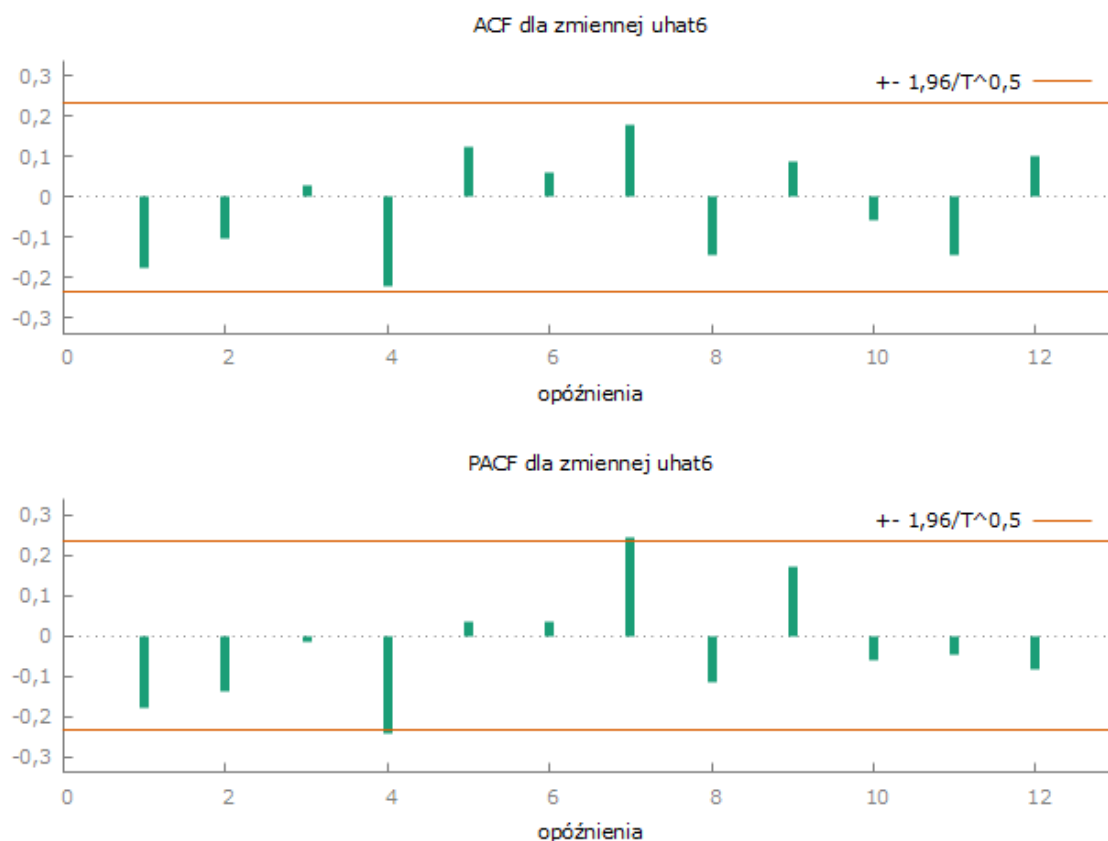
Przechodząc do interpretacji otrzymanych wyników potwierdzono istotną statystycznie zależność sprzedaży w długim okresie względem kluczowego dostawcy Z24 oraz drugiej co do wielkości grupy dostawców ZB oraz stanów magazynu materiałów. W krótkim okresie istnieje również dodatnia zależność względem wspomnianego kluczowego dostawcy Z24 oraz ujemna względem dostawcy Z23. Istnieje możliwość, że jest ona wynikiem zakłóconej dynamiki. Dostawy od Z23 pojawiają się w momencie i tak już opóźnionych dostaw, stąd pozorny wpływ negatywny.

Można pokusić się o stwierdzenie, że wysoka wartość współczynnika δ_9 na poziomie 3,167 będzie przyczyną ponadnormatywnego wzrostu sprzedaży w długim okresie w momencie wzrostu dostaw od kluczowego dostawcy Z24. Podobny charakter ma druga co do wielkości grupa dostawców ZB. Współczynnik δ_{14} na poziomie 1,672 również wskazywać może na większy niż jednostkowy przyrost sprzedaży w długim okresie, przy jednostkowym wzroście dostaw w tej grupie dostawców.

Istotnym czynnikiem jest również współczynnik korekty błędem mierzący siłę mechanizmu korekty błędem w badanych zależnościach. Wysoka wartość składnika $\alpha_1 - 1$ na poziomie -0,958 będzie świadczyć o bardzo szybkim powrocie procesu do trajektorii równowagi.

Poziom dopasowania modelu do danych empirycznych mierzony współczynnikiem determinacji R^2 wyniósł 62,98% i stanowi o dobrym dopasowaniu modelu. Przechodząc do własności składnika losowego zaproponowanego modelu okazało się, że reszty nie wykazują autokorelacji (statystyka LMF = 0,606 z wartości p-value $p = 0,827$), co jest zjawiskiem pożądanym. Dodatkowo badany rozkład reszt modelu wykazał zbieżność z rozkładem normalnym (statystyka $\chi^2 = 1,431$ z wartością p-value $p = 0,488$), co również jest zjawiskiem pozytywnym.

Reszty modelu poddano także analizie badając funkcję autokorelacji ACF i autokorelacji cząstkowej PACF. Na wykresie 41 umieszczono korelogram dla tych funkcji.



Wykres 41. Wykresy funkcji ACF i PACF dla reszt z równania modelu sprzedaży.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych VentiAir.

Z wykresu 41 wynika, że reszty modelu sprzedaży mogą odznaczać się autokorelacją w opóźnieniu 4 i 7. Reakcją na takie zjawisko mogłoby być wprowadzenie do modelu zmiennych sezonowych.

Można przyjąć przypuszczenie, że zaproponowany model sprzedaży uwzględniający zapas materiałowy, stan magazynu wyrobów gotowych, poziomu ogólnego wskaźnika koniunktury, a w szczególności poziomy dostaw od dostawców badanego podmiotu, jest w stanie stać się użytecznym narzędziem w analizie danych. Zastosowana metodologia może pozwolić na wyszukiwanie i wskazywanie czynników o szczególnych właściwościach, w tym przypadku dostawców/grup dostawców, którzy w ponadprzeciętny sposób wpływają na zmiany sprzedaży.

Przeprowadzone badania pozwoliły poznać strukturę sprzedaży badanego podmiotu. Zbudowano wielorównaniowy model sprzedaży, który pozwolił na przeanalizowanie głównych rynków sprzedaży firmy uzyskując informację w których krajach sprzedaż ma największy udział. Obliczając mnożniki krótko i długookresowe można określić jak zmiany sprzedaży całkowitej wpływają na zmiany sprzedaży na poszczególnych

rynkach zbytu. Sprawdzono czy badane zjawiska będą wracać po trajektorii równowagi (obliczając współczynnik korekty błędem). Dokonano weryfikacji otrzymanych wyników, dokonując testów statystycznych obliczonych parametrów i współczynników. Poświęcono dużo miejsca na analizę składnika resztowego estymowanych równań zaproponowanych modeli. Podobnie jak dla rynków sprzedaży, dokonano analizy rynku dostawców. Zbudowano wielorównaniowy model dla dostawców i dokonano jego wszechstronnej weryfikacji. Podobnie jak w modelu sprzedaży zbadano stacjonarność analizowanych procesów, poddano weryfikacji oszacowane parametry strukturalne poszczególnych równań modelu, zbadano i przetestowano dopasowanie równań modelu do danych empirycznych a także sprawdzono własności reszt. W końcowej fazie analiz zbudowano model sprzedaży w celu wyselekcjonowania dostawców pełniących szczególną rolę dla badanego podmiotu. W celu ograniczenia dużej liczby zmiennych objaśniających zastosowano metodę Warda w celu pogrupowania badanych dostawców. Pozwoliło to odpowiednio ograniczyć liczbę zmiennych w równaniu, a tym samym uzyskać lepsze oszacowania parametrów strukturalnych. Zbudowany w ten sposób model pozwolił zidentyfikować oraz ocenić dostawców mających wyjątkowe znaczenie dla badanej firmy.

Powyższe analizy, badania i obliczenia skłaniają do stwierdzenia, że zastosowane zaproponowanych narzędzi przetwarzania danych w znacznym stopniu jest w stanie sprawnie wspomagać zarządzanie zapasami w warunkach zwiększonego ryzyka dostaw.

5.4. Wywiady pogłębione

Metoda wywiadów pogłębionych stanowiła także jeden z elementów badań empirycznych prowadzonych w badanym podmiocie. Wywiady zostały przeprowadzone z pionem zarządzającym firmą. Byli to dyrektorzy ds. sprzedaży i produkcji oraz kierownik ds. zakupów. Osoby te dysponowały obszerną wiedzą w zakresie zarządzania w badanych obszarach. Pozwoliło to odpowiednio zrozumieć specyfikę prowadzonej działalności firmy, poznać unikalny charakter poszczególnych podejść do badanych zagadnień. Rozmowy były ukierunkowane w szczególności na zagadnienia, które stanowiły oś analiz w przedstawionym opracowaniu.

Przebieg rozmowy z dyrektorem ds. sprzedaży firmy VentiAir

Osoba na tym stanowisku zajmuje się nie tylko zarządzaniem zespołem sprzedaży, ale też kształtowanie całej strategii sprzedażowej firmy. Dyrektor ds. sprzedaży dba o relacje z kluczowymi klientami, negocjuje umowy ramowe, nadzorując działania przedstawicieli w Polsce, a przede wszystkim za granicą. Ścisłe współpracuje z działem technologicznym, by dopasować ofertę do realnych potrzeb rynku, a także z działem marketingu, który wspiera firmę w działaniach *lead generation* (pozyskiwania potencjalnych klientów) oraz komunikacji produktowej.

Obecnie rynek urządzeń wentylacyjnych uległ znacznym zmianom – kiedyś kluczowa była trwałość i cena urządzeń. W obecnych czasach klienci oczekują energooszczędności, automatyzacji i integracji z systemami *smart building*. Coraz częściej klienci kierują zapytania o systemy z odzyskiem ciepła, czujniki jakości powietrza czy możliwość zdalnego monitoringu urządzeń. Równie ważna jest kompleksowa obsługa – od doradztwa technicznego, przez wsparcie projektowe, po serwis i konserwację.

Aby sprostać tym oczekiwaniom firma wprowadziła nowe linie central wentylacyjnych z inteligentnym sterowaniem i bardzo niskim zużyciem energii. Dodatkowo inwestuje również w szkolenia zespołu handlowego – dziś handlowiec musi być technicznym doradcą, a nie tylko sprzedawcą.

Zespół sprzedażowy zajmuje się ofertami na poszczególne rynki zbytu. Dodatkowo koordynatorzy ds. projektów strategicznych zajmują się kluczowymi klientami oraz projektami w firmie. Za organizację pracy odpowiada zintegrowany system CRM, który pozwala monitorować wszelkie działania w przedsiębiorstwie. Dodatkowo realizowane są

spotkania na szkoleniach produktowych oraz rozmowy o technikach sprzedaży doradczej. Dyrektor podkreślił, że w branży HVAC liczy się zaufanie i znajomość specyfiki inwestycji.

Zwiększająca się konkurencyjność rynku (pojawiają się firmy oferujące bardzo niskie ceny, kosztem jakości) powoduje, że niezbędnym staje tłumaczenie klientom, dlaczego urządzenia, choć droższe w zakupie, są bardziej opłacalne w całym cyklu życia produktu. Drugim wyzwaniem jest szybkie reagowanie na zmieniające się regulacje – chociażby nowe wymagania dotyczące efektywności energetycznej. Firma się być zawsze o krok przed konkurencją.

Działania na rynku międzynarodowym powodują, że niezbędnym staje się dostosowanie się do zmieniającego się otoczenia firmy. Zanikające rynki sprzedażowe należy szybko zastępować nowymi. Jest to ogromne wyzwanie dla firmy i stanowi kluczowe działanie w obszarze sprzedaży.

Zapytanie o przyszłość firmy zainicjowało odpowiedź, że branża HVAC bardzo dynamicznie się rozwija, zwłaszcza w kontekście rosnącej świadomości ekologicznej. Wentylacja z odzyskiem ciepła, oczyszczanie powietrza, systemy zdalnego zarządzania – to już nie luksus, ale standard. Dyrektor wskazał, że przyszłość należy do rozwiązań hybrydowych i zintegrowanych, które będą częścią inteligentnych budynków. Dodatkowo zadaniem firmy jest nie tylko nadążać za tymi trendami, ale też je współtworzyć.

Na zakończenie dyrektor podkreślił wyzwania pracy codziennej, satysfakcję z łączenia techniki i relacji międzyludzkich. Satysfakcją z wykonywanej pracy jest fakt realnego wpływu na komfort życia i jakości powietrza.

Przebieg rozmowy z dyrektorem ds. produkcji firmy VentiAir

Firma VentiAir to firma z ponad 10-letnim doświadczeniem na rynku HVAC, czyli systemów grzewczych, wentylacyjnych i klimatyzacyjnych. Podmiot specjalizuje się w projektowaniu i produkcji nowoczesnych urządzeń wentylacyjnych – zarówno central wentylacyjnych z odzyskiem ciepła, jak i systemów dedykowanych do obiektów przemysłowych, biurowych, a także budownictwa jednorodzinnego. Firma stawia na innowacyjność, energooszczędność i ekologię.

Wyzwaniami dla branży wentylacyjnej obecnie stały się zdecydowanie rosnące wymagania dotyczące efektywności energetycznej oraz jakości powietrza wewnętrznego. Coraz bardziej hermetyczne budynki, bez odpowiedniej wentylacji mogą stać się wręcz szkodliwe dla zdrowia. Do tego dochodzą nowe normy unijne, konieczność redukcji emisji

CO₂, oczekiwania klientów co do automatyzacji i integracji z inteligentnym domem. Zadaniem producenta jest odpowiedzieć na te potrzeby, dostarczając rozwiązania, które są jednocześnie wydajne, ciche i intuicyjne w obsłudze.

Pytając o nowe produkty, uzyskano odpowiedź, że proces przygotowania nowego produktu to proces wieloetapowy i bardzo interdyscyplinarny. Rozpoczyna się on od analizy potrzeb rynku – prowadzone są badania, zbieramy opinie od instalatorów i użytkowników końcowych. Następnie zespół inżynierów opracowuje prototyp, który przechodzi przez serię testów. Korzystamy z najnowszych narzędzi by zoptymalizować przepływ powietrza i zużycie energii.

Dyrektor podkreślił działania na rzecz produktów ekologicznych. Polegającą przede wszystkim na inwestowaniu w technologie rekuperacji, które pozwalają odzyskiwać nawet do 90% ciepła z powietrza wywiewanego, stosowaniu nowoczesnych silników, które zużywają mniej energii. Także obudowy są tworzone z materiałów nadających się do recyklingu. Ponadto, w procesie produkcji ograniczana są emisje i odpady poprzez stosowanie nowoczesnych urządzeń technologicznych a także recykling odpadów produkcyjnych. Dodano, że zrównoważony rozwój to nie tylko obowiązek wobec planety, ale i przewaga konkurencyjna.

Pandemia COVID-19 zwiększyła świadomość znaczenia dobrej wentylacji. Wzrosło zapotrzebowanie na rozwiązania poprawiające jakość powietrza w pomieszczeniach. Pandemia unaoczniała, że powietrze, którym wszyscy oddychają, ma kluczowe znaczenie dla zdrowia, i ten trend długo się utrzyma.

Zapytanie o plany rozwoju firmy VentiAir dało odpowiedź w postaci przede wszystkim ekspansji na kolejne zagraniczne rynki zbytu. Dodatkowo firma będzie kładła duży nacisk na produkowanie coraz lepszych urządzeń pod względem technologicznym, które odpowiadają rosnącym potrzebom rynku.

Na zakończenie dyrektor podkreślił, że branża w której działa jest bardzo ciekawa i działanie w niej stanowi duże wyzwanie, albowiem łączy w sobie wiedzę z automatyki, inżynierii, informatyki i ekologii. Są to obszary, które dynamicznie się zmieniają dając pole do rozwoju.

Przebieg rozmowy z dyrektorem ds. dostaw firmy VentiAir

Dział dostaw, którym kieruje dyrektor odpowiada za cały łańcuch zaopatrzenia – od planowania zakupów surowców, przez zarządzanie magazynami, logistykę wewnętrzną

i zewnętrzną, aż po terminowe dostarczenie komponentów do produkcji. Firma współpracuje zarówno z dostawcami krajowymi, jak i zagranicznymi. Celem działu jest zapewnienie ciągłości produkcji przy jak najwyższej efektywności kosztowej i minimalizacji ryzyka.

Do największych wyzwań w zarządzaniu dostawami jest nieprzewidywalność. Branża wentylacyjna, choć stabilna, podlega sezonowości i silnie reaguje na zmiany w budownictwie. Dodatkowo dochodzą globalne kryzysy – pandemia, konflikty zbrojne, niedobory surowców. Kluczowe komponenty – jak silniki, elektronika sterująca, wymienniki ciepła – mają długi czas realizacji i często są sprowadzane z Azji. Trzeba zatem to planować z dużym wyprzedzeniem, dywersyfikować dostawców i umieć szybko reagować na zakłócenia.

Zapytanie czy pandemia COVID-19 zmieniła sposób podejścia do zarządzania logistyką, dało odpowiedź, że decydowanie tak. Wcześniej wiele firm stosowało model *just-in-time*, czyli minimalizowało zapasy. Pandemia obnażyła słabość tego podejścia – zerwane łańcuchy dostaw spowodowały przestoje w produkcji. VentiAir zaczął pracować według modelu *just-in-case*, czyli budowania strategicznych buforów magazynowych dla kluczowych komponentów.

Ścisła współpraca działu zamówień z działem produkcji stanowi duże wyzwanie. Produkcja potrzebuje przewidywalności, a magazyn musi dostarczyć komponenty dokładnie wtedy, kiedy są potrzebne. Codziennie koordynowane są plany dostaw z harmonogramem produkcji. Kluczem jest komunikacja i elastyczność, aby umieć przeorganizować dostawy niemal z dnia na dzień.

Współpraca z dostawcami zagranicznymi wymaga dużej precyzji i zaufania. Firma kooperuje z producentami z takich krajów jak Polska, Czechy, Włochy oraz Lichtensteinu, Austrii czy Szwecji. Negocjuje się kontrakty, ale jednocześnie monitoruje rynek pod kątem nowych dostawców. Firmie nie tylko na cenie, ale przede wszystkim na jakości, terminowości i zgodności z normami środowiskowymi. Wymagane są certyfikaty, firma przeprowadza audyty, utrzymuje stały kontakt. Logistyka międzynarodowa to dziś skomplikowany układ naczyń połączonych – wpływ mają stawki frachtowe, dostępność kontenerów, przepisy celne czy sytuacja geopolityczna.

Zmiany jakie są wprowadzane w kierunku zrównoważonego rozwoju to przede wszystkim wybór dostawców, którzy oferują komponenty niskoemisyjne, produkowane

zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju. Firma stara się także ograniczać liczbę transportów, w celu zredukowania śladu węglowego. Podkreślono, że logistyka może być nie tylko wydajna, ale też odpowiedzialna środowiskowo.

W najbliższym czasie firma planuje rozbudowę powierzchni magazynowej, która pozwoli zwiększyć elastyczność i skrócić czas realizacji zamówień. Jednocześnie podmiot rozwija zespół, stawiając na specjalistów z wiedzą o logistyce międzynarodowej, automatyzacji i analizie danych.

Na zakończenie dyrektor podkreślił że umiejętność przewidywania i szybkiego reagowania to główne cechy dobrego logistyka w dzisiejszych czasach. Dodał, że dobrze zarządzany łańcuch dostaw to nie ten, który działa bez zakłóceń – bo to dziś raczej niemożliwe – ale ten, który potrafi błyskawicznie się przystosować. Trzeba być elastycznym, analitycznym oraz jednocześnie komunikatywnym. Logistyka to dziś obszar, który realnie wpływa na konkurencyjność całego przedsiębiorstwa.

Przeprowadzenie wywiadów pogłębionych umożliwiło lepsze poznanie specyfiki badanego przedsiębiorstwa, jego kultury organizacyjnej oraz charakteru relacji wewnętrznych pomiędzy poszczególnymi działami. Metoda ta okazała się szczególnie użyteczna w pozyskiwaniu wartościowych danych jakościowych, które pozwalają na głębsze zrozumienie złożonych procesów, postaw oraz motywacji istotnych z punktu widzenia interesariuszy.

Choć wywiady te nie dostarczają szerokiej reprezentatywności statystycznej, oferują wyjątkową perspektywę na mechanizmy funkcjonujące w organizacji. Co istotne, mogą również ujawniać informacje trudno dostępne przy zastosowaniu bardziej sformalizowanych technik badawczych, takich jak ankiety czy analiza dokumentów.

Zakończenie

Zagadnienia dotyczące zapasów materiałowych, które przedsiębiorstwo gromadzi w celu prowadzenia podstawowej działalności produkcyjnej stanowią jeden z ważniejszych elementów zarządzania w podmiocie gospodarczym.

Zarządzanie zapasami jest procesem na tyle skomplikowanym, że zawsze będzie obarczone występowaniem ryzyka. Globalizacja, duża zmienność rynków, kryzysy polityczne, a także intensywny rozwój w obszarze informatyzacji czy urbanizacji będą jedynie nasilały to zjawisko niepewności.

Podstawowym celem pracy stała się ocena wpływu nieciągłości dostaw na zarządzanie zapasami, która ma pomóc zaimplementować narzędzia eksploracji danych do zarządzania zasobami w przedsiębiorstwie. Przeprowadzone badania w tym zakresie pozwoliły na osiągnięcie przedstawionego celu pracy, a także weryfikację hipotez badawczych, poprzez wykonanie następujących czynności:

- identyfikację doświadczeń światowych w obszarze zarządzania dostawami;
- identyfikację i charakterystykę narzędzi niezbędnych w zarządzaniu zapasami;
- charakterystykę danych użytych w analizach;
- zaproponowanie nowatorskiego podejścia analizy danych źródłowych;
- wykorzystanie metodologii modeli wielorównaniowych typu SURE do analizy danych;
- wykorzystanie metodologii modeli klasy ECM do analizy danych;
- zastosowanie metody Warda do grupowania czynników;
- implementacja uzyskanych wyników do zarządzania zapasami w przedsiębiorstwie.

Przeprowadzone badania pozwalają stwierdzić, że zaproponowane metody analizy danych są dobrym narzędziem do zarządzania zapasami w przedsiębiorstwie. Badania danych źródłowych pozwoliły na przeprowadzenie analiz przestrzenno-czasowych i wychwycenie struktury sprzedaży podmiotu, a także dostaw ze względu na kraj pochodzenia. Dodatkowo model sprzedaży pozwolił określić szczególnych dostawców firmy.

Dokonane obliczenia i analizy w obszarze dostaw i sprzedaży pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków ogólnych oraz rekomendacji ogólnych i szczegółowych.

Wnioski ogólne:

1. Zarządzanie zapasami w dynamicznie zmieniającym się otoczeniu wymaga szczególnego podejścia i odpowiednich narzędzi wsparcia.
2. Czynniki takie jak globalizacja, intensywny rozwój technologii czy też kryzysy polityczne zwiększają ryzyko w obszarze dostaw.
3. Zmiany w preferencjach konsumentów, zmienne warunki rynkowe oraz fluktuacje cen surowców mają negatywny wpływ na stabilność dostaw.

Rekomendacje ogólne:

1. Zarządzanie zapasami w warunkach zwiększonego ryzyka wymaga od przedsiębiorstwa oprócz elastyczności i zdolności do szybkiego reagowania, strategicznego planowania wykorzystującego analizy ryzyka.
2. Przedsiębiorstwa powinny w sposób odpowiedzialny balansować pomiędzy przeznaczaniem funduszy na tworzenie odpowiedniego poziomu zapasu a inwestowaniem. Wysoki poziom zapasów w podmiocie będą dawać stabilną pozycję, pozwalając mu działać bez zaburzeń, jednakże będzie także przyczyną ograniczeń funduszy na inne działania.
3. Podmioty gospodarcze w coraz bardziej odpowiedzialny sposób muszą podchodzić do zagadnień społecznych, wpływu na środowisko naturalne, czy zarządzanie surowcami wtórnymi, albowiem zrównoważone podejście do zarządzania dostawami stanowi ważny element działania przedsiębiorstw.
4. Przedsiębiorstwa powinny zadbać o przejrzystą widoczność w łańcuchu dostaw, ponieważ przekłada się ona na mniejszą ilość zakłóceń, większe zadowolenie klientów oraz niższe koszty.
5. Firmy muszą zdawać sobie sprawę, że zamknięte pętle w łańcuchach dostaw stają się istotnym obszarem obrotu towarów na rynku.

Rekomendacje szczegółowe:

1. Turbulentne zmiany na rynku dostawców przyczyniają się do znacznego zwiększenia poziomu zapasów w przedsiębiorstwie.
2. Spełnianie wysokich norm, posiadanie odpowiednich certyfikatów jakości oraz ciągłe poszerzanie wiedzy w zakresie prowadzonej działalności pozwala dobrze spełniać potrzeby i oczekiwania klientów.

3. Nowoczesny park maszynowy firmy stanowi dobre zaplecze do osiągnięcia przewagi konkurencyjnej na rynku.
4. Stworzenie odpowiedniej architektury firmy pozwala na właściwe zarządzanie procesem produkcyjnym przedsiębiorstwa.
5. Dostawcy o największym wolumenie dostaw charakteryzują się największą stabilnością dostaw, w przeciwieństwie do dostawców bardzo małych o największym zróżnicowaniu.
6. Szybka reakcja na zanikające rynki zbytu w postaci zastępowania ich innymi pozwala zachować stabilną pozycję firmy.
7. Wykorzystanie narzędzi analizy danych takich jak wielorównaniowy model SURE oraz model ECM jest użyteczne w zarządzaniu zarówno w obszarze sprzedaży jak i dostaw przedsiębiorstwa.
8. Wykorzystanie analizy skupień metodą Warda w celu pogrupowania badanych dostawców daje efektywne wyniki.
9. Zaproponowany model sprzedaży względem dostawców pozwala wyodrębnić obiekty szczególne dla firmy oraz ich wyjątkowy wpływ na poziom sprzedaży.

Zarządzanie zapasami w warunkach podwyższonego ryzyka odnosi się do sytuacji, gdy przewidywanie zapotrzebowania, dostępności towarów lub kosztów ich przechowywania staje się znacznie trudniejsze. Zakłócenia w łańcuchu dostaw, wynikające z problemów logistycznych lub ograniczeń w produkcji, mogą prowadzić do opóźnień, wzrostu cen surowców, a nawet do całkowitego paraliżu procesów wytwórczych.

W dzisiejszym krajobrazie biznesowym, naznaczonym zarówno obecnymi, jak i nowymi trudnościami, ograniczenie niebezpieczeństw związanych z łańcuchem dostaw musi zyskać priorytetowe znaczenie w planach strategicznych firm. Przedsiębiorstwa powinny w sposób innowacyjny i wyprzedzający identyfikować potencjalne problemy oraz aktywnie wdrażać strategie, które zmniejszą ich negatywny wpływ na funkcjonowanie. To niewątpliwie wymaga nie tylko zaawansowanych narzędzi analitycznych i technologicznych, ale także znacznej adaptacyjności, umiejętności szybkiego reagowania na wszelkie nieprawidłowości oraz bliskiej kooperacji z dostawcami.

Zaproponowane podejście analityczne w obszarze poziomu zapasów, rynku dostawców czy sprzedaży stanowi użyteczne wykorzystanie zaawansowanych narzędzi

analizy danych do zarządzania zasobami przedsiębiorstwa. Wykorzystanie modeli wielorównaniowych typu SURE wraz z metodologią ECM pozwoliło na dogłębną analizę struktury sprzedaży oraz dostaw w badanym podmiocie. Dodatkowo model badający wpływ dostawców na sprzedaż był w stanie wyodrębnić wyjątkowych dostawców (czy też grupy dostawców) dla firmy oraz ich szczególny, ponadnormatywny wpływ na sprzedaż.

Zaproponowane i wykorzystane w powyższych rozważaniach narzędzia z dużym prawdopodobieństwem będą w stanie sprawnie wspomagać zarządzanie zasobami podmiotów rynkowych w warunkach turbulentnych zmian na rynku dostaw.

Abstract of the Doctoral Dissertation

The functioning of an enterprise is a complex process involving multidimensional aspects of management. Regardless of the size of the entity, the industry in which it operates, or the scale of its activity, inventory management remains a fundamental operational area. Tangible components such as materials—including raw materials, primary and auxiliary materials, packaging, finished products, research and development outputs, design works, as well as goods—are referred to as inventory. Maintaining an appropriate level of inventory can serve as a buffer in cases of delayed deliveries or market uncertainty concerning products or suppliers. Often, purchasing in larger quantities is associated with lower prices; however, it should result from a balance between the benefits gained and the costs of holding such inventory. The present dissertation is divided into five chapters.

The discussion in Chapter One focused on a literature review in the field of inventory management within enterprises. Various approaches to the function of inventory in a business entity were presented, with attention drawn to the critical importance of inventory management. It was emphasized that while classical methods can be applied, the individual character of each enterprise leads organizations to develop their own inventory management frameworks based on internal analyses, experience, forecasts, and the influence of external factors. Every company places great emphasis on achieving the most efficient inventory management possible, primarily due to its significant impact on the profitability of operations.

An important aspect in this area is inventory level control, as maintaining appropriate stock levels is a necessary condition for sustaining the production process. The chapter also introduced methods of inventory management and models of inventory accumulation.

Chapter Two continues the theoretical considerations in the area of supply-related issues and trends in supply chain management. It presents a perspective on the examined topics primarily through the lens of international literature, while also acknowledging domestic publications. This section provides an in-depth analysis of issues related to sustainable supply chain management, as well as the increasingly relevant concept of

supply chain visibility. Additionally, the chapter discusses the subject of closed-loop systems in supply chain management.

Chapter Three presents the methodology of the conducted research. Exponential smoothing models—commonly used in inventory level forecasting within enterprises—were employed, including the Brown, Holt, and Winters models. A more advanced methodological approach involved the application of autoregressive models, such as ARMA (Autoregressive Moving Average), as well as the ECM (Error Correction Model), which belongs to the class of dynamic econometric models.

Chapter Four initiates the discussion on the hypotheses formulated in the dissertation. This section introduces a research of the manufacturing company VentiAir, which is characterized in terms of its business operations and its suppliers, who form a network of cooperating partners. The data used in the analysis is also presented, particularly data concerning turnover, inventory levels, and delivery volumes.

Chapter Five, the final part of the dissertation, is dedicated to the presentation of research findings and calculations. An in-depth literature review in the area of enterprise inventory management and supply chain management, combined with the presented research of the analyzed company, provided the basis for decisions regarding the initially formulated research hypotheses. These decisions were supported by statistical analyses and the results obtained from the estimated econometric models. The final section of the dissertation achieves the intended research objectives by demonstrating the impact of supply disruptions on inventory management in the enterprise. A summary of the entire work is included in the conclusion.

In the theoretical part of the dissertation, an attempt was made to systematize the various approaches to inventory management in enterprises, as presented in both international and domestic literature. It was noted that there exists a significant gap in the literature regarding the analysis of inventory and the description of current trends in supply chain management, as well as related issues closely tied to the research subject.

A review and description of tools available for modeling inventory levels in business entities was conducted. The study presented exponential smoothing models of production, which are among the primary tools used for planning production inventory levels. In addition, more advanced econometric models were proposed for analyzing the obtained

data, including autoregressive models such as ARMA (Autoregressive Moving Average), and dynamic models like ECM (Error Correction Model).

The practical part of the dissertation focused on examining inventory dynamics and other data acquired during collaboration with the analyzed enterprise. The results of the conducted research enabled the formulation of conclusions regarding the inventory management decisions made within the company.

Literatura

1. Ageron, B., Gunasekaran, A., Spalanzani, A. (2012). Sustainable supply management: An empirical study. *Int. J. Production Economics* 140, 168-182.
2. Ahi, P., Searcy, C.A. (2013). Comparative literature analysis of definitions for green and sustainable supply chain management. *J. Clean. Prod.* 52, 329–341.
3. Akçali, E., Çetinkaya, S. (2011). Quantitative models for inventory and production planning in closed-loop supply chains. *Int. J. Prod. Res.* 49 (8), 2373–2407.
4. Asif, F.M.A., Bianchi, C., Rashid, A., Nicolescu, C.M. (2012). Performance analysis of the closed loop supply chain. *J. Remanuf.* 2 (4), 1–21.
5. Atasu, A., Guide, V.D.R., Van Wassenhove, L.N. (2008). Product reuse economics in closed-loop supply chain research. *Product. Oper. Manage.* 17 (5), 483–496.
6. Awasthi, A., Chauhan, S.S., Goyal, S.K. (2010). A fuzzy multi-criteria approach for evaluating environmental performance of suppliers. *International Journal of Production Economics* 126, 370–378.
7. Bacallan, J.J. (2000). Greening supply chain. *Business and Environment* 6 (5), 11–12.
8. Bai, C., Sarkis, J. (2010). Integrating sustainability into supplier selection with grey system and rough set methodologies. *International Journal of Production Economics* 124, 252–264.
9. Banerjee, A., Dolado, J., Galbraith, J. W. and Hendry, D. F. (1993). *Co-Integration, Error Correction, and the Econometric Analysis of Non-Stationary Data*, Oxford University Press.
10. Barreto, I. (2010). Dynamic capabilities: are view of past research and an agenda for the future. *J. Oper. Manag.* 36 (1), 256–280.
11. Batista, L., Boulakis, M., Smart, P., Maull, R. (2018). In search of a circular supply chain archetype: a content-analysis-based literature review. *Product. Plann. Control* 29 (6), 438–451.
12. Beamon, B.M. (1999). Designing the green supply chain. *Logistic Information Management* 12 (4), 332–342.
13. Bilan, Y., Hussain, H.I., Haseeb, M., Kot, S. (2020). Sustainability and Economic Performance: Role of Organizational Learning and Innovation. *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*, 31 (1), 93-103.

14. Borkowski, S., Ulewicz, R. (2009). Zarządzanie produkcją – systemy produkcyjne, Oficyna Wydawnicza „Humanitas”, Sosnowiec.
15. Bouzon, M., Govindan, K., Rodriguez, C.M. (2018). Evaluating barriers for reverse logistics implementation under a multiple stakeholders’ perspective analysis using grey decision-making approach. *Resour. Conserv. Recycl.* 128, 315–335.
16. Bowersox, D.J., Closs, D.J., Cooper, M.B. (2007). *Supply Chain Logistics Management*. McGraw-Hill, Boston.
17. Brusset, X. (2016). Does supply chain visibility enhance agility? *Int. J. Prod. Econ.* 171, 46–59.
18. Bryson, J.M. (2004). What to do when stakeholders matter: stakeholder identification and analysis techniques. *Publ. Manag. Rev.* 6 (1), 21–53.
19. Busse, C., Schleper, M.C., Weilenmann, J., Wagner, S.M. (2017). Extending the supply chain visibility boundary – utilizing stakeholders for identifying supply chain sustainability risks. *Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag.* 47 (1), 18–40.
20. Carmagnac, L. (2021). Expanding the boundaries of SSCM: the role of non-traditional actors. *Supply Chain Forum Int. J.* 22 (3), 1–13.
21. Carter, C.R., Dresner, M. (2001). Environmental purchasing and supply chain management: cross-functional development of grounded theory. *Journal of Supply Chain Management* 37 (3), 12–27.
22. Carter, C.R., Kale, R., Grimme, C.M. (2000). Environmental purchasing and firm performance: an empirical investigation. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 36 (3), 219–228.
23. Carter, C.R., Rogers, D.S., Choi, T.Y. (2015). Toward the theory of the supply chain. *J. Supply Chain Manag.* 51 (2), 89–9.
24. Cepeda, G., Vera, D. (2007). Dynamic capabilities and operational capabilities: a knowledge management perspective. *J. Bus. Res.* 60, 426–437.
25. Charemza, W.W., Deadman, D.F. (1997). *Nowa ekonometria*, Wydawnictwo Naukowe PWN.
26. Chevalier, J.M., Buckles, D. (2008). *SAS2: A Guide to Collaborative Inquiry and Social Engagement*. SAGE, Delhi/London.
27. Chmielewski, D.A., Paladino, A. (2007). Driving are source orientation: reviewing the role of resource and capability characteristics. *Manag. Decis.* 45, 462–483.

28. Choi, T.Y., Dooley, K.J., Rungtusanatham, M. (2001). Supply networks and complex adaptive systems: control versus emergence. *J. Oper. Manag.* 19 (3), 351–366.
29. Chow, G.C. (1995). *Ekonometria*, Wydawnictwo Naukowe PWN.
30. Christopher, M. (1992). *Logistics and Supply Chain Management*. Pitman, London.
31. Craighead, C.W., Ketchen, D.J., Cheng, L. (2016). ‘Goldilocks’ theorizing in supply chain research: balancing scientific and practical utility via middle-range theory. *Transport. J.* 55 (3), 241–257.
32. Crane, A., Matten, D. (2016). *Business Ethics*. Oxford University Press, Oxford.
33. Crawshaw, J., Chambers, J. (2015). *A Concise Course in Advanced Level Statistics with Worked Examples*, Oxford University Press.
34. Dai, J., Montabon, F.L., Cantor, D.E. (2015). Linking rival and stakeholder pressure to green supply management: mediating role of top management support. *Transport. Res. E Logist. Transport. Rev.* 74, 124–138.
35. Darnall, N., Jolley, G.J., Handfield, R. (2008). Environmental management systems and green supply chain management: complements for sustainability. *Business Strategy & Environment* 17 (1), 30–45.
36. De Angelis, R., Howard, M., Miemczyk, J. (2018). Supply chain management and the circular economy: towards the circular supply chain. *Product. Plann. Control* 29, 425–437..
37. Drnevich, P.L., Kriauciunas, A.P. (2011). Clarifying the conditions and limits of the contributions of ordinary and dynamic capabilities to relative firm performance. *Strateg. Manag. J.* 32, 254–279.
38. Duan, Y., Aloysius, J.A., Mollenkopf, D.A. (2021) Communicating supply chain sustainability: transparency and framing effects. *Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag.* 52 (1), 68–87.
39. Dyllick, T., Hockerts, K. (2002). Beyond the business case for corporate sustainability. *Business Strategy and the Environment* 11, 130–141.
40. Eisenhardt, K.M., Martin, J.A. (2000). Dynamic capabilities: what are they?. *Strateg. Manag. J.* 21 (10–11), 1105–1121.
41. Enders, W. (2004). *Applied Econometric Time Series*, 2nd edition, John Wiley and Sons, New York.

42. Farooque, M., Zhang, A., Thürer, M., Qu, T., Huisingh, D. (2019). Circular supply chain management: A definition and structured literature review. *J. Cleaner Prod.* 228, 882–900.
43. Foerstl, K., Reuter, C., Hartmann, E., Blome, C. (2010). Managing supplier sustainability risks in a dynamically changing environment e sustainable supplier management in the chemical industry. *J. Purch. Supply Manag.* 16 (2), 118–130.
44. Franses, P. H. B. F. (1998). *Time Series Models for Business and Economic Forecasting*, Cambridge University Press, Cambridge.
45. Freeman, R.E. (1984). *Strategic Management: A Stakeholder Approach*. Pitman, Boston.
46. Frese, M. (2005). Grand theories and mid-range theories: cultural effects on theorizing and the attempt to understand active approaches to work. In: Smith, K.G. (Ed.), *Great Minds in Management: the Process of Theory Development*. Oxford University Press, Oxford, pp. 84–108.
47. Fritz, M.M.C., Rauter, R., Baumgartner, R.J., Dentchev N. (2018). A supply chain perspective of stakeholder identification as a tool for responsible policy and decision-making. *Environ. Sci. Pol.* 81 (December), 63–76.
48. Gawlik, J., Plichta, J., Świc, A. (2013). *Procesy produkcyjne*, PWE, Warszawa.
49. Geissdoerfer, M., Morioka, S.N., de Carvalho, M.M., Evans, S. (2018). Business models and supply chains for the circular economy. *J. Cleaner Prod.* 190, 712–721.
50. Genovese, A., Acquaye, A.A., Figueroa, A., Koh, S.C.L. (2017). Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: Evidence and some applications. *Omega* 66, 344–357.
51. Gold, S., Seuring, S., Beske, P. (2010). Sustainable supply chain management and inter-organizational resources: a literature review. *Corp. Soc. Responsib. Environ. Manag.* 17 (4), 230–245.
52. Graham, S. (2020). The influence of external and internal stakeholder pressures on the implementation of upstream environmental supply chain practices. *Bus. Soc.* 59 (2), 351–383.
53. Greene, W. H. (2012). *Econometric analysis*. Pearson Education.
54. Guide, V.D.R., Van Wassenhove, L.N. (2009). The evolution of closed-loop supply chain research. *Oper. Res.* 57 (1), 10–18.

55. Günther, E., Hüske, A.-K. (2015). How stakeholders shape innovation in controversial industries: the biotechnology industry in Germany. *Umwelt Wirtschafts Forum* 23, 77–86.
56. Hamilton, J. D. (1994). *Time Series Analysis*, Princeton University Press, Princeton.
57. Heidrich, O., Harvey, J., Tollin, N. (2009). Stakeholder analysis for industrial waste management systems. *Waste Manag.* 29 (2), 965–973.
58. Hitt, M.A., Bierman, L., Shimizu, K., Kochbar, R. (2001). Direct and moderating effects of human capital on strategy and performance in professional service firms: a resource-based perspective. *Acad. Manag. J.* 44, 13–28.
59. Hult Jr., G.T.M., Ketchen, D.J., Slater, S.F. (2004). Information processing, knowledge, development, and strategic supply chain performance. *Acad. Manag. J.* 47 (2), 241–253.
60. Hummels, D., Schaur, G. (2012). Time as a Trade Barrier. Working Paper 17758, National Bureau of Economic Research (January).
61. Hussain, M., Malik, M. (2020.) Organizational enablers for circular economy in the context of sustainable supply chain management. *J. Cleaner Prod.* 256, 1203-75.
62. Jacoby, D. (2009). *Guide to Supply Chain Management*. Profile.
63. Johansen, S. (1995). *Likelihood-Based Inference in Cointegrated Vector Autoregressive Models*, Oxford University Press, Oxford.
64. Johnson, F., Leenders, M., Flynn, A. (2011). *Purchasing and Supply Management*, McGraw-Hill, New York.
65. Kabadayi, S. (2011). Choosing the right multiple channel system to minimize transaction costs. *Ind. Mark. Manag.* 40 (5), 763–773.
66. Kalmykova, Y., Sadagopan, M., Rosado, L. (2018). Circular economy – From review of theories and practices to development of implementation tools. *Resour. Conserv. Recycl.* 135, 190–201.
67. Kitsis, A.M., Chen, I.J. (2021). Do stakeholder pressures influence green supply chain Practices? Exploring the mediating role of top management commitment. *J. Clean. Prod.* 316, 128258.
68. Kornacki, J., Mielniczuk, J. (2006). *Statystyka*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne.
69. Kot, S., (2018). Sustainable Supply Chain Management in Small and Medium Enterprises. *Sustainability.* 10, 11-43.

70. Kovacs, GY., Kot, S. (2016). New logistics and production trends as the effect of global economy changes. *Polish Journal of Management Studies*. Vol. 14 No. 2, 115-126.
71. KPMG (2012). *Supply Chain Agility: Managing Change; A Study of Supply Chain Maturity*. Technical Report, KPMG (November).
72. Kufel, T. (2007). *Ekonometria. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem programu GRETl*, Wydawnictwo Naukowe PWN.
73. Laari, S., Toyli, J., Solakivi, T., Ojala, L. (2016). Firm performance and customer-driven green supply chain management. *J. Clean. Prod.* 112 (3), 1960–1970.
74. Lahane, S., Kant, R., Shankar, R. (2020). Circular supply chain management: A state-of-art review and future opportunities. *J. Cleaner Prod.* 258, 1208-59.
75. Lambert, D.M., Croxton, K.L., Garcia-Dastugue, S.J., Knemeyer, M., Rogers, D.S. (2006). *Supply Chain Management Processes, Partnerships, Performance*, 2nd ed. Hartley Press Inc., Jacksonville.
76. Lee, S.Y., Klassen, R.D., Furlan, A., Vinelli, A. (2014). The green bullwhip effect: transferring environmental requirements along a supply chain. *Int. J. Prod. Econ.* 156, 39–51.
77. Li, G., Yang, H., Sun, L., Sohail, A. (2009a). The impact of IT implementation on supply chain integration and performance. *Int. J. Prod. Econ.* 120 (1), 125–138.
78. Li, X., Chung, C., Goldsby, T.J., Holsapple, C.W. (2008). A unified model of supply chain agility: the work design perspective. *Int. J. Logist. Manag.* 19 (3), 408–435.
79. Linton, J.D., Klassen, R., Jayaraman, V. (2007). Sustainable supply chains: an introduction. *Journal of Operations Management* 25 (6), 1075–1082.
80. Lo, S.M. (2013). Effects of supply chain position on the motivation and practices of firms going green. *Int. J. Oper. Prod. Manag.* 34 (1), 93–114.
81. Lu, L.Y.Y., Wu, C.H., Kuo, T.C. (2007). Environmental principles applicable to green supplier evaluation by using multi-objective decision analysis. *International Journal of Production Research* 45 (18–19), 4317–4331.
82. Maddala, G.S. (2013). *Ekonometria*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
83. Maddala, G. S., Kim, I.-M. (1998). *Unit Roots, Cointegration and Structural Change*, Cambridge University Press, New York.

84. Malaga-Toboła, U., Pawlarczyk, R., Kwaśniewski, D., Kuboń, M. (2022). Ocena ryzyka w łańcuchu dostaw na przykładzie hurtowni spożywczej. *Economics and Organization of Logistics* 7 (1), 63-74.
85. Matczewski, A. (2007). Zarządzanie produkcją przemysłową. Problemy. Metody. Środki, PWE, Warszawa.
86. Melville, N.P. (2010). Information systems innovation for environmental sustainability. *MIS Quarterly* 34 (1), 1–21.
87. Mentzer, J.T., Dewitt, W., Keebler, J.S., Min, S., Nix, N.W., Smith, C.D., Zacharia, Z.G. (2001). Defining supply chain management. *Journal of Business Logistics* 22 (2), 1–26.
88. Mesjasz-Lech, A., Kemendi, A., Michelberger, P. (2024). Circular manufacturing and industry 5.0 assessing material flows in the manufacturing process in relation to e-waste streams. *Engineering Management in Production and Services*. Vol. 16 (1), 114-133.
89. Mills, T. C. (1990). *Time Series Techniques for Economists*, Cambridge University Press, Cambridge.
90. Mitchell, R.K., Wood, D.J., Agle, B.R. (2016). Toward a theory of stakeholder identification and salience: defining the principle of who and what really counts. *Acad. Manag. Rev.* 22 (4), 853–886.
91. Mohrman, S.A., Worley, C.G. (2010). The organizational sustainability journey. *Organ. Dynam.* 39 (4), 289–294.
92. Mróz, M. (2021). Predykcja wielkości sprzedaży modelem Browna elementem rachunku ekonomicznego na przykładzie firmy Comarch. *Material Economy and Logistics Journal*. t. LXXIII, 3/2021.
93. Murray, A., Skene, K., Haynes, K. (2017). The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. *J. Bus. Ethics* 140 (3), 369–380.
94. Ngai, E., Chau, D., Chan, T. (2011). Information technology, operational, and management competencies for supply chain agility: findings from case studies. *J. Strateg. Inf. Syst.* 20, 232–249.

95. Ossowski, J.C., (2018). Model korekty błędem i jego funkcja trendu przełącznikowego – symulacja i interpretacja. *Quarterly Journal Research on Enterprise in Modern Economy*, No 4 (27), 19-49.
96. Orts, E., Strudler, A. (2002). The ethical and environmental limits of stakeholder theory. *Bus. Ethics Q.* 12 (2), 215–233.
97. Overby, E., Bharadwaj, A., Sambamurthy, V. (2006). Enterprise agility and the enabling role of information technology. *Eur. J. Inf. Syst.* 15 (2), 120–131.
98. Pagell, M., Shevchenko, A. (2014). Why research in sustainable supply chain management should have no future. *J. Supply Chain Manag.* 50 (1), 44–55.
99. Park-Poaps, H., Rees, K. (2010). Stakeholder forces of socially responsible supply chain management orientation. *J. Bus. Ethics* 92 (2), 305–322.
100. Patterson, K. D. (2000). *An Introduction to Applied Econometrics: A Time Series Approach*, MacMillan Press, London.
101. Pavlou, P.A., Sawy, O.A.E. (2006). From IT leveraging competence to competitive advantage in turbulent environments: the case of new-product development. *Inf. Syst. Res.* 17 (3), 198–227.
102. Porter, M.E., Vander Linde, C. (1995). Green and competitive ending the statement. *Harvard Business Review*, September–October, 120–134.
103. Preuss, L. (2005). Rhetoric and reality of corporate greening: a view from the supply chain management function. *Business Strategy & the Environment* 14 (2), 114–139.
104. Rajaguru, R., Matanda, M.J. (2013). Effects of inter-organizational compatibility on supply chain capabilities: exploring the mediating role of inter-organizational information systems (IOIS) integration. *Ind. Mark. Manag.* 42 (May (4)), 620–632.
105. Rao, P. (2002). Greening supply chain: a new initiative in South East Asia. *An International Journal of Operations & Production Management* 22 (6), 632–655.
106. Rao, P., Holt, D. (2005). Do green supply chain lead to competitiveness and economic performance. *International Journal of Operation and Production Management* 25 (5), 898–916.
107. Raworth, K. (2017). *Doughnut Economics: Seven Ways To Think Like A 21st-Century Economist*. Chelsea Green Publishing.
108. Reed, M.S., Graves, A., Dandy, N., Posthumus, H., Hubacek, K., Morris, J., Prell, C., Quinn, C.H., Stringer, L.C. (2009). Who's in and why? A typology of stakeholder

- analysis methods for natural resource management. *J. Environ. Manag.* 90 (5), 1933–1949.
109. Rimanoczy, I. (2020). *The Sustainability Mindset Principles—A Guide to Develop a Mindset for a Better World. The Principles for Responsible Management Education Series.* Routledge, New York.
 110. Rutkowski, K. (2005) *Logistyka dystrybucji*, SGH, Warszawa.
 111. Rutkowski, P. (2011). *Koniunktura w handlu. Poradnik handlowca*, nr 1.
 112. Sancha, C., Wong, C.W.Y., Gimenez, C. (2019). Do dependent suppliers benefit from buying firms' sustainability practices? *J. Purch. Supply Manag.* 25 (4), 1005-42.
 113. Sarjusz-Wolski, Z. (1997). *Ilościowe metody zarządzania logistycznego w przedsiębiorstwie*, Toruńska Szkoła Zarządzania, Toruń.
 114. Schögggl, J.-P., Fritz, M.M.C., Baumgartner, R.J. (2016a). Sustainability assessment in automotive and electronics supply chains—a set of indicators defined in a multi-stakeholder approach. *Sustainability* 8 (11).
 115. Schögggl, J.P., Fritz, M.M.C., Baumgartner, R.J. (2016b). Toward supply chain-wide sustainability assessment: a conceptual framework and an aggregation method to assess supply chain performance. *J. Clean. Prod.* 131, 822–835.
 116. Seles, B.M.R.P., de Sousa Jabbour, A.B.L., Jabbour, C.J.C., Dangelico, R.M. (2016). The green bullwhip effect, the diffusion of green supply chain practices, and institutional pressures: evidence from the automotive sector. *Int. J. Prod. Econ.* 182, 342–355.
 117. Seuring, S., Aman, S., Hettiarachchi, B.D., de Lima, F.A., Schilling, L., Sudusinghe, J.I. (2022). Reflecting on theory development in sustainable supply chain management. *Cleaner Logistics Supply Chain* 3, 100016.
 118. Seuring, S., Müller, M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *J. Clean. Prod.* 16 (15), 1699–1710.
 119. Siems, E., Seuring, S. (2021). Stakeholder management in sustainable supply chains: a case study of the bioenergy industry. *Bus. Strat. Environ.* 30 (7), 3105–3119.
 120. Sierpińska, M., Wędzki D. (1997). *Zarządzanie płynnością finansową w przedsiębiorstwach*, PWN, Warszawa.
 121. Silva, M.E., de Campos, S.A.P. (2020). Stakeholders' dialogue and engagement. In: Leal Filho, W., Azul, A.M., Brandli, L., Ozuyar, P.G. Wall, T. (Eds.), *Responsible*

- Consumption and Production. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals. Springer, Cham.
122. Skowronek, Cz., Sarjusz-Wolski, Z. (2012). Logistyka w przedsiębiorstwie, PWE, Warszawa.
 123. Skowron-Grabowska, B. (2009). Analiza wpływu zarządzania zapasami na wyniki finansowe przedsiębiorstw energetycznych, *Acta Universitatis Lodziensis, Folia Oeconomica*, 226, 171-184.
 124. Souza, G.C. (2013). Closed-loop supply chains: a critical review, and future research*. *Decision Sciences* 44 (1), 7–38.
 125. Srivastava, S.K. (2007). Green supply-chain management: a state of the art literature review. *International Journal of Management Review* 9 (1), 53–80.
 126. Stank, T., Autry, C., Bell, J., Gilgor, D., Petersen, K., Dittmann, P., Moon, M., Tate, W., Bradley, R. (2013). Game Changing Trends in Supply Chains. Technical Report, University of Tennessee (Spring).
 127. Starr, A., Bevis, K. (2010). The role of education in industrial maintenance: the pathway to a sustainable future. In: *Engineering Asset Lifecycle Management: Proceedings of the 4th World Congress on Engineering Asset Management. WCEAM 2009*.
 128. Svensson, G. Ferro, C., Hogevoold, N., Padin, C., Varela, J.C.S. (2018). Developing a theory of focal company business sustainability efforts in connection with supply chain stakeholders. *Supply Chain Manag.: Int. J.* 23, 16–32.
 129. Szajt, M. (2016). Znaczenie innowacji w zwiększaniu konkurencyjności sektora przedsiębiorstw w Polsce w latach 2004-2013, *Towarzystwo Naukowe Organizacji i Kierownictwa*. Dom Organizatora, Toruń.
 130. Teece, D.J. (2007). Explicating dynamic capabilities: the nature and micro foundations of (sustainable) enterprise performance. *Strateg. Manag. J.* 28(13), 1319–1350.
 131. Tonanont, A., Yimsiri, S., Jitpitaklert, W., & Rogers, K.J. (2008). Performance evaluation in reverse logistics with data envelopment analysis. In: *Proceedings of the 2008 Industrial Engineering Research Conference*, 764–769.

132. Trębska, J., Gajdos, M. (2024). Wzrost znaczenia zapasów wobec występowania szoków zewnętrznych, *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 68 (2), 62-73.
133. UNGC (2015). *Supply Chain Sustainability – A Practical Guide for Continuous Improvement*, second ed.
134. Urbańska, J., Szajt, M. (2010). The Factors of the Strategic Management Implementation in the Sector of Small and Mid-Sized Companies, *Zlepsovanie Procesov Pomocou Statistických Metod. Zborník z medzianarodnej vedeckej konferencie pri príležitosti 70. výročia založenia Ekonomickiej univerzity v Bratislave*. Herľany.
135. Van de Ven, A.H. (1989). Nothing is quite so practical as a good theory. *Acad. Manag. Rev.* 14 (4), 486–489.
136. Verbeek, M. (2005). *A Guide to Modern Econometrics*, 2nd edition, John Wiley&Sons, Ltd.
137. Wieland, A. (2021). Dancing the supply chain: toward transformative supply chain management. *J. Supply Chain Manag.* 57 (1), 58–73.
138. Wilden, R., Gudergan, S., Nielsen, B.B., Lings, I. (2013). Dynamic capabilities and performance: strategy, structure and environment. *Long Range Plan.* 46, 72–96.
139. Winter, S.G. (2003). Understanding the dynamic capabilities. *Strateg. Manag. J.* 24 (10), 991–995.
140. Wojciechowski, A., Wojciechowska, N. (2015). Zastosowanie klasycznych metod prognozowania popytu w logistyce dużych sieci handlowych. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Problemy zarządzania, finansów i marketingu*, nr 41, t. 2, 545-555.
141. Wolf, J. (2014). The relationship between sustainable supply chain management, stakeholder pressure and corporate sustainability performance. *J. Bus. Ethics* 119, 317–328.
142. Wooldridge, J. M. (2019). *Introductory econometrics: A modern approach*. Cengage learning.
143. Wu, H.J., Dunn, S.C. (1995). Environmentally responsible logistics systems. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management* 25 (2), 20–38.

144. Yawar, S.A., Seuring S. (2017). Management of social issues in supply chains: a literature review exploring social issues, actions and performance outcomes. *J. Bus. Ethics* 141 (3).
145. Yildiz, R., Yaman, R. (2018). Case study about economic order quantities and comparison of results from conventional EOQ model and response surface-based approach. *Management and Production Engineering Review*, 9 (3), 23-32.
146. Zeliaś, A., Pawełek, B., Wanat, S. (2004). *Prognozowanie ekonomiczne. Teoria, przykłady, zadania*. Warszawa, PWN, 140-151.
147. Zellner, A. (1962). An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and tests for aggregation bias. *Journal of the American Statistical Association*, 57 (298), 348-368.
148. Zhu, Q., Sarkis, J., Lai, K.H. (2008). Green supply chain management implications for “closing the loop”. *Transportation research Part E* 44, 1–18.
149. Zollo, M., Winter, S. (2002). Deliberate learning and the evolution of dynamic capabilities. *Organ. Sci.* 13 (3), 339–351.

Źródła elektroniczne

<https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/erp/supply-chain-visibility.shtml>

<https://www.ventiair.com>

<https://www.bizraport.pl>

Spis rysunków

Rysunek 1. Krzywa Lorenza skumulowanego przychodu w odniesieniu do skumulowanego zapasu.	11
Rysunek 2. Procentowy udział w wartości sprzedaży oraz procentowy udział w masie towarowej.....	12
Rysunek 3. Podstawowe zależności związane z realizowaniem dostaw.	15
Rysunek 4. Metoda zapasu minimalnego.....	16
Rysunek 5. Metoda stałego cyklu zamawiania.	17
Rysunek 6. Kształtowanie się wskaźnika bieżącej płynności finansowej.....	21
Rysunek 7. Model łańcucha dostaw opartego na zasobach.....	26
Rysunek 8. Determinanty zrównoważonego zarządzania dostawami.	31
Rysunek 9. Identyfikacja uczestników rynku z punktu widzenia widoczności łańcucha dostaw.....	39
Rysunek 10. Procesy zachodzące w wizualizacji łańcucha dostaw.....	41
Rysunek 11. Istotność widoczności łańcucha dostaw.	47
Rysunek 12. Ogólny schemat przepływu do przodu i wstecz w procesie logistycznym.....	51
Rysunek 13. Schemat zależności firm „córek” podmiotu VentiAir.....	64
Rysunek 14. Wybrane lokalizacje zrealizowanych projektów.	67
Rysunek 15. System LogiTower jednowieżowy na blachy.....	70
Rysunek 16. Obrabiarka laserowa AMADA.....	71
Rysunek 17. Wycinarka laserowa OTINUS.....	72
Rysunek 18. Prasa krawędziowa ERMAK.	73
Rysunek 19. Ploter frezujący CNC SERON.....	74
Rysunek 20. Piła formatowa WEGOMA.....	75
Rysunek 21. Hala produkcyjna firmy VentiAir.	76

Spis tabel

Tabela 1. Podział zapasów ze względu na częstotliwość używania oraz kosztów jakie generują.	13
Tabela 2. Udział wolumenu dostaw oraz liczby dostawców wg krajów.	80
Tabela 3. Parametry modelu wygładzania Browna oraz średnie błędy procentowe dla zapasów i sprzedaży.	88
Tabela 4. Parametry modelu wygładzania wykładniczego Holta oraz średnie błędy procentowe dla zapasów i sprzedaży.	89
Tabela 5. Statystyki testu ADF z wartościami krytycznymi prawdopodobieństwa dla szeregów czasowych przyrostów sprzedaży w poszczególnych krajach.	95
Tabela 6. Obliczone współczynniki determinacji R ² , autokorelacji I rzędu ρ oraz χ^2 normalności rozkładu reszt dla estymowanych równań.	96
Tabela 7. Wyestymowane parametry modelu wraz z błędami oszacowań i wartościami krytycznymi prawdopodobieństw dla badanych krajów.	101
Tabela 8. Wyliczone mnożniki krótko i długookresowe oraz współczynniki korekty błędem dla poszczególnych równań estymowanego modelu.	102
Tabela 9. Statystyki testu ADF z wartościami krytycznymi prawdopodobieństwa dla szeregów czasowych przyrostów dostaw w poszczególnych krajach.	109
Tabela 10. Obliczone współczynniki determinacji R ² , autokorelacji ρ oraz χ^2 normalności rozkładu reszt dla estymowanych równań.	110
Tabela 11. Wyestymowane parametry modelu wraz z błędami oszacowań i wartościami krytycznymi prawdopodobieństw dla badanych krajów.	114
Tabela 12. Wyliczone mnożniki krótko i długookresowe oraz współczynniki korekty błędem dla poszczególnych równań estymowanego modelu.	115
Tabela 13. Wartości ocen parametrów modelu SEL.	120

Spis wykresów

Wykres 1. Liczba dostawców firmy VentiAir w latach 2019 – 2024.	77
Wykres 2. Dostawcy firmy VentiAir wg kraju pochodzenia.	78
Wykres 3. Udziały liczby dostawców firmy VentiAir wg kraju pochodzenia.	78
Wykres 4. Udziały wolumenu dostaw firmy VentiAir wg kraju pochodzenia.	79
Wykres 5. Udziały ilościowe dostawców firmy VentiAir.	81
Wykres 6. Udziały wartościowe dostawców firmy VentiAir.	81
Wykres 7. Porównanie udziału ilościowego i wartościowego dostawców firmy VentiAir.	82
Wykres 8. Udziały dużych dostawców w czasie.	82
Wykres 9. Udziały średnich dostawców w czasie.	83
Wykres 10. Udziały małych dostawców w czasie.	83
Wykres 11. Udziały bardzo małych dostawców w czasie.	84
Wykres 12. Kraje zbytu firmy VentiAir.	85
Wykres 13. Udział sprzedaży wg krajów zbytu firmy VentiAir.	86
Wykres 14. Poziom sprzedaży firmy VentiAir € ceny stałe.	87
Wykres 15. Zapas magazynowy firmy VentiAir € ceny stałe.	87
Wykres 16. Wskaźniki rotacji zapasów dla poszczególnych miesięcy.	90
Wykres 17. Poziom ogólnego wskaźnika koniunktury.	91
Wykres 18. Przyrosty sprzedaży dla poszczególnych krajów.	94
Wykres 19. Wykresy funkcji ACF i PACF dla reszt z równania CZE.	97
Wykres 20. Wykresy funkcji ACF i PACF dla reszt z równania EST.	97
Wykres 21. Wykresy funkcji ACF i PACF dla reszt z równania KAZ.	98
Wykres 22. Wykresy funkcji ACF i PACF dla reszt z równania LIT.	98
Wykres 23. Wykresy funkcji ACF i PACF dla reszt z równania LOT.	99
Wykres 24. Wykresy funkcji ACF i PACF dla reszt z równania POL.	99
Wykres 25. Wykresy funkcji ACF i PACF dla reszt z równania RUM.	100
Wykres 26. Wykresy funkcji ACF i PACF dla reszt z równania SLO.	100
Wykres 27. Mnożniki krótkookresowe dla poszczególnych krajów.	103
Wykres 28. Mnożniki długookresowe dla poszczególnych krajów.	104
Wykres 29. Siła mechanizmu korekty błędem dla poszczególnych równań.	105
Wykres 30. Przyrosty dostaw dla poszczególnych krajów.	108

Wykres 31. Wykresy funkcji ACF i PACF dla reszt z równania AUS.....	111
Wykres 32. Wykresy funkcji ACF i PACF dla reszt z równania CZE.	111
Wykres 33. Wykresy funkcji ACF i PACF dla reszt z równania WLO.	112
Wykres 34. Wykresy funkcji ACF i PACF dla reszt z równania LI.....	112
Wykres 35. Wykresy funkcji ACF i PACF dla reszt z równania POL.	113
Wykres 36. Wykresy funkcji ACF i PACF dla reszt z równania SZW.	113
Wykres 37. Mnożniki krótkookresowe dla poszczególnych krajów.	115
Wykres 38. Mnożniki długookresowe dla poszczególnych krajów.	116
Wykres 39. Siła mechanizmu korekty błędem dla poszczególnych równań.	116
Wykres 40. Grupowanie zmiennych metodą Warda.....	118
Wykres 41. Wykresy funkcji ACF i PACF dla reszt z równania modelu sprzedaży.	122