



Zbigniew Galar
Adam Sadowski

Zarządzanie ryzykiem przedsiębiorstwa farmaceutycznego

Zarządzanie ryzykiem przedsiębiorstwa farmaceutycznego



WYDAWNICTWO
UNIWERSYTETU
ŁÓDZKIEGO

**Zbigniew Galar
Adam Sadowski**

Zarządzanie ryzykiem przedsiębiorstwa farmaceutycznego

Zbigniew Galar – Barry Callebaut SSC Europe sp. z o.o., 90-530 Łódź, ul. Wólczańska 180

Adam Sadowski – Uniwersytet Łódzki, Wydział Ekonomiczno-Socjologiczny
Katedra Analizy i Strategii Przedsiębiorstwa, 90-214 Łódź, ul. Rewolucji 1905 r. nr 37

RECENZENT

Magdalena Osińska

REDAKTOR INICJUJĄCY

Monika Borowczyk

OPRACOWANIE REDAKCYJNE

Bogusława Kwiatkowska

SKŁAD I ŁAMANIE

AGENT PR

KOREKTA TECHNICZNA

Leonora Gralka

PROJEKT OKŁADKI

Polkadot Studio Graficzne Aleksandra Woźniak, Hanna Niemierowicz

Koszty wydania niniejszej pracy zostały sfinansowane w całości przez Stowarzyszenie Zbiorowego Zarządzania Prawami Autorskimi Twórców Dzieł Naukowych i Technicznych KOPIPOL z siedzibą w Kielcach – organizację zbiorowego zarządzania prawami autorskimi do utworów naukowych

© Copyright by Authors, Łódź 2021

© Copyright for this edition by Uniwersytet Łódzki, Łódź 2021

Publikacja jest udostępniona na licencji Creative Commons

Uznanie autorstwa-Użycie niekomercyjne-Bez utworów zależnych 4.0 (CC BY-NC-ND)

Wydane przez Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego

Wydanie I. W.09851.20.0.K

Ark. wyd. 12,0; ark. druk. 13,0

ISBN 978-83-8220-345-5

e-ISBN 978-83-8220-346-2

<https://doi.org/10.18778/8220-345-5>

Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego

90-131 Łódź, ul. Lindleya 8

www.wydawnictwo.uni.lodz.pl

e-mail: ksiegarnia@uni.lodz.pl

tel. 42 665 58 63

Spis treści

Wykaz skrótów i terminów	7
Wstęp	9
Rozdział 1	
Procesy charakterystyczne dla farmaceutycznego łańcucha dostaw	11
1.1. Ryzyko w zarządzaniu łańcuchem dostaw	11
1.2. Zarządzanie ryzykiem w kontekście struktury procesu wytwarzania	13
1.3. Indeksacja i klasyfikacja danych fundamentem integracji informacji w przedsiębiorstwie	16
1.4. Analiza stanu zapasów. Zapas zwolniony, zapas ogółem	20
1.5. Historia stanów magazynowych	21
1.6. Zapas nadmierny	27
1.7. Cząsy i etapy produkcji	29
1.8. Proces analityki ABC	32
1.9. Szacowanie poziomu sprzedaży – prognoza	34
Rozdział 2	
Analiza fundamentalna ryzyka planowania produkcji	43
2.1. Odpowiedzialność wobec prognozy i tworzenie relacji opartych na zaufaniu	43
2.2. Analiza porównawcza sytuacji bieżącej i prognozy	46
2.3. Wpływ zmiany prognozy na proces wytwarzania	52
2.4. Zapas pomiędzy produkcjami	62
2.5. Zapas bezpieczny, czyli prognozowanie błędu prognozy	64
2.6. Zapas rotujący powiększony o zapas bezpieczny wobec zmienności sprzedaży	65
2.7. Zapas rotujący powiększony o zapas bezpieczny wobec zmienności prognozy	68
2.8. Zapas rotujący powiększony o zapas bezpieczny wobec różnicy sprzedaży i prognozy	70
Rozdział 3	
Zaawansowane metody oceny i analizy czynników ryzyka planowania produkcji	73
3.1. Rotacja rzeczywista jako wskaźnik oceny zapasów	73
3.2. Zapas wynikający z trendu sprzedaży	77

3.3. Automatyczne raporty sytuacyjne	79
3.4. Zapas bezpieczny ABC sprzedaży	83
3.5. Zapas bezpieczny ABC różnic sprzedaży i prognozy	86
3.6. Zapas bezpieczny ABC nadwyżek sprzedaży do prognozy	87
3.7. Zintegrowany zapas bezpieczny	90
3.8. Analizy sezonowości	92
3.9. Prognoza zintegrowana	96

Rozdział 4

Ryzyko w planowaniu produkcji z perspektywy zarządzania łańcuchem dostaw	101
4.1. Popyt zależny – zapotrzebowania surowcowe	101
4.2. Popyt zależny jako czynnik ryzyka braku produktu	114
4.3. Kalendarz dostaw i harmonogramu produkcji	120
4.4. Ryzyko przekroczenia maksymalnego obciążenia linii produkcyjnej	126
4.5. Ryzyko przekroczenia maksymalnego obciążenia linii produkcyjnej w strukturze hierarchicznej	144
4.6. Ryzyko przekroczenia dopuszczalnego wypełnienia magazynu	153

Rozdział 5

Zarządzanie ryzykiem łańcucha dostaw wytwórcy farmaceutycznego – analiza <i>ex post</i>	165
5.1. Zarządzanie ryzykiem łańcucha dostaw – stany dzienne	165
5.2. Zarządzanie ryzykiem łańcucha dostaw przy innych parametrach zarządzania	167
5.3. Analityka prognoz historycznych	170
5.4. Automatyzacja analityki prognoz i planów produkcji	182
5.5. Analityka historycznych planów produkcji	186
5.6. Analityka wpływu czynników historycznych	188

Zakończenie	191
-------------	-----

Bibliografia	193
--------------	-----

Spis wzorów	199
-------------	-----

Spis ilustracji	203
-----------------	-----

Spis wykresów	205
---------------	-----

Spis tabel	207
------------	-----

Wykaz skrótów i terminów

analiza <i>what-if</i>	– analiza konsekwencji scenariuszy „co-jeśli”
API	– <i>Active Product Ingredient</i>
ARIMA	– <i>Autoregressive Integrated Moving Average</i>
ASCP	– <i>Advanced Supply Chain Planner</i>
BIAS	– błąd systemowy
BOM	– <i>Bill Of Materials</i>
bulk	– półprodukt luzem spakowany do beczki
COGS	– <i>Cost Of Goods Sold</i>
DDVC	– <i>Demand Driven Value Chain</i>
eBS ORACLE	– <i>eBusiness Suite ORACLE</i>
ERP	– <i>Enterprise Resource Planning</i>
<i>ex ante</i>	– przed zdarzeniem – z góry
<i>ex factory</i>	– z fabryki
<i>ex post</i>	– po zdarzeniu
FE	– <i>Forecast Errors</i>
GMP	– <i>Good Manufacturing Practice</i>
Kontrola Jakości	– dział zajmujący się analizami jakościowymi
KPI	– <i>Key Performance Indicator</i>
LT	– <i>Lead Time</i>
MAH	– <i>Marketing Authorization Holder</i>
MOQ	– <i>Minimum Order Quantity</i>
MTO	– <i>Make to Order</i>
MTS	– <i>Make to Stock</i>
NL	– <i>New Launch</i>
OTC	– <i>Over The Counter</i> – produkty ogólnodostępne
OTIF	– <i>On Time in Full</i>
QP	– <i>Qualified Person</i>
RW	– Rozchód Wewnętrzny
Rx	– <i>Recipe</i> – produkty na receptę

<i>S&OP</i>	– <i>Sales and Operations Planning</i>
<i>SE</i>	– <i>Sales Errors</i>
<i>Semi MTS</i>	– <i>Semi Make to Stock</i>
<i>SQL</i>	– <i>Structured Query Language</i>
<i>Stock Out</i>	– brak produktu
<i>VMI</i>	– <i>Vendor Managed Inventory</i>
Zapewnienie Jakości	– dział podejmujący decyzje odnośnie do jakości

Wstęp

Współczesne zarządzanie organizacjami obejmuje powszechnie sytuacje, w których występuje ryzyko osiągnięcia założonych przez zarządzających celów. Ryzyko dotyczy procesów decyzyjnych na wszystkich szczeblach zarządzania, niezależnie od rodzaju sektora prowadzenia działalności gospodarczej oraz typu i konfiguracji organizacji (Urbanowska-Sojkin, 2013). Skutki braku wkomponowania ryzyka w procesy zarządcze są ogromne i w wielu przypadkach prowadzą do zachwiania równowagi organizacji w długim okresie. Istniejące doświadczenia różnych organizacji w dziedzinie zarządzania ryzykiem prowadzą do konstatacji, że stanowi ono jeden z najistotniejszych obszarów zarządzania determinujący ich przetrwanie i dalszy rozwój. Empiryczny charakter badań naukowych związanych z poznaniem istoty zarządzania ryzykiem odniesiony do przypadku pojedynczej organizacji, sektora, struktury, systemu doprowadził do powstania ram konceptualnych dla zrozumienia znaczenia i złożonej natury tych badań. Teoria zarządzania ryzykiem dostarcza wiedzy ogólnej na poziomie epistemologicznym pozwalającej na kompleksowe poznanie i zrozumienie wpływu ryzyka na stabilność złożonych systemów, jakimi są organizacje. Praktyka funkcjonowania organizacji w gospodarce globalnej pozwala na przyjęcie perspektywy zarządzania łańcuchem dostaw w celu omówienia problemów zarządzania ryzykiem w przedsiębiorstwie. Przyjęta perspektywa umożliwia zarówno prowadzenie pogłębionych badań w odniesieniu do specyfiki przedsiębiorstw, jak również prowadzi do uogólnionych wniosków na poziomie całego łańcucha dostaw ze względu na standaryzację procesów biznesowych. Odnosi się to także do kwestii stosowania metod i podejść w zarządzaniu ryzykiem (Wróblewski *et al.*, 2015; Owsian, Osińska, 2016).

Monografia przedstawia w usystematyzowany sposób zarządzanie ryzykiem przedsiębiorstwa farmaceutycznego. Jej konstrukcja została pomyślana w taki sposób, by zaprezentować praktyczne problemy w obszarze zarządzania ryzykiem, które występują u wytwórców farmaceutycznych. Dodatkowym walorem opracowania jest zwrócenie uwagi na zasadnicze z punktu widzenia procesu zarządzania ryzykiem potrzeby informacyjne przedsiębiorstw farmaceutycznych. Przyjęte przez autorów analityczno-metodyczne podejście do zarządzania ryzykiem oprócz formuł matematyczno-statystycznych zostało wzbogacone formułami w programach *MS Excel* i *QlikView*.

W rozdziale pierwszym omówiono znaczenie fizyczno-informacyjne uwarunkowania zarządzania ryzykiem w kontekście struktury organizacyjnej wytwórcy farmaceutycznego. Zwrócono uwagę na podstawowe z punktu widzenia procesu zarządzania zagadnienia, jak analityka stanu zapasów, etapy procesu produkcji, analityka ABC oraz szacowanie poziomu sprzedaży.

Drugi rozdział opisuje najważniejsze analizy fundamentalne konieczne do określenia poziomu ryzyka w przedsiębiorstwie farmaceutycznym. Jeśli sprawdzić je do ryzyka braku poszczególnych produktów – implikujących pozycję producenta na silnie konkurencyjnym rynku, wtedy głównym problemem staje się odpowiednie zaplanowanie wielkości produkcji. Ze względu na fakt, że większość wytwórni leków generycznych korzysta z prognozy popytu rynkowego do wyznaczania punktu odniesienia wielkości produkcji, najważniejszymi wskaźnikami ryzyka jest poziom zapasów definiowany przez jej rotację, niepewność prognozy określaną relacją pomiędzy jej wartościami a wykonaniem oraz wynikający z niej zapas bezpieczny.

W rozdziale trzecim opisano bardziej zaawansowane metody analizy, określające poziom ryzyka w wytwórni farmaceutycznej. Obejmują one rzeczywiste wartości rotacji produktów, analizy sezonowości oraz dzielenie portfolio na grupy i stosowanie strategii hybrydowych bezpieczeństwa, w zależności od ważności danej grupy zapasów (Galar, 2019).

W rozdziale czwartym opisano pozostałe aspekty ryzyka w przedsiębiorstwie farmaceutycznym, głównie w zakresie ryzyka braku zdolności wytwarzania. Jest to przede wszystkim ryzyko braku surowców oraz przekroczenia zdolności wytwórczych na poszczególnych maszynach. Jednocześnie ze względu na szczególnie zakres wymagań odnośnie do magazynowania produktów farmaceutycznych mogą również występować zatory magazynowe.

W rozdziale piątym skupiono się na analizie stanów minionych w celu polepszenia wykrywania ryzyka w zakładzie farmaceutycznym. Jest to przede wszystkim analizy historii stanów magazynowych wraz z metodami agregacji wnioskowania, takimi jak analizy *what-if*, ale również historia przewidywań popytu rynkowego oraz analityka zleceń produkcji. Powyższe uzupełniono o metody wizualizacji wykonania minionych celów zakładu farmaceutycznego w oparciu o wskaźniki KPI.

Monografia jest skierowana do następujących grup odbiorców: pracowników naukowych uczelni ekonomicznych oraz studentów kierunków zarządzanie i logistyka, a także analityka biznesu, słuchaczy studiów podyplomowych z zakresu zarządzania, menedżerów i analityków odpowiedzialnych za zarządzanie ryzykiem w przedsiębiorstwach farmaceutycznych.

Łódź, 23 stycznia 2021

Zbigniew Galar, zbigniew.galar@gmail.com
Adam Sadowski, adam.sadowski@uni.lodz.pl

Rozdział 1

Procesy charakterystyczne dla farmaceutycznego łańcucha dostaw

1.1. Ryzyko w zarządzaniu łańcuchem dostaw

Rozwój koncepcji zarządzania łańcuchem dostaw związany jest bezpośrednio z przyrostem liczby i złożoności relacji biznesowych we współczesnej gospodarce. Oprócz znaczącego zwiększenia się liczby relacji, zasadniczym zmianom podlega współcześnie także zakres geograficzny odpowiadający współzależnościom wiążącym strony uczestniczące w wymianie dóbr i usług. Współczesne relacje biznesowe stały się bardziej dynamiczne i niestabilne, a w wielu przypadkach czas ich trwania jest niezwykle krótki. Wszystkie wymienione cechy określają aktualne współzależności i interakcje występujące w przepływach dóbr i usług na świecie.

Wynikająca z podanych cech relacji wrażliwość łańcucha dostaw dotyczy wszystkich jego ogniw, włączając w to liderów, jak na przykład sieci handlowe i klastry produkcyjno-dystrybucyjne, które zwyczajowo zajmowały uprzywilejowaną pozycję. Wrażliwość łańcucha dostaw jest szczególnie widoczna w warunkach pojawienia się negatywnych zjawisk o zasięgu globalnym, które zmieniają krajobraz światowego biznesu. Należy do nich zaliczyć kryzysy finansowe, konflikty zbrojne i zagrożenia asymetryczne, kryzys klimatyczny, epidemie czy ostatnią pandemię Covid-19, która spowodowała tzw. lockdown na terenie wielu dotkniętych nią krajów.

Problemowe spojrzenie na zarządzanie łańcuchem dostaw, a zwłaszcza na zasady, na których zostały oparte przepływy dóbr i usług w ramach systemu logistycznego wymaga włączenia wrażliwości łańcuchów dostaw do głównego nurtu rozważań teoretycznych. Zasady takie jak współpraca, konkurencja, kooperacja, które stanowią podstawowy mechanizm działania łańcucha dostaw, są wrażliwe na nawet najmniejsze zakłócenia *status quo* systemu. Dlatego kluczowe znaczenie dla zapewnienia ciągłości przepływów w łańcuchu dostaw ma minimalizacja wszelkich potencjalnych zakłóceń, stanowiących czynniki ryzyka. Globalny zakres

operacji logistycznych w łańcuchu dostaw stawia nowe wymagania dla ich odporności ze względu na czynniki ryzyka, które pojawiają się w otoczeniu organizacji.

Włączenie ryzyka do zakresu zainteresowania badaczy zajmujących się zarządzaniem łańcuchem dostaw (ang. *Supply Chain Management*) w świetle wcześniejszych uwag ogólnych stało się naturalną konsekwencją zachodzących zmian w kształtowaniu globalnego środowiska biznesowego. Dało to podstawę rozwoju koncepcji zarządzania ryzykiem łańcucha dostaw *SCRM* (ang. *Supply Chain Risk Management*). Jej znaczenie dla praktyki zarządzania jest widoczne zwłaszcza obecnie w okresie pandemii Covid-19, w sytuacji gdy farmaceutyczny łańcuch dostaw ma za zadanie zapewnić ciągłość dostaw leków dla pacjentów danego kraju.

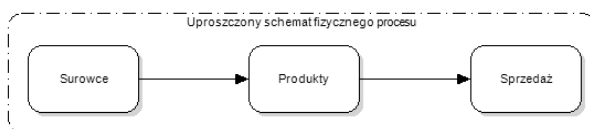
W teorii zarządzania łańcuchem dostaw dominują dwa podejścia do opisu ryzyka. Pierwsze, jakościowe, zwraca szczególną uwagę na przedstawienie ogólnych zasad, procedur i schematów związanych z zarządzaniem ryzykiem w łańcuchu dostaw. Obejmuje ono tworzenie propozycji modeli zarządzania ryzykiem w środowisku biznesowym, które mogą następnie zostać poddane walidacji w realnych warunkach. Podejście to wykorzystuje zróżnicowane metody badawcze, jak pojedyncze studia przypadków oraz wielokrotne studia przypadków do zrozumienia złożoności procesów zachodzących w łańcuchu dostaw. Sumując, podejście jakościowe w badaniach nad zarządzaniem ryzykiem daje wkład do teorii przede wszystkim dzięki pogłębionej analizie modeli, procesów, procedur odnoszonych do realnych schematów i struktur organizacyjnych i systemów zarządzania.

Podejście ilościowe do zarządzania ryzykiem łańcucha dostaw z kolei dąży do wyjaśnienia ogólnych prawidłowości wynikających z realnych sytuacji i zdarzeń za pomocą zapisu matematycznego i obliczeń. Złożoność systemów zarządzania ryzykiem i różnice wynikające ze specyfiki, ale także standardów realizacji procesów w łańcuchu dostaw powoduje, że podstawowymi metodami badań w tym nurcie są wszechstronne analizy ryzyka. Dotyczą one przykładowo badania dostępności zapasów surowców, opakowań, wyrobów gotowych. Pokazują wpływ relacji biznesowych i umów handlowych oraz wynikających z nich ograniczeń na kształtowanie się sfery przepływów w łańcuchu dostaw. Uwzględniają różne czynniki ryzyka, jak sprzedaż i działania marketingowe, sezonowość, przerwy w dostawach, zatrzymanie linii produkcyjnej. Powoduje to, że w podejściu ilościowym liczba perspektyw badawczych jest bezpośrednio skorelowana z niezbędnymi do wykonania pracami analitycznymi i analitykami. Należy podkreślić szczególne znaczenie metodyki przy prowadzeniu analiz i dalej procesu wnioskowania odnośnie do ryzyka na podstawie uzyskanych rezultatów. Konkludując, podejście ilościowe od strony metodycznej pokazuje badaczom ścieżkę i kroki w analizie i ocenie ryzyka w łańcuchu dostaw. Wymaga ono jednocześnie dostępności realnych danych z systemów operacyjnych przedsiębiorstw dla jej testowania, co często stanowi krytyczną barierę w badaniach empirycznych.

1.2. Zarządzanie ryzykiem w kontekście struktury procesu wytwarzania

Procesy wszystkich trzech pionów struktury organizacji: sprzedaży, łańcucha dostaw (Rossetti, Handfield, Dooley, 2011) (wraz z produkcją) i jakości – wzajemnie się przenikają (Desel, Pernici, Weske, 2004), dlatego nie można ukazać ich w prostej kolejności ich przebiegu (Cox, 2015). Zamiast tego trzeba zrozumieć ich interakcje, dzieląc je na warstwy.

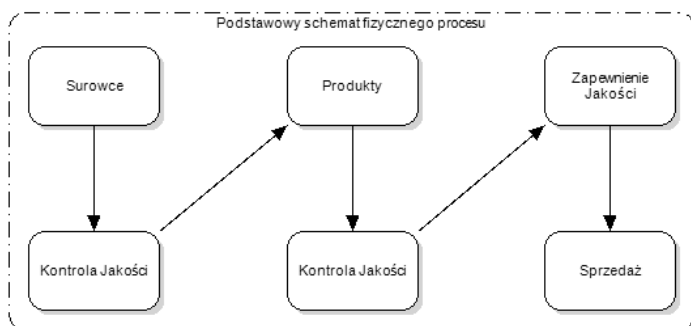
Przy mocno skomplikowanym procesie – dla lepszej wizualizacji zachodzących zjawisk najlepiej jest uczynić fundamentem warstwę fizyczną (Lewis, 2012), gdyż ma ona najwięcej fizycznych (materialno-energetycznych) ograniczeń i jest namacalna, dlatego łatwiej ją zrozumieć (Molak, 1997). Stąd też podstawą rozważań na temat ryzyka w firmie farmaceutycznej będzie łańcuch dostaw (Moran, 2014) uwzględniający proces produkcyjny (Paciarotti, Mazzuto, D’Ettorre, 2014).



Ilustracja 1. Uproszczony schemat fizycznego procesu

Źródło: opracowanie własne.

Sprzedaż napędza proces produkcji, czyli przetwarzanie surowców w produkty. Przy uwzględnieniu czynnika jakościowego – schemat będzie uwzględniał badania jakości przeprowadzane na surowcach przychodzących do zakładu oraz na produktach go opuszczających.



Ilustracja 2. Podstawowy schemat fizycznego procesu

Źródło: opracowanie własne.

Bardzo wiele czynników ryzyka dla dostępności produktów związanych jest z procesem wytwarzania oraz, niezależnym w dużej mierze od organizacji, procesem produkowania i dostarczania surowców, jednocześnie paradoksalnie najmniej ważnym jest czynnik sprzedażowy. Sprzedaż (działania tego pionu) przynosi główne dochody firmie farmaceutycznej (oprócz transferów technologii itp.), dlatego są w tym pionie ponoszone duże koszty, niekiedy przekraczające koszty wytwarzania (reklama) i ma on największe zatrudnienie (marketing, fundacje i przedstawiciele medyczni)¹; dużo większe koszty w porównaniu z pionami łańcucha dostaw – w tym: produkcji i jakości. W rezultacie rentowność ogólna branży farmaceutycznej utrzymuje się na poziomie zaledwie około 10% (poziom wskaźnika stopy rentowności kapitału własnego ROE dla sektora farmaceutycznego w Polsce w 2015 r.)².

Jednakże z punktu widzenia systemu zarządzania ryzykiem (Virglerova, 2018), przyjmującego za główny cel zapewnienie dostępności (dobrych) produktów dla pacjenta (Heinonen, Somsen, 2008), działania strony sprzedażowej przekładają się na małe ryzyko, ponieważ produkt ma być dostępny – nieważne, czy będzie kupiony. Żeby zdefiniować poziom istotności jakiegoś elementu, najlepiej jest rozpatrzyć skrajny przypadek, w którym element ten znika całkowicie ze struktury organizacji. Brak działu sprzedaży w firmie farmaceutycznej oznacza praktycznie wyzerowanie sprzedaży leków sprzedawanych bez recepty (leki typu OTC³), które charakteryzuje silna konkurencja (Capo, Brunetta, Boccardelli, 2014). Jednocześnie w małym stopniu wpływa ono na zmniejszenie sprzedaży leków ratujących zdrowie i życie (Mayall, Banerjee, 2014), wydawanych z przepisu lekarza (leki typu Rx⁴) (Carroll red., 2009). Z kolei zmniejszenie się popytu poprzez złe funkcjonowanie strony sprzedażowej poprawia poziom dostępności produktów – jest ich więcej w łańcuchu dostaw z powodu faktu, że spadła sprzedaż.

Celem zarządzania ryzykiem jest świadomość oraz mitygacja (Enyinda, Mbah, Ogbuehi, 2010) ryzyka niewłaściwego przetwarzania materii wewnątrz i na zewnątrz organizacji mającego wpływ na dostępność dobrych produktów. Dlatego żeby dostosować schemat fizycznego procesu do potencjalnych zagrożeń dla dostępności i jakości wytwarzanych leków (Barreiro *et al.*, 2004), zamiast ryzyka niezalezienia klienta, trzeba bardziej szczegółowo rozpisać proces produkcji, czyli fizycznego przetwarzania materii pod kontrolą organizacji, oraz proces kontroli

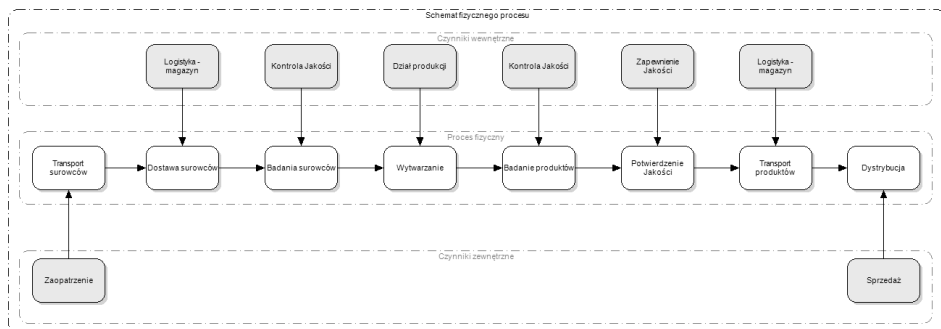
1 Prawie 97% ankietowanych lekarzy przyznało, że spotyka się z przedstawicielami firm farmaceutycznych, z czego 35% w czasie pracy (na podstawie ankiety wypełnionej przez 379 badanych na stronie czasopisma *Medycyna Praktyczna* w 11 i 12 miesiącu 2013 r. Źródło: Sondaż: Niemal wszyscy lekarze spotykają się z przedstawicielami producentów leków – *ForSal.pl* – Biznes, Gospodarka, Świat, 2017.

2 PONT Info.GOSPODARKA na podstawie danych GUS; grupa B (>=50 osób); dla ROE, DR, WP i CFC dane kwartalne narastające.

3 *Over The Counter*.

4 Leki Rx oznaczane egipskim symbolem oka Horusa, a także od łacińskiego czasownika *recipere*, znaczącego „brać”, oznaczającego typ leków wydawanych na recepty.

nad surowcami zależny od czynnika zewnętrznego. Jednocześnie trzeba oddzielić proces fizycznego przetwarzania i przenoszenia materii – od odpowiedzialności z rozbić na poszczególne działy organizacji.



Ilustracja 3. Schemat fizycznego procesu

Źródło: opracowanie własne.

Proces fizycznego przetwarzania materii w celu wytwarzania leków jest na początkowym i na końcowym etapie powiązany z czynnikami zewnętrznymi – poprzez zamówienia zewnętrzne na surowce i półprodukty, tworzone przez dział zaopatrzenia, oraz przez zlecenia na produkt, przyjmowane przez dział obsługi klienta, a napędzane przez stronę sprzedażową. Dział zaopatrzenia niekiedy nie bierze odpowiedzialności za negocjacje cenowe oraz kwestie jakościowe, takie jak formułowanie umów określających kary umowne za opóźnienia⁵ itp. sytuacje. Wtedy za kontakty biznesowe wobec kooperantów zewnętrznych odpowiedzialny jest dział zakupów i inwestycji (Baker, Filbeck, 2015), natomiast dział zaopatrzenia zajmuje się tylko bieżącą obsługą zamawiania surowców na podstawie gotowych cenników wynikających z umów. Reszta elementów z grupy procesów fizycznych znajduje się pod kontrolą organizacji, powinna więc być trwale doskonalona dzięki systemowi zarządzania ryzykiem (Wolke, 2017).

⁵ W takich zapisach zawierane są kwestie jakości dostaw, ponieważ jeśli dostawa jest złej jakości, wtedy opóźni się dostawa produktu dobrego, co grozi karą umowną, więc producent takiego surowca jest znacznie bardziej skupiony na spełnieniu wymogów jakościowych przez każdą dostawę.

1.3. Indeksacja i klasyfikacja danych fundamentem integracji informacji w przedsiębiorstwie

Wszystkie bazy danych przedsiębiorstwa funkcjonują najlepiej, jeśli mają zdefiniowane relacje pomiędzy sobą, a właściwie pomiędzy rodzajami⁶ danych, jakie zawierają (Wu, Olson, 2015). W ten sposób tworzy się sieć wzajemnych powiązań, dzięki którym te same dane nie muszą być przechowywane w różnych wersjach⁷ w każdej z baz, a efektem tego jest oszczędność pamięci oraz cykli procesora przy ich przetwarzaniu (Hand, Mannila, Smyth, 2001). Dla przykładu sprzedaż może być wartością przypisaną do konkretnego produktu definiowanego indeksem⁸, lecz pogrupowanie sprzedaży na sprzedaż krajową i zagraniczną można łatwiej przeprowadzić, jeśli każdemu indeksowi przypiszemy specjalną kategorię sprzedaży krajowej bądź zagranicznej (rodzaj rynku sprzedaży), by następnie sumować sprzedaż w każdej z grup, jeżeli dana poboczna kategoria przy indeksie występuje. Unikamy przez to tworzenia odwołań do kategorii przy danych o sprzedaży, których będzie wielokrotnie więcej niż rodzajów sprzedawanych produktów. Dzięki temu kategorie przypisane do jednego zbioru danych mogą być łatwo odnoszone do innych zbiorów (Zhong *et al.*, 2016) – bez powielania informacji. Ponadto unikamy w firmie powielania i niezgodności wersji danych, bo dane powstające i klasyfikowane w danym dziale stanowią źródło i oryginał wiedzy o danym aspekcie procesu dla każdego innego działu w firmie (Borek *et al.*, 2014).

Podstawową bazą danych firmy farmaceutycznej jest baza indeksacji (Tucker, 2004) integrująca podstawowe informacje na temat surowców i produktów. Produkty w niej będą zawierały informacje o swojej fizycznej charakterystyce, przydzielając kategorię np. rodzaju substancji aktywnej⁹, jak i również informacje

6 Liczy się odwołanie do kolumny w bazie danych, a nie konkretnej wartości, gdyż konkretne wartości definiowane są przez zawartość odpowiadających im danych z innych kolumn (np. kolumna „sprzedaż”, dla której odpowiadająca wartość z kolumny „indeks” oraz kolumny „data” spełniają dane kryteria wyboru).

7 Jeśli dane powstają w jednej z baz, a inne bazy te dane kopiuje, to oznacza, że firma będzie miała wiele wersji tych samych danych w każdej z baz, różnicowanych w zależności od procedury ich aktualizacji ze źródła.

8 Indeks to alfanumeryczny ciąg znaków zawierający w sobie kluczowe informacje na temat klasyfikacji grupowej przetwarzanego produktu pod względem jego charakterystyki fizycznej (np. rodzaju składnika aktywnego) bądź pod względem przynależności właścicielskiej (np. spółki, do której należy).

9 Chociaż przy liczbie *API* większej niż trzy taka kategoryzacja będzie problematyczna, bo trudno będzie stworzyć opis dla tak wielu substancji aktywnych, przez co, jeśli firma farmaceutyczna produkuje kosmetyki czy mieszanki ziołowe składające nieraz z kilkunastu *API*, lepiej jest stworzyć indeksy dla różnych mieszanek *API* i do produktu przydzielać indeks składu *API*,

handlowe, czyli np. przydział do grupy sprzedażowej, oraz informacje jakościowe, np. okres ważności¹⁰. Z kolei surowce w zakresie swojej fizycznej charakterystyki będą mieć np. grupę surowcową¹¹, jak i również informacje handlowe, np. kraj pochodzenia, oraz informacje jakościowe, np. informację, czy produkt podlega badaniom kontroli jakości (a więc odpowiedź na pytanie, czy produkt podlega zwolnieniu)¹². Dostęp do tej bazy posiadają praktycznie wszystkie działy w firmie, ponieważ nie przechowuje ona informacji poufnych (takich jak COGSy). Dzięki temu każdy pracownik może przyczynić się do jej doskonalenia. Jeśli zauważy jakąś niezgodność odnośnie do danych, zgłasza zapytanie do koordynatora bazy indeksacji. Do tworzenia bazy indeksacji przydzielani są bowiem specjaliści pracownicy¹³, a informacje, które te osoby wprowadzają, nadsyłane są ze wszystkich pionów operacyjnych (Boulaksil, Fransoo, 2010) oraz niekiedy także z pionu marketingu i sprzedaży¹⁴.

Kluczową sprawą odnośnie do budowania bazy danych indeksacji jest określenie, ile powinno być indeksów. Najbardziej podstawową definicją indeksu dla firmy farmaceutycznej będzie bowiem indeks logistyczny¹⁵ – definiowany tylko na podstawie jego cech fizycznych. Dodatkowo wymogi rejestracyjne zwiększają liczbę indeksów na pewne surowce i półprodukty, ponieważ zgodnie z wymogami GMP nie można mieszać ze sobą tych samych substancji aktywnych, pochodzących od różnych producentów¹⁶. W danym kraju zarejestrowany jest zawsze lek tylko z substancją aktywną pochodzącą od konkretnego producenta. Wymusza to budowanie różnych indeksów na półprodukty tworzone z różnych substancji aktywnych.

aby potem w tabeli pomocniczej dopiero definiować i rozwijać taki pomocniczy indeks na długą, kilkunastuskładnikową listę.

- 10 Dzięki czemu okres ważności może być automatycznie nadrukowywany na materiał opakowaniowy na produkcji – poprzez pobranie tych danych z bazy przypisanej do konkretnego produktu, a nie poprzez (podatne na błędy) ręczne wpisanie tych danych przez operatora pakującej maszyny.
- 11 Na przykład, czy jest to wypełniacz tabletek, czy opakowanie pośrednie (niemające styczności z produktem) bądź bezpośrednie (mające styczność z produktem).
- 12 Na przykład kartony zbiorcze nie podlegają zwolnieniu.
- 13 Pełna automatyzacja procesu indeksacji nigdy nie będzie możliwa, ponieważ ktoś musi fizycznie wpisać dane np. o prezentacji (liczby tabletek i liczbie blistrów) dla nowego wyrobu gotowego. Jednak przy bardzo rozbudowanych procesach indeksacji wnioski o nowy indeks może być formularzem elektronicznym, przypisującym odpowiedzialność do danego działu za wypełnienie każdej jednej sekcji danych w formularzu i tworzyć automatycznie indeks w bazie poprzez utworzenie nowego rekordu i skopiowanie tych danych, kiedy formularz będzie już zatwierdzony i kompletny.
- 14 Dzięki czemu unikamy tworzenia dwóch różnych baz indeksów – sprzedażowej i produkcyjnej.
- 15 W przypadku bardzo rozległej bazy danych indeksacji dobrą praktyką jest wydzielenie indeksu logistycznego jako odrębnej bazy, będącej źródłem dla wszystkich pozostałych indeksacji, wyróżniającej produkty na podstawie cech, takich jak pochodzenie, numer wersji czy przynależność księgowa (jest to rozwiązanie najbardziej skalowalne).
- 16 Substancje aktywne pochodzące od różnych producentów muszą mieć swój unikatowy indeks.

Pierwszym czynnikiem mogącym wpłynąć na zwiększenie się liczby indeksów są kwestie handlowe, ponieważ ten sam produkt może występować w trzech wersjach oferty: rozdawany jako bezpłatna próbka (ewentualnie sprzedawany za najmniejszą możliwą kwotę), dostępny jako produkt promocyjny o obniżonej cenie oraz jako produkt regularny.

Drugim czynnikiem są kwestie odpowiedzialności za produkt (ang. *MAH*). Za ten sam produkt może bowiem odpowiadać przed organami kontrolnymi inny podmiot albo inna spółka wchodząca w skład grupy farmaceutycznej.

Trzecim czynnikiem będą kwestie księgowe, czyli przynależność właścicielska produktu. Nawet gdy firma farmaceutyczna nie posiada różnych spółek, do których należeć może ten sam produkt, to jeśli indeksacja wspomaga system księgowy, wtedy wymagane jest, aby tworzyć nowy indeks dla produktu – np. składowanego w firmie farmaceutycznej jako depozyt zewnętrznego podmiotu oraz składowanego jako własność hurtowni należącej do firmy farmaceutycznej. System księgowy wymaga również, aby tworzyć różne indeksy na każdy substrat pochodzący od różnych producentów, ponieważ do każdego indeksu przypisywany jest inny koszt zakupu (ang. *COGS*) (Galbreth, LeBlanc, 2010).

Czwartym czynnikiem są kwestie jakościowe. Aby móc śledzić pochodzenie substratów produkcyjnych służących do wyprodukowania konkretnego wyrobu gotowego, dobrze jest wyróżnić oddzielnym indeksem każdego dostawcę tego samego surowca. Pomimo tego, że każda substancja chemiczna powinna mieć tę samą charakterystykę fizyczną, którą potwierdza się badaniami, to jednak w praktyce od jednego dostawcy substancja taka z powodzeniem przechodzi wszystkie badania (z dużym zapasem np. pod kątem liczby zanieczyszczeń), a od innego tylko mieści się w granicy dopuszczalnych norm. Dlatego finalne testy jakości wyrobu gotowego powstałego z substratów od zwykle tańszego, ale gorszego jakościowo dostawcy surowca, powinny być bardziej rygorystyczne, bo istnieje dla nich większe ryzyko jakościowe. Dlatego, aby w automatyczny sposób móc rozróżniać te bardziej zagrożone serie, dobrze jest dywersyfikować formuły wytwarzania (możliwe do podpięcia składy wyrobów gotowych) poprzez tworzenie ich z różnymi indeksami dla różnych dostawców substratów. Z zaleceń *GMP* dla powtarzalności i seryjności produkcji leków wynika, że nie powinno być lepszych i gorszych leków produkowanych u tego samego producenta (Schweitzer, Lu, 2018), dlatego dopuszczalne jest mielenie i mieszanie tych samych substancji wypełniających, pochodzących od różnych producentów – jeśli nie są to substancje aktywne¹⁷, jednak w praktyce rozróżnianie indeksów na surowce od różnych producentów pozwala firmie farmaceutycznej na wytwarzanie wyrobu gotowego dla uprzywilejowanego¹⁸ klienta z partii od „lepszego” (jakościowo) dostawcy surowca, a dla reszty klientów od „gorszego”. Jeśli klientem

17 Wtedy taka mieszanina musi przejść ponownie badania jakości.

18 Na przykład klienta, który w najbliższej perspektywie może zamówić większą partię leków, jeśli ich jakość będzie na ponadnormatywnym poziomie.

jest hurtownia farmaceutyczna, a więc gdy tworzy to sytuację dopuszczenia do sprzedaży dwóch różnych produktów z tą samą marką, które powinny być takie same, to wysyła się przez to niewłaściwy sygnał na rynek, co stanowi ryzyko pod względem prawnym. Taka praktyka jest także niewłaściwa moralnie, ponieważ uprawnienia do rozróżnień jakościowych na podstawie marketingowych opinii o prestiżu odbiorcy. Jednocześnie kiedy firma farmaceutyczna wytwarza produkt dla innego producenta leków, który opatrzy go swoją własną marką i opakowaniem, wtedy nie jest to złamaniem zasad zaufania społecznego, gdyż klient może zapłacić więcej za produkt wytworzony z droższych surowców, wypełniających będących jednakowoż lepszymi¹⁹ jakościowo.

Liczba posiadanych indeksów może być zredukowana poprzez atrybuty. Na przykład atrybutem jakościowym dla danego indeksu będzie status nadawany przez dział Kontroli Jakości (do statusów takich należy stan Zwolniony, Kwarantanna albo Odrzucony). Z kolei dla klasyfikacji księgowej atrybutem może być wirtualny magazyn, który np. pozwala na uniknięcie konieczności zakładania indeksu depozytowego²⁰. Zamiast przetrzącać kompensatą pomiędzy indeksami serię produktu z indeksu regularnego na odpowiadający mu indeks depozytowy – po dokonaniu sprzedaży produktu wystarczy dokonać transakcji przeniesienia sprzedanej serii z magazynu głównego na magazyn depozytowy na tym samym indeksie.

Wszystkie zabiegi tworzenia indeksacji oraz przypisywania im następnie kolejnych kategorii²¹ pozwalają na łatwiejsze klasyfikowanie towarów – przy wykorzystaniu jednej spójnej bazy, dzielącej poszczególne rodzaje surowców i produktów na grupy. Część kategorii przypisywanych jest tylko do pewnych grup towarów, np. tylko do produktów czy półproduktów, inna z kolei tylko do surowców czy materiałów opakowaniowych. Część kategorii przypisywanych jest tylko, gdy indeks znajduje się na konkretnym magazynie, np. zapas bezpieczny będzie utrzymywany nie na wszystkich magazynach itp. Generalnie klasyfikacja indeksacji pozwala na unifikację raportowania na temat wszystkich zasobów materiałowych firmy.

19 Przekraczających wymogi jakościowe publicznego regulatora.

20 Wirtualizacja magazynów – a więc brak konieczności, aby fizyczna przestrzeń składowania odpowiadała magazynowi w systemie *ERP*, pozwala na automatyczne tworzenie pewnych dokumentów przesunięć (np. po wytworzeniu i przyjęciu na magazyn główny serii produktu – ma ona przypisaną datę ważności, stąd kiedy ta data wygaśnie, system *ERP* może automatycznie przesuwać serie do wirtualnego magazynu serii Odrzuconych, bez ingerencji w fizyczne miejsce składowania palety pracowników magazynu).

21 Chociaż część kategorii np. parametry planowania mogą być przypisane do magazynów, w jakich znajdują się produkty i surowce. Innymi słowy na dany magazyn definiowana jest strategia produkcji czy zamawiania surowców będąca wypadkową strategii dostępności formułowanej dla produktu bądź strategii dla surowców (pochodzącej z popytu zależnego, czyli surowców wymaganych do wyprodukowania popytu na produkt).

1.4. Analiza stanu zapasów. Zapas zwolniony, zapas ogółem

Analityka procesu, którego celem jest obsługa klienta, rozpoczyna się od analizy stanu zapasu leku dostępnego dla klienta w dniu dzisiejszym. Zapas ten musi być ukazany w dwóch postaciach. Pierwsza z nich to stan zapasu we wszystkich magazynach fabryki. Druga to zapas zwolniony, a więc wyrób gotowy zbadany przez dział kontroli jakości, którego parametry zostały zatwierdzone jako poprawne przez dział zapewnienia jakości. Dział zapewnienia jakości podpisuje się pod poprawnością każdej serii, a ostateczne zatwierdzenie przeprowadza osoba wykwalifikowana, tzw. ang. *Qualified Person* – QP, która karnie (nie tylko służbowo) odpowiada za produkt.

Stany magazynowe przechowywane są w systemach ERP jako wartości przypisane do konkretnych indeksów. Z bazy ERP pobiera się dane za pomocą tzw. kwerend (czyli kodu SQL wyciągu z bazy danych) zasilających tabele w różnych programach analitycznych takich jak MS Excel (Carlberg, 2011) czy *Business Intelligence QlikView* (Rajendran, 2012).

Pierwszym krokiem do określenia ryzyka nieobsłużenia zamówień klienta jest więc pobranie stanów magazynowych – w celu określenia dostępności produktów. Wyliczenie ryzyka na konkretny wyrób gotowy, biorąc pod uwagę stan zwolniony, jest zerojedynkowe, produkt w statusie zwolnionym może być dostępny albo niedostępny w danej chwili. Jednakże ryzyko dla przyszłej dostępności produktów na podstawie stanu magazynowego w postaci serii w statusie „kwarantanna” (czyli „zaplanowane do” bądź już „będące w trakcie badania”) będzie wyliczane jako prawdopodobieństwo odrzucenia produktu – będzie więc mieścić się w zakresie przedziału otwartego²² od zera do jedności.

Najbardziej wymagające badania, dotyczące produktu związane są z określeniem zagrożenia braku sterylności (Lewin, Choi, Ling, 2016) – podczas badań tych leki testuje się na obecność między innymi bakterii poprzez badanie posiewowe na pożywkę, polegające na oczekiwaniu na rozwój mikroorganizmów. Trwa ono najdłużej, bo od 3 do 5 dni kalendarzowych. Potem trzeba jeszcze zinterpretować wyniki, wypełnić dokumentację i pod względem formalnym dokonać zwolnienia serii. Proces taki nie powinien przekraczać tygodnia od wyprodukowania nowej serii, lecz jest tak tylko przy założeniu, że badania zaczną się od razu po przesłaniu próbek z produkcji do Kontroli Jakości, co oznacza, że nie ma opóźnień w badaniach serii, a zatem proces taki zamyka się w czasie tygodnia, gdy nie występują sytuacje nadmiernego obłożenia maszyn ani braki kadrowe wśród techników laboratoryjnych. Opóźnienia w badaniu

²² Prawdopodobieństwa zero albo jedność nie występują, gdyż nigdy nie mamy 100% pewności, że produkt zostanie zwolniony, jak i że zostanie odrzucony.

surowców do produkcji mogą być duże, natomiast opóźnienia w badaniu produktów nie przekraczają kilku dni z powodu priorytetyzacji. Gdy występuje sytuacja przeciążenia zespołu analityki chemicznej, odkładają oni na później badania surowców – na rzecz analizy produktów. Przy unijnym standardzie pracy zakładu farmaceutycznego czas zwolnienia produktu nie powinien przekroczyć dwunastu dni.

Podsumowując, kwerenda stanów magazynowych pobierana z systemu *ERP* pozwala określić nie tylko poziom procentowy dostępności produktów (ile występuje większych od zera stanów zwolnionych), lecz również z pewnym prawdopodobieństwem przewidzieć (Jacod, Protter, 2004) – w ciągu najbliższych tygodni (zwykle dwóch) – dostępność serii znajdujących się aktualnie w kwarantannie. Przypadki niezwolnienia serii zdarzają się sporadycznie, a każdy zakład farmaceutyczny prowadzi statystykę zarówno ogólnej liczby takich odrzuconych serii, jak i serii danego produktu, ponieważ muszą być one przekazane do utylizacji. Na podstawie takiej historii możemy określić prawdopodobieństwo niezwolnienia serii w kwarantannie ogółem, jak i na dany indeks wyrobu gotowego.

1.5. Historia stanów magazynowych

Podstawowym narzędziem do badania historii stanów magazynowych jest zestawienie stanów na końcówki zakończonych księgowo miesięcy, gdzie każda z kolumn pokazuje wielkości składowane ostatniego dnia miesiąca, z kolei każdy wiersz pokazuje inny produkt. Takie zestawienie formatuje się do postaci tabeli, która pozwala sortować po wielkościach zapasów w każdym miesiącu (po każdej kolumnie), od najmniejszych do największych (od największego ryzyka braku dostępności w danym miesiącu) (Bhattacharya, Bandyopadhyay, 2011), oraz filtrować listę na podstawie charakterystycznych znaków alfanumerycznych w nazwie czy indeksie.

Jednocześnie tabelaryczne zestawienie stanów magazynowych można poddawać obróbce statystycznej (Bruce, Bruce, 2017), wyliczając średni stan końca miesiąca, medianę stanów, kwartyle I i III, dominantę, czy za pomocą wykresów przebiegu w czasie mieć poglądowy widok na przebiegi zmienności. Jednocześnie ukazywanie sumy w pierwszym wierszu na kolumnie w postaci funkcji „AGREGUJ” pozwala wyliczać sumy w ograniczonym filtrze zakresie. Jest to szczególnie przydatne po to, by automatycznie pobierać z tych dynamicznie wyliczanych sum dane i to do nich powinny odwoływać się źródła danych do wykresów, tak aby zmieniając zakres filtra, zmieniać automatycznie wykresy ukazujące sumy na filtrze po różnych kryteriach wyboru danych.

Tabela 1. Przebieg stanu zapasów na końcówki miesięcy

17 953 723	412 935 618
ŚREDNI	Przebieg
12 733	
91 599	
192 612	
3 881	
219 920	
3 413	

Źródło: opracowanie własne.

Do takiego zestawienia następnie dodajemy historię sprzedaży produktów w tych miesiącach, w których badaliśmy stany. Tutaj również możemy zastosować zestawienia statystyczne, z dodatkiem analizy XYZ. Analiza XYZ podaje zmienność sprzedaży, dzieląc wartość odchylenia standardowego sprzedaży w danym zakresie danych do sprzedaży średniej.

Tabela 2. Kryterium filtracji współczynnika zmienności

X	0% - 60%
Y	61% - 120%
Z	121% - 300%
Współczynnik zmienności - Analiza XYZ	Zmienność sprzedaży XYZ
16%	X
19%	X
34%	X
76%	Y
28%	X
133%	Z

Źródło: opracowanie własne.

Wzór na przyporządkowanie grup X, Y oraz Z musi uwzględniać widełki procentowe, pomiędzy którymi przydziela się określoną literę klasyfikacji. Formuła automatyzująca przydział do grup w programie MS Excel jest następująca:

=JEŻELI(Zmienność w %≤60%;"X";
JEŻELI(Zmienność w %≤120%;"Y";JEŻELI(Zmienność w %<300%;"Z";"")))

Wzór 1. Formuła do analizy XYZ

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku danych o sprzedaży tygodniowej zmienność jest większa, dlatego dla każdej grupy X, Y oraz Z trzeba podwyższyć widełki procentowe.

Trzecią operacją jest porównanie w każdym wierszu, dla każdego indeksu, stanu końca miesiąca do poziomu sprzedaży, obliczając tzw. rotację miesięczną *ex post*.

$$\text{Rotacja miesięczna}_{\text{ex post}} = \frac{\text{Zapas końca danego miesiąca}}{\text{Sprzedaż z danego miesiąca}} * 30$$

Wzór 2. Wskaźnik rotacji miesięcznej *ex post*

Źródło: opracowanie własne.

Rotacja to czas (zwykle w dniach), jaki mija do wyprzedaży konkretnego zapasu. Rotacja miesięczna *ex post* jest jej uproszczeniem. Zakłada ona, że poziom sprzedaży w przyszłości będzie równy średniej sprzedaży z miesiąca badanego. Kolejnym założeniem jest to, że zapas miesiąca badanego będzie w każdym dniu taki sam i równy zapasowi z końca miesiąca.

Rotacja miesięczna *ex post* jest najbardziej podstawową formą analityki zapasów, ponieważ najłatwiej ją obliczyć. Jej celem jest pokazanie przeciętnego poziomu zapasów.

C2			f _x	=A2/B2*30
	A	B	C	
1	Zapas	Sprzedaż	Rotacja	
2	60	30	60	

Wzór 3. Teoretyczny wzór na rotację miesięczną *ex post*

Źródło: opracowanie własne.

W praktyce wzór na rotację miesięczną *ex post* musi uwzględniać możliwość zerowej sprzedaży, wstawiając formułę wyliczającą wartości zero w przypadku błędu, oraz fakt, że często sprzedaże podawane są jako zdjęcia ze stanów magazynowych, przez co są ujemne, co wymusza wprowadzenie formuły obliczającej wartość bezwzględną.

	A	B	C
1	Zapás	Sprzedaż	Rotacja
2	60	30	60

Wzór 4. Praktyczny wzór na rotację miesięczną *ex post*

Źródło: opracowanie własne.

Statystyka rotacji jest najprostszym narzędziem do analizowania zapasów konkretnych produktów. Z kolei do analizowania całych grup towarów, klasyfikowanych przede wszystkim dzięki kategoriom indeksacji czy za pomocą filtracji listy (np. wszystkie indeksy zaczynające się na literę „T”), nie możemy posłużyć się rotacją z powodu różnych jednostek miary dla indeksów.

Część towarów mierzy się w kilogramach (głównie surowce), inne w sztukach (głównie produkty). Jednak z powodu dwuetapowej natury procesu wytwarzania leków (z surowców wytwarza się półprodukty, a z półproduktów i innych surowców powstaje dopiero wyrób gotowy) nie możemy porównywać ze sobą nawet produktów wytwarzanych. Półprodukty, np. tabletki luzem, liczone są zwykle w tysiącach sztuk, z kolei produkty, np. opakowania leków, liczone są zwykle w sztukach.

Dlatego, aby prawidłowo ukazać rotację całej grupy towarów (wyliczając zagrożenie niedostępnością), należy posłużyć się rotacją miesięczną wartościową. Ponieważ półprodukty nie zawsze posiadają ceny sprzedaży (część z nich służy tylko jako etap w procesie i nie jest sprzedawana), do przeliczenia na wartości zapasów stosuje się koszty wytworzenia (COGS). W przypadku surowców są to koszty zakupu, w przypadku półproduktów i produktów są to koszty zakupu surowców powiększone o łączne koszty wytworzenia (koszty mediów, amortyzacji maszyn i roboczogodzin).

$$\text{Rotacja} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{wartość zapasu}}{\sum_{i=1}^n \text{wartość sprzedaży}} * 30$$

Wzór 5. Wskaźnik rotacji wartościowej, okresu *ex post*

Źródło: opracowanie własne.

Żeby wyliczyć poziom rotacji wartościowej, wyznaczamy poziomy kosztów jednostkowych przez wszystkie wielkości sprzedaży i zapasów. Po zamianie na wartości priorytet poszczególnych indeksów będzie wyznaczać udział wartości danego zapasu w sumie końcowej. Dodatkowo w celu przydzielenia towarów do grup wedle ważności wykonuje się analizę ABC po wartościach sprzedaży (zwykle w okresie rocznym).

W celu przeprowadzenia analizy ABC grupujemy sprzedaż towarów, sortujemy ją od największej do najmniejszej, by następnie przydzielić grupę A towarom generującym pierwsze 80% wartości sprzedaży, grupę B kolejnym 15%, a grupę C ostatnim 5%. Ponieważ analizy tego rodzaju wykonuje się okresowo, w czasie pomiędzy analizami stale pojawiają się nowe towary, które nie miały przydzielonej grupy (w czasie wykonywania analizy ABC sprzedaży jeszcze nie było). W takiej sytuacji przydziela się im niekiedy specjalną grupę D albo N (dla nowych wdrożeń, czyli NL).

Dzięki rotacji wartościowej liczonej na grupie produktów możemy ukazać nie tylko w przybliżeniu średni poziom zapasu, lecz również poziom rotacji kapitału zamrożonego w zapasach. Roczne zestawienia rotacji wartościowej zarówno *ex post*, jak i *ex ante* (ta ostatnia mierzona do prognozy kolejnego miesiąca) są podstawą do oceny poziomu zatowarowania w całej wytwórni. Porównywane są rotacje wartościowe roczne dla różnych grup produktowych (sumowane są w danej grupie stany wartości zapasów końcówek miesięcy, by następnie być dzielone przez sumę wartości sprzedaży w całym okresie i oczywiście tylko w danej grupie).

$$\text{Rotacja} = \frac{\sum_m^k \left(\sum_{i=1}^n \text{wartość zapasu} \right)}{\sum_m^k \left(\sum_{i=1}^n \text{wartość sprzedaży} \right)} * 30$$

Wzór 6. Wskaźnik rotacji wartościowej, rocznej *ex post*

Źródło: opracowanie własne.

gdzie: m to pierwszy produkt grupy, zaś k to ostatni produkt grupy.

Z kolei pogrupowanie wartości zapasów pozwala na dostosowanie strategii zarządzania zapasami (Wild, 2002) do poziomu kosztów ponoszonych przez zakład. Wytwórnice leków mają zwykle wysoki poziom marży (około 65%), przez co z definicji priorytet w strategii zarządzania zapasami (Muller, 2003) dotyczy wyrobów gotowych.

Jednakże w samych surowcach również wyróżniamy duże różnice w poziomie kapitału zgromadzonego w zapasach. Leki w swojej większości składają się bowiem ze składników głównych, tzw. *API*, mających działanie terapeutyczne, oraz wypełniaczy, których zadanie jest pomocnicze i których wartość jest niewielka w porównaniu ze składnikiem aktywnym (ang. *API – Active Product Ingredient*) (Zhang *et al.*, 2013). Z tego powodu np. materiały opakowaniowe dla produktów leczniczych i wyrobów medycznych mogą stanowić niewielką część wartości zapasów (około 5%), z kolei składniki aktywne *API* poważną część (od 20 do 50%) – przy tak drastycznych różnicach trzeba wdrażać inne strategie zarządzania zapasami dla każdej z grup.

To dlatego zakłady farmaceutyczne w działach zaopatrzenia wyznaczają specjalne osoby bądź tworzą mniejsze komórki funkcjonalne w celu ściślejszej kontroli zaopatrzenia (Papert, Rimpler, Pflaum, 2016) w surowce typu *API*. Tego rodzaju działanie ma dodatkowe uzasadnienie z powodu ryzyka niedostarczenia surowca przez długi (dochodzący do pół roku) czas dostawy oraz przez kłopoty rejestracyjne, które dodatkowo wydłużają proces pozyskiwania alternatywnego źródła *API*. Do tego dla części substancji aktywnych istnieje na rynku zaledwie jeden lub kilku dostawców, którzy mogą z powodu swojej monopolistycznej pozycji stawiać szczególne wymagania i opóźniać bądź zmniejszać dostawy klientom.

Wszelkie wahania poziomu zapasów, sprzedaży i rotacji powinniśmy ukazywać dla konkretnych grup towarów za pomocą filtru danych w tabeli ogólnej. Ponieważ ludzie widzą znacznie lepiej proporcje niż same liczby, dane dla grup powinno przedstawiać się nie tylko w tabelach, lecz również na wykresach, np. liniowych bądź słupkowych. Dobór wykresu ma znaczenie, ponieważ niektóre z nich, jak np. wykresy kołowe, są nieprawidłowo odczytywane przez ludzkie oko w zakresie proporcji. Powinno się ich unikać w zestawieniach, w których kluczowe znaczenie ma ukazywana wartość (przy zestawieniach marketingowych „wrażenie” oferowane przez wykres kołowy w postaci na przykład znacznej różnicy dwóch grup wobec pozostałych może być ważniejsze od dokładności odczytu).

Najważniejsze pod kątem analityki ryzyka niedostępności leków jest zestawienie zapasu i sprzedaży wartościowo. Pokazuje ono stabilność utrzymywanych zapasów oraz możliwą niestabilność sprzedaży. Zestawienie wartościowe po wymnożeniu wielkości przez *COGS* jednostkowy pozwala na uwypuklenie priorytetowych pozycji z wybranej grupy. Jednocześnie dostawienie kolumny udziału zapasu jednostkowego w ogólnej sumie pozwala na procentowe ukazanie udziału grupy (w postaci sumy na tej kolumnie z wykorzystaniem funkcji „*AGREGUJ*” oraz udziału wartości każdego z towarów w sumie ogólnej; w takich zestawieniach poziomy procentowe lepiej ukazywać z dużą dokładnością, np. 6 miejsc po przecinku).

Kolejnym zestawieniem jest porównanie rotacji. W sytuacji analizy grupy, która ma długie czasy dostaw, przydatne w analizach są bardziej uśrednione rotacje, np. kwartalne. Wartość rotacji kwartalnej kroczącej będzie porównywać sumę zapasów na końcu trzech kolejnych miesięcy – ze sprzedażą w tych miesiącach (wymnażając całość przez 30, czyli zakładając, że zapasy w tych miesiącach będą średnią zapasów w końcach tych miesięcy).

Oszczędność w używaniu kolorów jest standardem przy każdych zestawieniach, jednak wykorzystywanie ich do odróżniania charakterystycznych rodzajów danych jest dobrą praktyką. Użytkownik, przyzwyczajając się, że wszystkie dane wartościowe są ukazane w wykresach np. pomarańczowych, a zestawienia rotacji w wykresach np. szarych, ma mniejszą szansę na odczytanie nieprawidłowych wartości, co więcej – po pewnej praktyce takie dane odczytuje się szybciej. Jednak stosowanie kolorów wymusza konsekwencję ich używania i jeśli nie jest ona zachowana, lepiej jest pozostać przy minimalizmie, wykorzystując tylko skalę szarości.

Zestawienia wielkości fizycznych są bardzo istotne dla poszczególnych indeksów, lecz zestawienia liczby łącznych dla grup, w których są różne jednostki (np. opakowania i pojedyncze tabletki dla *bulków*), są mało przydatne. Jednak nadanie towarom wag – w postaci różnego rodzaju przeliczników, np. przelicznika ryzyka, który normalizuje porównania – czyni użytecznymi także zestawienia wedle konkretnych kryteriów filtracji. Wstawienie np. przelicznika palety (tj. ile opakowań danego indeksu zapełnia paletę) i zaokrąglanie wartości wynikowych do jednej palety w górę pokazuje, w jakim stopniu zapas wypełnia magazyn, co pozwala na zestawienia ryzyka kompletnego zapełnienia magazynu i przestoju w odbiorach z linii produkcyjnej. W przypadku magazynów farmaceutycznych jest to szczególne zagrożenie, ponieważ wyrobów gotowych nie można składować na świeżym powietrzu. Wypełnienie magazynu oznacza więc brak możliwości składowania, co może przełożyć się na przestój produkcyjny po zapełnieniu magazynu przyprodukcyjnego w miejscu wytwarzania, i w rezultacie na brak wystarczającego poziomu obsługi klienta.

Większość miejsc paletowych w magazynach farmaceutycznych zajmowana jest przez wyrób gotowy – ze względu na charakterystykę procesu produkcyjnego, który zamienia zbiorcze opakowania różnych substancji (np. beczki, czy worki) i materiały opakowaniowe (np. złożone kartoniki i rolki folii aluminiowej) w zajmujące dużo więcej przestrzeni wyroby gotowe. Taka charakterystyka oznacza również, że farmaceutyczne wyroby gotowe są lekkie i mogą być składowane na górnych przęsłach regałów magazynowych. Z kolei palety rolek folii aluminiowej potrafią ważyć nawet po 600 kg i nie można ich składować wyżej niż około metra ze względu na ryzyko przeważenia punktu ciężkości wózka widłowego. Tego typu problemy nie występują w magazynach wysokiego składowania wyposażonych w automat ładujący.

1.6. Zapas nadmierny

Oprócz sytuacji braku zapasu zakłady farmaceutyczne zmagają się z nadwyżkami magazynowymi (Kumar Sharma, Sharma, 2015). Część z problemów wynikających z owych nadwyżek wiąże się z ryzykiem przeterminowania towaru w magazynie, pozostałe problemy wynikają z rotacji kapitału obrotowego (krotności wymiany stanu magazynowego miesiąca w wartościach COGS w stosunku do wartości sprzedaży danego miesiąca).

Odnosząc się do ryzyka utylizacji z powodu utraty ważności, trzeba brać pod uwagę szczególne uwarunkowania jakościowe na rynku farmaceutycznym. Wymogi proceduralne dopuszczenia do obrotu produktów eksportowych na terenie wielu krajów świata określają minimalny procent z okresu ważności, poniżej

którego nie można na nich sprzedawać serii. Oznacza to, że w skrajnym przypadku minimalnego okresu ważności *shelf life*²³ równego np. 80% – z dwuletniego okresu ważności zostaje zaledwie 20%, czyli cztery miesiące na sprzedaż leku. Po tym czasie pomimo ważności produkt ten jest wyrzucany (jeśli koszty przepakowania są zbyt wysokie), bo jego opakowania (ulotka, kartonik) determinują wykorzystanie go tylko na rynku (w kraju) przeznaczenia.

Ograniczanie ryzyka utylizacji dla wyprodukowanych leków to głównie działania doraźne (promocje, reklama, wydanie na próbki, przepakowania na inne kraje). Przewidywanie ryzyka i odpowiednie nim zarządzanie możliwe jest głównie wobec wyrobów gotowych pakowanych na konkretne kraje, które mają ponadprzeciętnie zaostrome wymogi minimalnego poziomu procentowego okresu ważności (np. 70 czy 80%).

Dla usprawnienia systemu ostrzegania o ryzyku utylizacji można (oprócz korzystania z kategorii okresu ważności) wygenerować nową kategorię – „okres nieprzydatności”, która będzie wyliczała dzień, po którym towaru nie będzie można sprzedawać pomimo jego ważności. O ile kategoria okresu ważności pozwala wyznaczyć datę ważności poprzez dodanie wartości z okresu ważności do daty aktualnej (np. data dzisiejsza powiększona o 24 miesiące, gdzie wartość „24” pobierana jest z kategorii okresu ważności), o tyle nowa kategoria okresu nieprzydatności mówi nam, ile miesięcy należy odjąć od daty ważności serii znajdującej się w magazynie. W przypadku towarów sprzedawanych na rynek polski – do obrotu hurtowego nie można wysłać serii o okresie ważności krótszym niż pół roku (Candan, Yazgan, 2016). W takim przypadku wszystkie wyroby gotowe sprzedawane w Polsce będą posiadały wartość „6” w kategorii okresu nieprzydatności. Reszta wartości zostanie dynamicznie wyliczona w sąsiedniej tabeli i załadowana do systemu (np. kraj, który wymaga 80% *shelf life*, będzie wyliczał wartość, mnożąc okres ważności przez 20%) (Campos *et al.*, 2017). Po takim usprawnieniu kwerenda stanów magazynowych pokazywana w seriach, z dodatkową kolumną w postaci daty ważności, będzie podstawą do wyliczenia trzeciej, docelowej wartości – daty przydatności do sprzedaży (od daty ważności będzie odejmowana wartość z kategorii okresu nieprzydatności). Pozwala to wyznaczyć daty, do których można prowadzić sprzedaż.

Nadmiar zapasów w aspekcie kapitału zgromadzonego w zapasach nie przyczynia się do dużego ryzyka (Chan, Wong, 2013) utraty płynności finansowej (Lemieux, 2013). Główne problemy wynikają z ryzyka zapełnienia miejsc składowania (magazyn, aby mógł w pełni sprawnie sortować składowane palety po seriach, powinien być wypełniony maksymalnie w 85%). Firmy farmaceutyczne zabezpieczają się przed takimi sytuacjami, narzucając wskaźniki *KPI*²⁴ (takie jak graniczne poziomy rocznej rotacji wartościowej końca miesięcy *ex post*) mające

23 Okres ważności, czyli tzw. *shelf life*, to czas, w którym produkt zachowuje swoje zdolności terapeutyczne i jest równy dla większości leków dwa lub trzy lata.

24 *Key Performance Indicators*, czyli kluczowe wskaźniki efektywności.

limitować poziom zapasów. Dla każdego koordynatora łańcucha dostaw, którego praca polega na określeniu liczby leków koniecznych do wyprodukowania w danym miesiącu, przypisany jest cel rotacji (Olson, 2014) (miesięcznej, wartościowej, *ex post*) na dany rok. Produkty, których zapas dany koordynator planuje, nie powinny gromadzić jako grupa łącznie większego kapitału niż trzykrotność, czasem czterokrotność średniej sprzedaży w danym roku. W przypadku celu wyznaczonego w dniach będzie to poziom od 90 do 120 dni rotacji.

1.7. Czasy i etapy produkcji

Kolejną ważną informacją są czasy poszczególnych etapów produkcji. Każda produkcja zakładu farmaceutycznego mierzona jest czasowo dokumentami magazynowymi czy księgowymi generowanymi w systemie *ERP*²⁵. Faza produkcji rozpoczyna się od utworzenia dokumentu wydania surowców na magazyn przyprodukcyjny, a kończy się utworzeniem dokumentu zdania gotowego produktu na magazyn główny odbierający towar. Czas pomiędzy tymi dokumentami to czas produkcji, jaki powinien brać pod uwagę każdy koordynator łańcucha dostaw określający wielkość i moment rozpoczęcia produkcji. Na etapie planowania produkcji w zakresie czasowym nie najbliższych tygodni, ale przyszłych miesięcy – koordynatora łańcucha dostaw interesuje łączny czas produkcji (wraz z wypisaniem dokumentów i fizycznym zdaniem towaru na magazyn główny). Dodatkowo do czasu samej produkcji koordynator musi doliczać nawet kilkanaście dni na tzw. „zwolnienie”, czyli potwierdzenie jakości wyprodukowanego wyrobu gotowego.

Z kolei czas wytwarzania w ujęciu jednostkowym, np. średni czas wytworzenia jednej sztuki (kapsułki, tabletki czy blistra) na konkretnej maszynie, leży w kręgu zainteresowań harmonogramisty konkretnej linii produkcyjnej. Oprócz dysponowania powyższymi czasami – do wyliczania obciążeń maszyn planami produkcji zarówno koordynator, jak i harmonogramista potrzebują jeszcze maksymalnej godzinnej wydajności produkcji dla danej maszyny. Harmonogramista rozpisuje obciążenia każdej z maszyn na danej linii, z kolei koordynatora łańcucha dostaw interesuje tylko wydajność całej linii produkcyjnej, a więc wydajność najwolniejszej maszyny (w zależności od rodzaju zlecaniej produkcji – na danej linii produkcyjnej najwolniejsza maszyna, czyli tzw. „wąskie gardło”, może ulegać zmianie).

W przypadku najbardziej skomplikowanego procesu produkcji (część produkcji to tylko pakowanie półproduktów nadesłanych przez zewnętrznego kontrahenta) z substancji wyjściowych powstają półprodukty, następnie z nich oraz

²⁵ W Polsce najczęściej (w farmacji) stosuje się niemiecki system *SAP* lub amerykański system *ORACLE*.

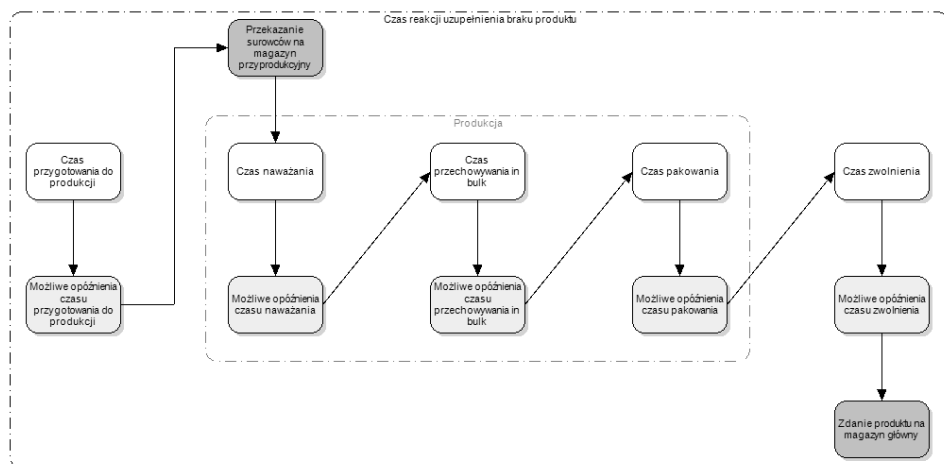
z materiałów opakowaniowych powstaje gotowy produkt. Oznacza to konieczność podzielenia czasu produkcji na trzy etapy: naważanie, *in bulk* oraz pakowanie.

Pierwszym etapem jest naważanie, podczas którego powstają półprodukty. Gotowe tabletki czy kapsułki przechowuje się w workach foliowych umieszczonych w plastikowych beczkach, stąd półprodukt tego rodzaju nazywany jest *bulk*. *Bulk*, czyli szczelnie zamknięta i zaplombowana beczka, może być składowany przez ograniczony czas. Są produkty, które mogą być składowane w takiej postaci zaledwie kilka dni, inne przez maksymalnie kilka miesięcy. Z powodu wrażliwości produktu luzem (w nieosłoniętej postaci) etap przechowywania w *bulkach* jest maksymalnie skracany. Jednak ze względu na to, że *bulki* mogą być bezpiecznie i higienicznie składowane, etap pakowania *bulku* może być opóźniony (np. z powodu konieczności pakowania pilniejszego produktu). Stąd też półprodukty, czyli *bulki* konieczne do wytworzenia produktów – mogą być również zawczasu planowane na poziomie koordynacji łańcucha dostaw, a nie wytwarzane wraz z produktem na bieżąco. To pozwala na mitygację ryzyka (Bischof, Wilfinger, 2019), gdyż oddziela ten etap wytwarzania od kolejnych. Innymi słowy – produkcja danego wyrobu może być zatrzymana na etapie *bulku*, bez szkody dla produktu. Etap pakowania może być dzięki temu priorytetyzowany, biorąc pod uwagę potrzeby klienta.

Wszystkie etapy produkcji są wyróżnione charakterystycznymi dla nich dokumentami, dlatego dane o czasach produkcji (dokładność jest do sekundy z powodu generowania dokumentu w systemie *ERP*) mogą posłużyć do wyliczania ryzyka opóźnień produkcji w postaci sumy możliwych opóźnień pierwszego i trzeciego etapu, a jeśli fabryka nie stosuje priorytetyzacji *bulków* do etapu pakowania, to również i środkowego etapu (niepakowanie *bulków* na bieżąco zaburzałoby pomiar czasu dla środkowego etapu). Statystyka różnic czasów poszczególnych etapów produkcyjnych tworzona na podstawie danych pobieranych bezpośrednio ze znacznika czasowego dokumentów magazynowych może być odświeżana w czasie rzeczywistym.

To z kolei daje narzędzie dla planisty w postaci informacji o średnim czasie naważania oraz średnim czasie pakowania dla każdego z wyrobów gotowych (każdy produkt ma swoją charakterystykę, dlatego czasy te się różnią). Ze względu na fakt, że charakterystyka wytwarzania wyrobu gotowego jest niezmienna dla danego produktu, czasy trwania poszczególnych etapów dla danego wyrobu gotowego oscylują wokół średniej, zgodnie (w pewnym przybliżeniu) z rozkładem normalnym (Artikis, Artikis, 2015) (duże odchylenia zdarzają się rzadko, a małe często). Po wyliczeniu odchylenia standardowego na podstawie różnic dla poszczególnych serii na dany indeks można (przy założeniu, że odchylenia od średniej będą oscylowały zgodnie z rozkładem normalnym) określić prawdopodobieństwa (Brémaud, 1988) konkretnych wartości opóźnienia dla każdego z wyrobów gotowych.

Średni czas produkcji to kilka dni, maksymalny wynosi do dwóch tygodni – dla bardzo dużych serii produktu. Wydajność maszyn pakujących jest większa, dlatego jedna linia pakująca obsługuje zwykle kilka linii naważających. To powoduje ryzyko oczekiwania danej serii na pakowanie, jednak jest ono mitygowane przez możliwość przechowywania półproduktu w formie *bulku*.



Ilustracja 4. Czas reakcji uzupełnienia braku

Źródło: opracowanie własne.

Cykl planowania, czyli tak naprawdę proces wykrywania, których produktów brakuje i wobec których należy zlecić produkcję, trwa zwykle od jednego dnia do dwóch tygodni (Iyengar *et al.*, 2016). Czas reakcji pomiędzy potrzebą a finalnym dostarczeniem produktu na potrzeby klienta (który teoretycznie powinien być ograniczony tylko do czasu produkcji) jest więc wydłużony o cykl planowania, zwany też czasem przeglądu zasobów.

Do nakreślenia sytuacji planistycznej z punktu widzenia koordynatora łańcucha dostaw bierze się pod uwagę nie tylko średnie czasy etapów produkcyjnych (wydłużone o ryzyka opóźnień określone na podstawie odchyłeń standardowych trwania etapów produkcyjnych), lecz również dolicza się do nich możliwe opóźnienia czasu badania i wypełniania dokumentacji zwolnienia na rynek oraz czas przeglądu zasobów do przygotowania kolejnego planu produkcji przez koordynatora. Oznacza to, że koordynator łańcucha dostaw do łącznego *Lead Time*²⁶ procesu wytwarzania wlicza: maksymalne czasy (przy danym ryzyku) przeglądu zasobów, przygotowania do produkcji, naważania (produkcji), przechowywania w postaci *in bulk*, pakowania, zwolnienia oraz dostarczenia towaru z magazynu fabryki do magazynu klienta (czas wysyłki) (Burinskienė, 2019).

²⁶ Terminem *Lead Time* określamy czas przebiegu procesu, jest to zarówno czas dostawy w zaopatrzeniu, jak i czas produkcji w koordynacji łańcucha dostaw.

1.8. Proces analityki ABC

Analiza ABC segreguje towary zgodnie z zasadą włoskiego socjoekonomisty Vilfredo Pareto, który zauważył, że w systemach otwartych (powstających samoistnie, czyli bez centralnego planowania – czyli sterowania ręcznego) zwykle za 80% skutków odpowiada 20% przyczyn. Wnioskowanie to sprowadzane jest do konstatacji, że istnieje pewna ograniczona grupa towarów (zwykle od 15 do 35%), która będzie decydująca, których charakterystyka będzie kluczowa dla całego portfolio (Duong *et al.*, 2015). Poziom procentowy udziału towarów kluczowych różni się dla każdego sektora gospodarki (Acosta *et al.*, 2019), jednak wszędzie konieczna jest ich identyfikacja do sprawnego alokowania ograniczonych zasobów firmy. Dlatego dzielenie portfolio wyrobów gotowych na trzy grupy: ważne, mniej ważne i pomijalne – odbywać się powinno także z wykorzystaniem analizy ABC.

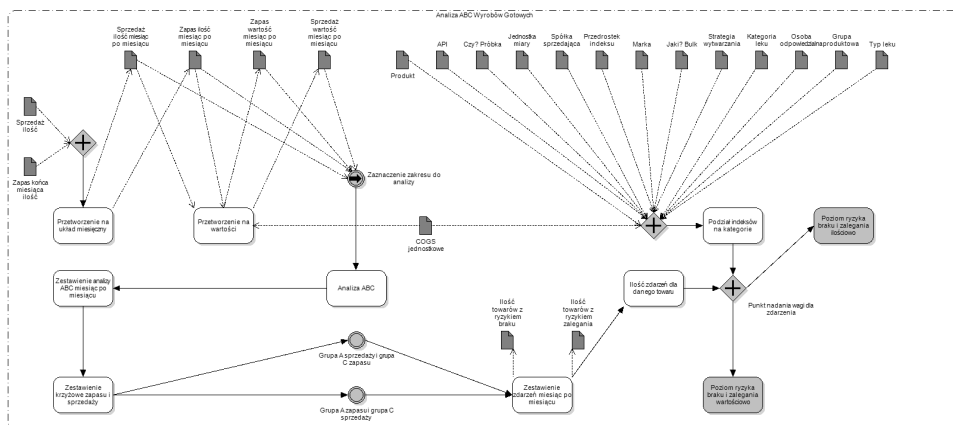
Podstawowa analiza ABC dotyczy przyznania grupy A dla towarów, które odpowiadają za pierwsze 80% wartości sprzedaży w cenach. Jednak bardziej rozbudowana analiza ABC może dotyczyć nie tylko klasyfikacji towarów pod kątem wartości sprzedaży, lecz również poziomu kapitału zgromadzonego w zapasach, przyznając grupę A dla towarów stanowiących pierwsze 80% wartości zapasu, licząc od tych największych. W takim przypadku, żeby analiza ABC zapasu była porównywalna z analizą sprzedaży, ta ostatnia również musi być przeprowadzona w kosztach jednostkowych wytworzenia (COGS); podczas gdy standardowa analiza ABC danych sprzedażowych odbywa się po marży, a w drugiej kolejności po cenach sprzedaży – w przypadku farmacji, po cenach dla hurtowni farmaceutycznych i pozostałych odbiorców – głównie innych wytwórców leków.

Celem analityki ABC jest stworzenie analiz ABC dla wartości sprzedaży i kapitału zgromadzonego w zapasach dla kolejnych historycznych miesięcy. Pozwala to na określenie zmienności przydziału do grup ABC, zarówno zapasu, jak i sprzedaży w kolejnych miesiącach.

Jednocześnie pozwala to na porównania przydziałów do grup po zapasie i sprzedaży. Jeśli przykładowo dany towar znajduje się w grupie A zapasu, a w grupie C sprzedaży, to może należy rozważyć, czy przypadkiem jego zapas nie jest nadmierny. Takie sytuacje budują nam grupę ryzyka pod kątem zapasu nadmiernego, dla zależności A zapasu i C sprzedaży oraz grupę ryzyka braku dla zależności A sprzedaży i C zapasu.

Jednocześnie możemy przeprowadzać horyzontalne sprawdzenie, czy na przestrzeni kolejnych miesięcy towar w grupie ryzyka często występuje. Zliczając liczbę przypadków ryzyka braku i ryzyka zalegania dla wszystkich wyrobów gotowych w miesiącu, możemy ocenić jakość zarządzania zapasem w danym miesiącu. Z kolei podsumowanie ryzyk na przestrzeni miesięcy dla towaru bądź grupy towarów pozwala ocenić jakość zarządzania tymi zapasami w porównaniu ze średnią

problematycznych towarów na przestrzeni wszystkich okresów. Możemy również określić, czy trend jakości zarządzania zapasami dla całego portfolio lub czy trend jakości zarządzania zapasami w danej grupie jest pozytywny, czy negatywny (Mattke, Klautzer, Mengistu, 2012).



Ilustracja 5. Schemat procesu analityki ABC
Źródło: opracowanie własne.

Analityka ABC wykorzystuje kategorie indeksacji do identyfikacji grup towarów. Po przetworzeniu danych na wartościowe w kosztach wytworzenia (poziomów sprzedaży i zapasów końca miesiący) każdy towar umieszcza się w kolejnym wierszu, a każdy miesiąc analizy ABC układa się w kolejnej kolumnie, oddzielnie pod kątem zapasu i sprzedaży. Następnie porównuje się krzyżowo skrajne przyporządkowania (gdy dany towar był w grupie A zapasu i w grupie C sprzedaży oraz *vice versa*), przy czym ryzyko braku (grupa A sprzedaży i grupa C zapasu) jest ważniejsze niż ryzyko zalegania (grupa C sprzedaży i grupa A zapasu). Oprócz tego robi się analizy ABC zbiorcze za wszystkie okresy (Ogółem) oraz np. za ostatnie 12 miesięcy (Zapas minus 12 M i Sprzedaż minus 12 M). Puste komórki, tj. bez analizy (np. brak sprzedaży lub brak zapasu za dany okres) przy porównywaniu krzyżowym traktujemy jako grupę C – innymi słowy nie chcemy sytuacji, w której zapas znajduje się w grupie A, natomiast nie mamy jeszcze sprzedaży na tym indeksie (odwrotna sytuacja jest bardzo niespotykana, gdy sprzedajemy towar w dużej liczbie sztuk odpowiadającej przyporządkowaniu do grupy A, natomiast nie występuje na indeksie zapas na koniec miesiąca).

Suma horyzontalna skrajnego przyporządkowania do grup z miesiąca na miesiąc mówi o braku odpowiedniej jakości planowania zapasów na indeksie (może ona być również odniesiona do liczby okresów, aby procentowo pokazywać poziom źle planowanych miesięcy do ogółu miesięcy), suma wertykalna podsumowuje jakość planowania z miesiąca na miesiąc (liczba przypadków źle planowanych może być również odnoszona do ogólnej liczby indeksów w portfolio, aby pokazać

poziomy procentowe zamiast liczby źle planowanych przypadków, gdyż przy wzrastającym portfolio produktowym analiza pozbawiona punktu odniesienia może być myląca).

Tabela 3. Zestawienie zbiorcze analityki ABC

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	A	ZAPAS	A	SPRZEDAŻ			888	
2	B	WARTOŚCIOWO	B	WARTOŚCIOWO	15	16	Poziom	Zalega
3	C	ABC	C	ABC	48	32	Zagrożenia	Zagraża
4	OGÓŁEM	Zapas minus 12M	OGÓŁEM	Sprzedaż minus 12M	OGÓŁEM	Minus 12M	Suma	
10	A	A			1	1	5	
11	B	B	C	B			5	
12	B	B	C	C			3	
13	B	B	C				0	
14	B	B	B	B			0	
15	A	A	A	C		1	7	

Źródło: opracowanie własne.

Ze względu na czytelność zestawienia warto każdą z grup ukazywać oddzielnym kolorem. Jednocześnie na tabeli powinno stosować się funkcjonalność filtru i wtedy sumy kolumn powinny być wyliczane funkcją AGREGUJ()²⁷, tak aby mogły one zmieniać się wraz z filtrem kategorii indeksów, jaki analizujemy.

1.9. Szacowanie poziomu sprzedaży – prognoza

Pomimo historycznego charakteru wielu zestawień można za ich pomocą ukazywać sytuację bieżącą, czyli aktualne zagrożenia dla niedostępności produktów, biorąc pod uwagę ekstrapolacje danych (Wang, 2009). Część informacji pozwala szybko uzyskać zarys zagrożeń. Na przykład porównanie aktualnego stanu magazynowego z sumą sprzedaży z ostatnich 30 dni, które buduje wskaźnik bieżącej rotacji, pozwala na zgrubne określenie ryzyka braku z wykorzystaniem wiedzy o orientacyjnej rotacji zapasu (odpowiedzi na pytanie: ile dni minie, zanim zapas się skończy?). Wykorzystanie tej metody na wstępne oszacowanie ryzyka braku produktu pozwala na osiągnięcie maksimum efektu przy minimum zaangażowanych środków, jednocześnie na dalszym etapie rozwoju systemu zarządzania ryzykiem możemy tą metodą sprawdzać wiarygodność oszacowania ryzyka, porównując ją z bardziej złożonymi modelami (Larose, 2006).

²⁷ Tę samą funkcjonalność uzyskujemy przy użyciu funkcji SUMY.CZĘŚCIOWE(9;[zakres komórek]) z opcją 9 oznaczającą sumę, jednakże funkcja AGREGUJ() jest bardziej uniwersalna w zakresie działania przy błędach komórek służących za źródła danych.

Z kolei do wyliczenia poziomu rotacji na kolejne miesiące potrzeba trzech tabel, pierwszej pokazującej przyszłe zapotrzebowanie, np. plan sprzedaży danego produktu plus próbki tego produktu (z wierszami jako kolejnymi indeksami materiałowymi i sprzedażą poszczególnych miesięcy jako kolejnymi kolumnami), plus każde inne zapotrzebowanie potomne dla tego produktu (np. indeksy typu *mass market*), drugiej pokazującej stany magazynowe na końcówki przyszłych miesięcy oraz trzeciej – wypadkowej, zliczającej rotację jako stany na końcówki miesięcy, do sprzedaży w danym miesiącu albo sprzedaży przyszłego miesiąca – *ex ante*.

Stany magazynowe na końcówki miesięcy wyliczane są jako wypadkowa sprzedaży w danym miesiącu oraz planów produkcji albo zamówień w danym miesiącu. Przy czym pierwszy miesiąc wymaga nieco bardziej skomplikowanych obliczeń. Bieżący miesiąc przesuwając punkt odniesienia do wyliczania stanu zapasu krocząc wraz z mijającymi dniami, trzeba więc od stanu dzisiejszego odjąć pozostającą do wykonania sprzedaż (czyli plan sprzedaży w bieżącym miesiącu minus wykonana sprzedaż bieżącego miesiąca) oraz dodać pozostającą jeszcze do wykonania w miesiącu bieżącym produkcję (ewentualnie zamówienia, których dostawy wejdą na magazyn jeszcze w bieżącym miesiącu dla produktów zamawianych).

Docelowo wszystkie informacje z przeszłości powinny skutkować budowaniem spójnej wizji przyszłości, czyli w praktyce (z punktu widzenia ryzyka braku) będą to próby przewidywania przyszłych poziomów sprzedaży – znając je, jesteśmy w stanie wytworzyć na czas odpowiednią liczbę sztuk produktu (Harrison, Lee, Neale, 2005). Prognozy popytu rynkowego pozwalają na utrzymywanie odpowiedniego poziomu zapasów, są one bowiem hipotezą na temat wolumenu przyszłych zamówień. Biorąc pod uwagę zmienność prognozy, w przypadku towarów sprzedawanych w trybie ciągłym, na które klienci składają powtarzające się, ale często zmienne w zakresie liczby sztuk zamówienia, istnieje potrzeba utrzymywania stałych zapasów. Planowanie produkcji odbywa się wtedy w trybie *Make to Stock*.

Powyższe zestawienie rotacji na końcu okresów oprócz kryteriów filtracji (np. tylko towarów należących do jednej grupy produktowej) powinno się móc

Tabela 4. Zestawienie ryzyka braku produktu

Ryzyko % bieżące (>150=1;<35=2;<0=3)	Samo ryzyko % BRAKU 9M (<35=1;<0=2)	Różnica prognozy % 3M	Grupa	Sprzedaż bieżąca	Zapasy Dzisiaj	2020-12	2020-11	2020-10	2020-09	2020-08	2020-07	2020-06	2020-05
66%	37%	✗ 101%	C	0	95%	160	146	113	82	52	22	-8	-39
66%	37%	✓ 100%	N	0	0%	169	139	109	79	49	19	-11	-41
65%	37%	✗ 103%	A	0	73%	15 443	57	38	104	72	42	-18	-50
64%	30%	✗ 106%	N	0	2%	7 306	156	151	110	88	58	31	-29
63%	30%	✓ 100%	B	0	113%	1 844	20	178	125	99	72	39	9
61%	26%	✓ 100%	A	0	68%	9 631	231	201	147	117	87	53	23
61%	26%	✓ 100%	A	0	0%	434	241	187	120	102	72	42	12
59%	26%	✓ 100%	A	0	61%	112 627	110	101	143	109	80	51	21
58%	22%	✗ 300%	A	0	0%	0	-60	338	154	165	135	105	32
56%	15%	! 75%	B	0	147%	6 404	192	324	163	141	105	80	47
56%	15%	! 81%	C	0	65%	2 438	233	244	178	148	118	88	58
55%	19%	✗ 103%	A	0	88%	18 663	59	116	90	123	91	63	32
55%	19%	✓ 100%	B	0	92%	16 640	98	48	28	89	98	81	51
54%	22%	✓ 100%	A	0	30%	58 146	32	3	92	71	75	60	38
53%	19%	✓ 100%	N	0	0%	0	58	93	173	79	89	63	24
53%	15%	✗ 105%	A	0	74%	218 250	117	124	89	50	58	73	38
53%	15%	✗ 103%	A	0	85%	71 899	135	138	82	94	100	60	36
53%	15%	✗ 101%	A	0	76%	41 346	83	64	109	72	117	78	54
53%	15%	! 99%	A	0	68%	14 543	63	40	91	140	108	81	49
53%	15%	! 0%	N	0	0%	0	0	0	0	72	280	170	83
50%	11%	! 0%	N	0	0%	0	0	0	75	360	220	94	63
48%	26%	✓ 100%		0	0%	-23	114	102	69	81	60	44	14
48%	11%	✓ 100%		0	34%	19 271	59	33	93	144	120	123	99
46%	19%	✗ 107%	A	0	70%	662	96	79	163	94	65	35	5
45%	15%	✓ 100%		0	63%	46 210	46	18	100	164	152	167	147
39%	33%	✓ 100%	A	0	63%	116 568	88	51	-9	0	0	0	0
39%	30%	✓ 100%	B	0	69%	40 983	1 220	0	0	0	0	0	0
39%	30%	✓ 100%	C	0	21%	17 162	150	0	0	0	0	0	0
35%	26%	✓ 100%	A	0	36%	25 748	91	66	33	3	0	0	0
35%	26%	✓ 100%	N	0	0%	0	60	60	30	0	0	0	0

Źródło: opracowanie własne.

sortować (od największej do najmniejszej wartości) po zapasie bieżącym (kolumna: Zapas Dziś) oraz po poziomie procentowym udziału sprzedaży w prognozie w miesiącu bieżącym (kolumna: Sprzedaż bieżąca). Poziom procentowy udziału sprzedaży w prognozie powinien także odnosić się do poziomu upłyńnięcia miesiąca (jeśli udział sprzedaży do prognozy jest większy niż procent miesiąca, który upłynął, czyli gdy tempo wyprzedaży jest szybsze niż równo podzielona prognoza miesiąca na liczby dni przemnożona przez liczbę dni, jaka już upłynęła, wtedy sprzedaż bieżąca powinna być oznaczona kolorem ostrzegawczym, np. czerwonym). Ostrzeżenie dotyczyć więc powinno towarów, których sprzedaż wyprzedza prognozę bieżącego miesiąca.

Kolejnym kryterium sortowania powinny być zmiany bieżącej prognozy w porównaniu do prognozy wcześniejszej (np. zestawienie procentowej różnicy sumy prognozy na najbliższe trzy miesiące, w porównaniu z prognozą na te trzy najbliższe miesiące z zeszłego miesiąca – kolumna: Różnica prognozy % 3M). Dzięki temu ostrzeżenie dotyczy największych różnic na plus w prognozie, na co zwykle produkcja nie jest przygotowana, bo odnoszą się te różnice do najbliższych miesięcy.

W rezultacie, biorąc poprzednie czynniki zbiorczo pod uwagę, można wykonać sumowanie zagrożenia dla produktu poprzez potraktowanie sytuacji wyliczanego zapasu ujemnego z wagą najwyższą (np. 3), w sytuacji gdy zapas spada poniżej 35 dni (zapas na koniec miesiąca musi wynosić minimum miesiąc, jeśli chcemy uniknąć braku, plus 5 dni na zwolnienie na rynek na podstawie maksymalnie 5 dni trwającego badania kontroli jakości) z wagą pośrednią (np. 2) oraz nadwyżki zapasu powyżej np. 150 dni z wagą najniższą (np. 1). Dzięki temu towary możemy sortować (kolumna: Ryzyko % bieżące) od największego ryzyka do najmniejszego w skali od zera do 100% (aby ryzyko w wierszu sumowało się do jedności, wartość sumy ryzyka dzielona jest przez maksymalną wartość, jaka może być zsumowana na wierszu – zależnie od liczby kolumn, czyli liczby analizowanych okresów wprzód, np. dla 16 okresów będzie to 96, bo $3*16+2*16+1*16$).

Z kolei zobrazowanie wszelkich rodzajów danych na temat produktów powinno ukazywać się w zestawieniach poziomych pozwalających na porównywanie

$$=(LICZ.JEŻELI(Zakres\ wartości\ rotacji;"<0")*3+LICZ.JEŻELI(Zakres\ wartości\ rotacji;"<30")*2+LICZ.JEŻELI(Zakres\ wartości\ rotacji;">150"))/96$$

Wzór 7. Wzór na ryzyko procentowe bieżące w zestawieniu ryzyka braku produktu

Źródło: opracowanie własne.

wartości w tych samych kolumnach dla danego towaru przy tzw. planowaniu poziomym (planowanie odbywa się do każdego towaru, każdy towar to oddzielny zestaw wierszy, gdzie każdy rodzaj danych jest w innym wierszu, a każdy kolejny okres w innej kolumnie). Do danych tego rodzaju oprócz planu sprzedaży oraz mających je zaspokoić planów produkcji albo zamówień należą: wielkości odniesienia zapasów bezpiecznych na dany miesiąc, wyliczanych przez system planistyczny

(np. dla systemu *ORACLE* będzie to *ASCP*, czyli ang. *Advanced Supply Chain Planner*) oraz zapas bezpieczny wyliczany inną metodą (stały dla danego produktu), krzyżowo porównujący zapas bezpieczeństwa wyliczany przez system (co pozwala zgrubnie oceniać jakość parametrów planistycznych służących do wyliczania zapasu bezpiecznego przez system). Zapas bezpieczeństwa jest bowiem tylko tak dobry, jak parametry systemowe. Krzyżowe porównanie z innym modelem pozwala odnaleźć błędne parametry w obu modelach, gdy różnice pomiędzy wartościami są zbyt duże.

Prognozowanie to tak naprawdę metoda na mitygację ryzyka braku produktu (Sethi, Yan, Zhang, 2005), dlatego jest ono krytycznym elementem w systemie

zarządzania ryzykiem. Zarządzanie z wykorzystaniem prognozy jest podstawową funkcjonalnością systemów zarządzania przedsiębiorstwem, dlatego rozbudowane programy ERP posiadają swoje moduły planistyczne (np. system *eBusiness Suite* firmy ORACLE zawiera moduł planistyczny ASCP – *Advanced Supply Chain Planner*) (Wu, Chen, Olson, 2014). Prognoza popytu rynkowego formułowana jest na szersze, innymi słowy dłuższe okresy, a nie na poszczególne dni, przez co jest łatwiejsza do wyliczenia – dlatego często tworzy się prognozy miesięczne (ponadto na przykład system ERP SAP, czyli *Systems, Applications and Products*, jest tak zaprojektowany, że nie posiada transakcji przywołujących zestawienia w tygodniach – tylko w dniach i zestawieniach miesięcznych, w takim systemie planowanie w tygodniach jest więc bardzo utrudnione).

Jedna z najprostszych form prognozowania miesięcznego to założenie, że przyszłe sprzedaże miesięczne będą średnimi sprzedażami miesięcznymi z przeszłości²⁸. Takie założenie początkowe będzie obarczone błędem, który możemy wyliczyć, czyniąc kolejne założenia, np. że historyczne odchylenia sprzedaży od średniej są wyznacznikiem odchyień (od średniej) przyszłych, a poziom odchyień (częstotliwość występowania odchyień skrajnych pozwalająca nam wyliczyć prawdopodobieństwo zdarzenia) będzie zgodny z jakimś typowym i dobrze poznanym rozkładem statystycznym, np. normalnym, wykładniczym czy rozkładem Poissona.

Bardziej zaawansowane prognozowanie (Mun, 2006) przeprowadzane jest zarówno metodami statystycznymi (Robert, Casella, 2004), jak i metodą ekspercką (Liebowitz, 1998), przy czym ekspert jest obecny na początku oraz na końcu takiego procesu. Pierwszym założeniem prognozowania popytu na produkty lecznicze jest zauważenie prawidłowości, że liczba osób chorych jest znacznie bardziej przewidywalna (popyt globalny na molekułę jest znacznie bardziej przewidywalny) niż wahania udziału w rynku danej firmy – determinujące tak samo mocno popyt od danego podmiotu wytwórczego, jak i zmiany w liczbie pacjentów. Innymi słowy analityka własnego historycznego popytu obarczona jest dużym błędem systemowym. Powiększenie udziału w rynku na daną molekułę będzie podstawowym celem sprzedażowym firmy (przy konstatacji, że każda firma stara się osiągnąć pozycję monopolisty, aby ją następnie eksploatować), przez co większe starania sekcji sprzedażowej (reklamy, promocje, akwizycja przedstawicieli handlowych firmy farmaceutycznej u osób przepisujących – lekarze lub polecających – farmaceuci produkty lecznicze) mogą przekładać się na zaburzenia danych historycznych, które służą do wyliczania prognozy. Innymi słowy, gdy historyczny popyt się waha, trudno jest stwierdzić, czy stało się to ze zmiany faktycznego popytu na leki, zmiany udziału w rynku w wyniku skuteczności działu sprzedaży, czy nieskuteczności działów sprzedaży konkurencji. Stąd też wspólne (u większości rynkowych podmiotów) jest dążenie wielu firm farmaceutycznych do integracji danych, jakimi

28 Takie podejście może wydawać się zbyt banalne i byłoby dla ekstrapolacji średniej ze sprzedaży dziennej, natomiast średnia wyliczona ze sprzedaży miesięcznych zawiera w sobie już pewną autokorektę skrajnych wartości, gdyż chwilowe wahania są wygładzone popytem zbiorczym za tak długi okres, szersze ujęcie stabilizuje dane i mówi już coś o charakterystyce rynku.

dysponują, poprzez system VMI (ang. *Vendor Management Inventory*) (Krichanchai, MacCarthy, 2017), tak aby móc określić popyt globalny rynku. Po połączeniu danych o sprzedaży historycznej każdej z firm, wszystkie podmioty zaangażowane w wymianę informacji odnoszą korzyść, gdyż możliwe jest prognozowanie sprzedaży całego rynku, a nie tylko prognozowanie sprzedaży konkretnego dystrybutora API sprzedawanego pod własną marką.

Powyższe powoduje, że punktem wyjścia w procesie prognozowania popytu rynkowego są badania samego rynku wsparte danymi wymienianymi pomiędzy konkurującymi wytwórcami (Williams, Spaulding, 2018). Na tej podstawie buduje się historię zmian popytu na produkt – bez względu na to, jakiej był marki. Na podstawie takich danych historycznych tworzy się bazową prognozę metodami statystycznymi (oprócz standardowej prognozy liniowej jest to metoda Holt-Wintersa, sezonowa z ang. *ARIMA* itp.). Niekiedy prognozy różnymi metodami nakłada się na siebie, nadając wagi istotności modelu i metody prognozowania. Następnie wyznacza się cel udziału danej firmy w rynku, który definiuje pożądany udział w ogólnym popycie, jaki dana wytwórnia chce zaspokoić własnymi produktami. Cel (opisany w postaci procentu) to jednocześnie cel biznesowy rozumiany jako wskaźnik KPI pożądanego udziału w rynku dla działu sprzedaży.

Cel wyznacza się na podstawie wiedzy o kondycji firmy na tle konkurencji (Pérez-Salazar *et al.*, 2017), a więc wielu czynników wewnętrznych, oraz na podstawie znajomości własnej pozycji w odniesieniu do możliwości działania konkurencji. Czynniki budujące wiedzę o zakresie własnych możliwości względem otoczenia rynkowego są w większości przypadków poufne. Jednak możemy wyróżnić część z nich – należą do nich przede wszystkim działania marketingowe, a w szczególności reklama.

Jeżeli przykładowo planujemy promocję na produkt w danym miesiącu, prognoza standardowa (czyli prognoza rynku pomnożona przez udział w rynku) na dany miesiąc będzie powiększona o przewidywany efekt zwiększenia popytu wynikający z obniżenia ceny do jej wartości promocyjnej. Inne działania marketingowe, takie jak reklama, również zwiększą poziom sprzedaży, lecz trzeba uwzględnić konieczność absorpcji przez rynek tej reklamy oraz poziomy opóźnień w dystrybucji produktu. Wpływ reklamy jest bowiem stopniowy – wraz z procesem nasiąkania informacją o produkcie. Co więcej, reklama przy małym nasyceniu produktem nie przekłada się od razu na drastyczne zwiększenie sprzedaży. W początkowej fazie wpływu reklamy, gdy pacjent pyta o produkt, którego nie ma na półkach aptecznych, do sprzedaży dochodzi tylko, gdy pacjent przyjdzie do apteki ponownie, bo farmaceuta może sprowadzić produkt leczniczy dla pacjenta w ciągu jednego, dwóch dni²⁹, wnioskując o poszerzoną o niego następną kompletację z hurtowni. Po kilku wizytach pacjentów pytających o promowany preparat właściciele aptek z własnej inicjatywy zwiększają portfolio, chcąc zaspokoić potrzeby hipotetycznego przyszłego klienta (pacjenta).

29 Średni czas dostaw pomiędzy apteką a hurtownią farmaceutyczną w Polsce.

Właściciele aptek prognozują konieczne poszerzenie oferty, śledząc aktualny układ natężenia reklam w środkach masowego przekazu.

Kolejną strategią marketingową są próbki i groszówki. Część towaru można bowiem przeznaczyć na bezpłatne bądź sprzedawane po najniższej możliwej cenie (1 grosza) próbki. W przypadku próbek i tzw. groszówek prognosta dokładnie wie, ile towaru do rozdania opuści dodatkowo magazyn – oprócz popytu sprzedawanego w normalnej cenie, jednak musi również uwzględnić dodatkowy efekt marketingowy – zwiększenie popytu poprzez rozpowszechnienie informacji o produkcie po jego rozdaniu.

Trzecią formą reklamy i promocji są konferencje i targi oraz wydarzenia zwiększające rozpoznawalność marki (np. działania charytatywne) – wszystko powyższe trzeba uwzględnić, wyliczając zbiorczy wpływ owych czynników na standardowy poziom sprzedaży, w rezultacie uwzględniając tzw. siłę promocyjną korygującą prognozę bazową. Siła promocyjna rozpatrywana jest zawsze względnie – w porównaniu z konkurencją. Innymi słowy planowana kampania marketingowa będzie mieć mniejsze przełożenie na sprzedaż, jeśli konkurent aktualnie prowadzi zintensyfikowane działania własne w tym samym segmencie rynku (np. leków przeciwbólowych czy przeciwzapalnych)³⁰.

Kolejnym bardzo ważnym czynnikiem zmieniającym prognozę bazową dla rynku leków są działania regulatora. Część leków wydawanych jest tylko na receptę i obowiązuje dla nich zakaz reklamy. Część leków znajduje się na liście leków bezpłatnych dla seniorów (osób powyżej 75. roku życia). Część leków znajduje się na liście refundacyjnej, przez co ich ceny są bardzo niskie w porównaniu ze standardową ceną (na tzw. 100%). Część znajduje się na liście leków o obniżonej odpłatności przez pacjenta, przez co stale są one w „systemowej” promocji. Każde usunięcie bądź wstawienie preparatu na którąś z tych list bardzo zmienia zachowanie sprzedaży produktu.

Podsumowując wykonywane kroki: najpierw każda prognoza jest wyliczana statystycznie (prognoza dla całego rynku), potem podejmowana jest decyzja biznesowa o procentowym celu udziału firmy w rynku (Bhushan, Rai, 2004) (o który to cel „walczy” dział sprzedaży), by następnie nanieść efekt tych działań na prognozę (czasami z poufną poprawką odzwierciedlającą wewnętrzne „zaufanie” prognozujących odnośnie do możliwości osiągnięcia przez dział sprzedaży tego celu) (Mehralian, Zarenezhad, Ghatari, 2015). Ponadto w każdej firmie farmaceutycznej występuje jeszcze szereg poufnych czynników służących do korygowania takiego wyniku manualnie przez eksperta (Moktadir *et al.*, 2018). Finalna prognoza miesięczna, czyli gotowy produkt, jest następnie przesyłana do systemu planistycznego i służy jako wsparcie przy podejmowaniu decyzji o planowaniu wytwarzania bądź kupowania produktów.

30 Rynki na poszczególne molekuły łączone są pod kątem zamienników pożądanego efektu dla pacjenta, np. istnieje kilka popularnych substancji przeciwbólowych, takich jak paracetamol czy ibuprofen, i rywalizują one o tego samego odbiorcę.

Rozdział 2

Analiza fundamentalna ryzyka planowania produkcji

2.1. Odpowiedzialność wobec prognozy i tworzenie relacji opartych na zaufaniu

W ocenie aktualnego ryzyka dla głównego celu firmy przy danym poziomie obsługi klienta pomocne jest założenie, że prognoza popytu rynkowego formułowana dla wytwórni, czyli pierwszego poziomu łańcucha dystrybucji, jest obowiązująca dla wszystkich działów w firmie (czasami za wyjątkiem działu tworzącego prognozy – lecz nie jest to komunikowane wewnętrznie, gdyż oznaczałoby brak zaufania do własnych wyliczeń).

Profesjonalizacja i podział zadań w przedsiębiorstwie oznacza, że przyjmujemy, że dział prognoz ma najpełniejszą wiedzę i uwzględnia wszystkie czynniki przy określaniu przyszłego popytu rynkowego. Powoduje to, iż w każdej komórce organizacyjnej będą spójne dane na temat prognozy, co oznacza zintegrowane działania wszystkich, mające przygotować wytwórnię do sprostania wyzwaniom dostarczenia zapasu dla klientów w odpowiedniej wysokości (Andersen, 2014). Jest to również polecenie przekazywania każdej istotnej informacji do działu prognoz, która może wpływać na poziom przewidywanego popytu¹. Jeśli specjalista w organizacji nie ufa prognozie, powinien poinformować o znanych sobie czynnikach osobę prognozującą, bo wtedy (po zmianie prognozy) wszyscy w organizacji z tej wiedzy skorzystają.

1 Jeśli np. dział koordynacji łańcucha dostaw (inaczej dział planistów produkcji) dla danego segmentu rynku zakłada, że sprzedaż ponad prognozy wzrośnie pod koniec bieżącego kwartału, ponieważ dział sprzedaży rozliczany jest w tym segmencie z celu sprzedażowego pod koniec kwartału, to oznacza, że dział prognoz nie wykonuje właściwie swojego zadania, bo taka zwyczajka związana ze zwiększonymi staraniami handlowców chcących otrzymać premie powinna być uwzględniona w planowaniu popytu. Innymi słowy dział planowania produkcji powinien przekazać takie informacje do działu planistów prognozy, jeśli nimi nie dysponują, a planowanie produkcji układać pod prognozę.

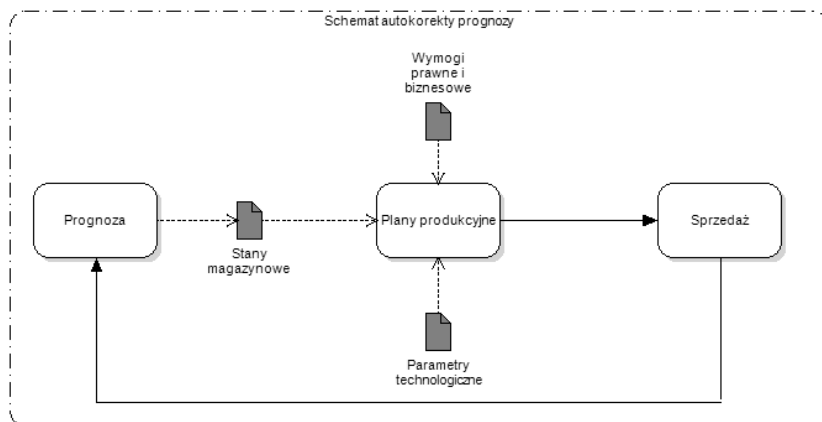
Nie może być sytuacji, w której działły sobie nie ufają, bo powoduje to negatywne konsekwencje dla procesu. Zaufanie do poziomu profesjonalizmu pracy musi być kompletne, co oznacza w praktyce, że każda osoba nietraktująca wskazań kompetentnego działu jako danych obowiązujących bierze na siebie osobistą odpowiedzialność za konsekwencje działań poza procedurą, poza procesem (Jensen, Poslad, Dimitrakos, 2004).

Negatywną konsekwencją braku zaufania koordynatora łańcucha dostaw do prognozy będzie zmiana wielkości produkcji, zmniejszenie produkcji poniżej odpowiedniej wielkości bądź przeszacowanie poziomu prognozy. Negatywną konsekwencją braku zaufania zaopatrzeniowca, odnośnie do możliwości zrealizowania planu wytwarzania, wobec koordynatora łańcucha dostaw będzie niedostarczenie surowców w odpowiedniej wielkości.

Ciąg odpowiedzialności za wytyczne dotyczące popytu rynkowego zaczyna się więc w dziale prognoz, co pozwala przygotować się na ten popyt na poziomie planowania łańcucha dostaw z odpowiednimi wielkościami planu produkcji, które z kolei wyznaczają wymagane wielkości zakupów w dziale zaopatrzenia (Lücker, Seifert, 2017). Plan produkcji wyznacza poziom obciążenia maszyn, a przez to kształtuje decyzje zakupowe, plany inwestycyjne czy poziom zatrudnienia w długim okresie. Z kolei w okresie krótkim – to planiści (koordynatorzy łańcucha dostaw) muszą uwzględniać aktualne zdolności produkcyjne (wydajności maszyn) przy planowaniu. Zmniejszenie planowanego stanu na jednym produkcie daje szansę na wytworzenie innego produktu leczniczego, który jest bardziej zagrożony brakiem. Planowanie produkcji musi więc uwzględniać obciążenia maszyn, lecz jeśli planowane obciążenia zbliżają się do 100%, dział inwestycji musi zakładać, że plany mogłyby być większe, i rozpoczynać proces inwestycyjny powiększania zdolności wytwórczych.

Plan produkcji oznacza obowiązujące wytyczne dla działu zaopatrzenia wprowadzającego surowce konieczne do wytworzenia wyrobów gotowych w danej wielkości. Plan produkcji może wyznaczać automatycznie poziom koniecznych do wytworzenia półproduktów albo półprodukty np. typu ang. *bulk*² mogą być planowane oddzielnie z uwzględnieniem zapotrzebowania. Jednocześnie planowane liczby serii produkcyjnych wyznaczają obciążenia dla działu zapewnienia jakości (zwalniającego produkty na rynek) zwalniającego produkt. Z kolei planowane dostawy surowców powiększone o planowane serie produkcyjne wyznaczają obciążenia liczby wymaganych badań dla działu kontroli jakości (potwierdzającego jakość surowców, półproduktów i produktów) (Sharma, Modgil, 2019).

2 Beczki plastikowe z workami pełnymi kapsułek/tabletek.

**Ilustracja 6.** Schemat autokorekty prognozy**Źródło:** opracowanie własne.

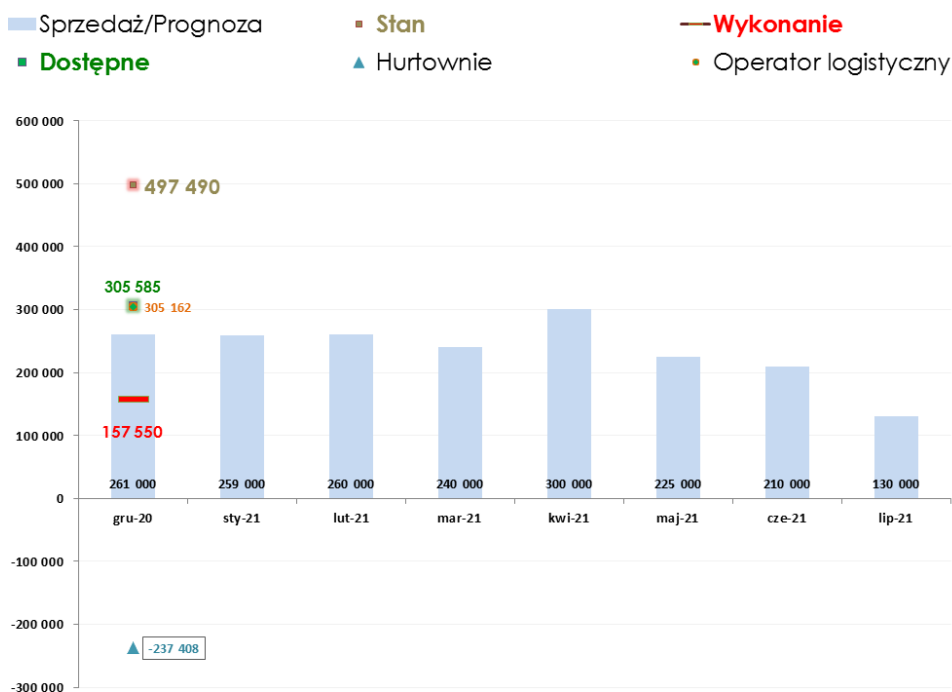
Schemat planowania uwzględnia więc warunki wytwarzania (moce produkcyjne maszyn, charakterystykę wytwarzania) (Bussmann, Jennings, Wooldridge, 2004), jak i wszelkie uwarunkowania biznesowe i prawne. Są to przede wszystkim pozwolenia na sprzedaż – rejestracja, zmiany charakterystyki procesu wytwarzania, takie jak konieczność wprowadzenia nowych danych na opakowania produktu, zgodnie z nowymi wytycznymi określonymi w prawie (np. konieczność oznaczenia każdego opakowania produktu leczniczego unikatowym kodem³). Są to również priorytety sprzedażowe (np. dział sprzedaży chce wykorzystać sytuację braku pozwolenia na sprzedaż produktu konkurencji). Jednak przede wszystkim prognoza musi być ciągle korygowana przez wykonanie sprzedaży, czyli muszą być wyznaczane i analizowane poziomy błędów, jakie prognoza popełniła w poprzednim okresie. Dział prognozy wyznacza więc błędy prognozy, czyni to w celu oceny własnej pracy, są to tzw. ang. *Forecast Errors* – FE.

Jednak z powodu faktu, że proces planowania przeprowadzany jest z odnoszeniem się do prognozy, ocena *ex post* pracy koordynatorów łańcucha dostaw musi uwzględniać błąd sprzedaży, a nie prognozy. Innymi słowy oceniamy wielkościowo i procentowo, o ile sprzedaż pomyliła się wobec punktu odniesienia czy wobec prognozy. Analizując przyczyny wystąpienia braku zapasu na produkcie, musimy odnieść procentowo poziom sprzedaży do prognozy, czyli poziomu, na który przygotowywał produkcję jej planista. Pozwala to określić maksymalny błąd sprzedaży, powyżej którego za brak odpowiada nieprawidłowa prognoza, a poniżej którego planista. Koordynator łańcucha dostaw powinien uwzględnić wahania rzeczywistej sprzedaży wobec punktu prognozowanego, przygotowując zapas bezpieczny. Poziom zapasu bezpiecznego będzie uwzględniać przygotowanie na możliwe błędy sprzedaży tzw. ang. *Sales Errors* – SE.

3 Tzw. serializacja.

2.2. Analiza porównawcza sytuacji bieżącej i prognozy

Do podstawowych informacji dotyczących poziomu zagrożenia wobec braku należy poziom zapasu, także jego poziom zwolniony (zwykle oba poziomy są takie same, bo tylko w okresie badań tuż po produkcji stan magazynowy jest powiększony o niezvolnioną kolejną serię lub serie) oraz poziom sprzedaży, a właściwie jej poziom w miesiącu bieżącym. Przy czym, ze względu na duży poziom rozchwiania sprzedaży mogący skutkować wysokim poziomem niepewności w wizualizacji liniowej sprzedaży z dnia na dzień (zamówienia z hurtowni czasami mają duże minimalne wielkości zamówień, ang. *MOQ* – *Minimum Order Quantity*), lepiej jest ukazywać ostatnią sprzedaż w zestawieniach zbiorczych (tygodniowych czy miesięcznych), korzystając przy tym zwykle z wykresów słupkowych.



Wykres 1. Wykres stanów oraz wykonania sprzedaży

Źródło: opracowanie własne.

Standardem jest ukazywanie sprzedaży miesięcznej, tak aby móc ją porównywać z miesięcznymi prognozami. Jednak ze względu na fakt, że przegląd zapasów jest przeprowadzany w cyklu tygodniowym bądź nawet codziennie, na początku każdego z miesięcy sprzedaż miesięczna nie odzwierciedlałaby zbyt dokładnie jej średniej wartości. Dlatego przy podawaniu sprzedaży bieżącej zlicza się jej ostatnie 30 dni.

Podstawową metodą priorytetyzacji ryzyka braku produktu na podstawie sprzedaży jest pokazywanie procentu wykonania prognozy w miesiącu bieżącym. Jest to jednak miara o słabej wartości informacyjnej, bo wymaga wykonywania przez operatora tych danych obliczeń w pamięci, jaki jest to poziom w stosunku do dnia w miesiącu bieżącym.

Dlatego lepszą metodą jest ukazywanie sprzedaży w miesiącu bieżącym i odnośzenie jej do procentu miesiąca, który upłynął, tak aby ukazywać rzeczywiste tempo wyprzedaży. Oprócz tego warto jest stworzyć zestawienie sprzedaży średniej miesięcznej z ostatnich 12 miesięcy, które porównuje tempo wyprzedaży w bieżącym miesiącu do średniej rocznej.

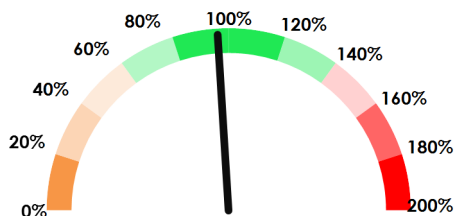
Aby pokazać tempo wyprzedaży (do prognozy lub do średniej ze sprzedaży z poprzednich miesięcy), należy dynamicznie wyliczać, ile procent bieżącego miesiąca upłynęło w danym dniu (tak aby nie przeprowadzać tej procedury analitycznej codziennie). W tym celu w programie *MS Excel* należy pobrać wartość dnia z aktualnej daty (aktualna data podawana jest przez funkcję DZIŚ()), a następnie podzielić ją przez liczbę dni w miesiącu (np. 30 lub 31).

=DZIEŃ(DZIŚ())/(DZIEŃ(DATA(ROK(DZIŚ()));MIESIĄC(DZIŚ())+1;0)))

Wzór 8. Wzór na obliczenie wartości procentowej upłynięcia dni w miesiącu

Źródło: opracowanie własne.

Dzięki tej operacji widzimy, jaki procent miesiąca upłynął (np. data 11 lipca obliczy wartość 37%). Dzielimy procent wykonania prognozy przez procent wykonania miesiąca, co uwiadamia, że jeśli bieżący poziom wyprzedaży prognozy się utrzyma, to na koniec miesiąca wykonanie prognozy będzie na danym poziomie %. Jeśli ten poziom procentowy przekracza znacznie 100%, jest to dużo większy problem niż gdyby poziom ten był znacznie mniejszy niż 100%. Jednakże każde znaczące odstępstwo od 100% jest problematyczne, co można uwidocznic na przykład na wykresie pierścieniowym.



Tempo wykonywania prognozy ostatnich 30 dni

Wykres 2. Wykres tempa wykonywania prognozy

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki tempa wyprzedaży ukazywane na wykresie pierścieniowym traktują sprzedaż szybszą niż prognoza jako główne zagrożenie (kolor czerwony), sprzedaż wolniejszą jako ostrzeżenie (kolor żółty), a sprzedaż oscylującą blisko poziomowi 100% jako poziom pozbawiony ryzyka (kolor zielony). W przypadku powyższego wykresu sprzedaż przekraczająca swoim tempem 200% nie będzie ukazana z powodu konieczności zachowania symetrii wykresu, lecz taka sytuacja może być podkreślona (tempo poza pomiarem) np. za pomocą linii wychodzącej poza skalę.

Ukazywanie tempa sprzedaży nie dla pojedynczego towaru, lecz dla całej tabeli danych powinno uwzględniać formatowanie warunkowe tła komórki. Pierwszą informację, jaką podkreślamy, to poziom procentowy wykonania prognozy, tym wyższy relatywnie, im większe procentowe wykonanie prognozy ponad procent miesiąca, jaki upłynął, tym większe jest zagrożenie braku, dlatego jest on tym bardziej czerwony, im mniejsze relatywnie, im niższe procentowe wykonanie prognozy poniżej procenta miesiąca, jaki upłynął, tym większe jest zagrożenie utylizacji, dlatego jest on tym bardziej żółty⁴. Jednocześnie poziomy bliskie procentowi miesiąca, jaki upłynął, nie stanowią zagrożenia (bo plany produkcyjne formułowane są pod prognozę – nie będą więc musiały zmienić się drastycznie), dlatego nie powinny wyróżniać się żadnym kolorem⁵. Jednocześnie druga funkcjonalność to możliwość filtracji listy tylko do tych wierszy, których sprzedaż jest mniejsza niż prognoza albo większa niż prognoza, albo

4 Kolorystyka przyjęta w tego rodzaju zestawieniach zakłada tylko trzy podstawowe kolory – zielony: bezpieczny, czerwony: niebezpieczny i żółty: powszechnie rozpoznawany jako ostrzeżenie. Stosowanie w takich znaczeniach tych trzech kolorów nie wymaga dodatkowego przeszkalania personelu, gdyż ich kojarzenie w ten sposób jest elementem kultury.

5 Systemy ostrzegawcze dla planistów formułowane są pod tezę, że plan produkcji istnieje i został już stworzony, tak aby zaspokajać prognozę, dlatego to, co jest w takich analizach ukazywane, to zmiany otoczenia informacyjnego mogące skutkować koniecznością nagłego, drastycznego albo nagłego i drastycznego ich przeformułowania.

w normie⁶. Oznacza to konieczność podzielenia wszystkich towarów dynamicznie na trzy grupy. Do tego celu można wykorzystać ikony formatowania warunkowego, które odwołują formatowanie do procentu miesiąca, jaki upłynął. Jeśli poziom procentowy w komórce mieści się w widelkach (np. poziom miesiąca +/- 20%), wtedy przyznawana jest ikona zielona, jeśli jest większy – czerwona, jeśli mniejszy – żółta.

Tabela 6. Tempo wykonania prognozy

Grupa	Produkcja	Sprzedaż	
		bieżąca	
A	PRODUKCJA	✓	23%
A	PRODUKCJA	✓	49%
A	PRODUKCJA	✓	18%
A	KUPOWANE	✓	42%
A	PRODUKCJA	✓	7%
A	PRODUKCJA	✓	10%
A	PRODUKCJA	✓	17%
A	PRODUKCJA	✓	35%
A	PRODUKCJA	✓	14%
C	PRODUKCJA	✗	160%
A	PRODUKCJA	✓	13%
A	PRODUKCJA	✓	23%
B	PRODUKCJA	✗	138%
A	PRODUKCJA	✓	15%
A	PRODUKCJA	✓	15%
B	PRODUKCJA	✓	12%
A	KUPOWANE	✓	25%
A	PRODUKCJA	✓	40%
C	PRODUKCJA	✓	0%
A	PRODUKCJA	✓	20%

Źródło: opracowanie własne.

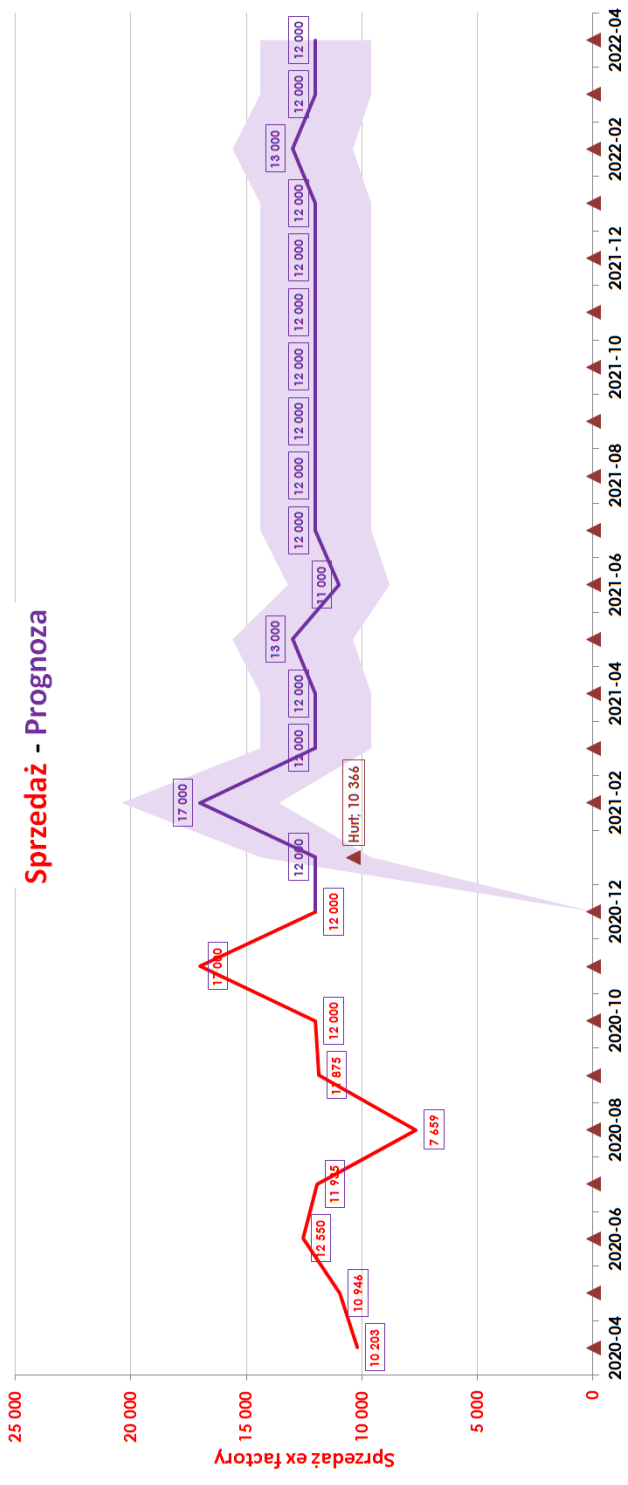
Powyżej widzimy procent wykonania prognozy bieżącego miesiąca odniesiony kolorystycznie do dnia miesiąca. Towary podzielone są na dwie grupy – produkowane i kupowane. W przypadku wyrobów gotowych kupowanych w kolejnej kolumnie ukazujemy wielkość najbliższej dostawy, a w przypadku produkowanych – do powyższego zestawienia dodajemy wielkość najbliższej produkcji. Powyższą listę możemy sortować. Najważniejsze pod kątem ryzyka braku jest sortowanie od największych do najmniejszych poziomów procentowych.

⁶ W pierwszym przypadku przeglądamy towary do zwiększenia planów produkcji, w drugim do zmniejszenia bądź przesunięcia produkcji na późniejszy termin. Trzecia grupa może być odfiltrowana, przez co dwie pierwsze mogą być przeglądane równocześnie i przeglądane pod kątem innym kryteriów, np. ogólnej wartości sprzedaży od największych do najmniejszych itp.

Kolejną metodą ukazywania sprzedaży bieżącej jest analiza pokazująca prognozę bieżącego miesiąca minus wykonanie prognozy. Jest to informacja o tym, ile jeszcze danego produktu leczniczego sprzeda się w bieżącym miesiącu (przy założeniu 100% wykonania prognozy). Wartości ujemne oznaczają nadwyżkę sprzedaży ponad poziom prognozy bieżącego miesiąca. Filtrowanie tylko wartości ujemnych jest krytycznie istotne mniej więcej od połowy miesiąca, aż do jego końca, bo pozwala ukazywać tylko towary, których poziom sprzedaży może zaowocować brakiem (których bieżąca sprzedaż wykonała się w ponad 100% w mniej niż połowę miesiąca).

Brak produktu to z angielskiego tzw. *Stock Out*. Jego ryzyko jest wyznaczane wielkościowo przez ujemne wartości nadwyżki sprzedaży ponad prognozę. Sortowanie od najmniejszych do największych (odwrócone, bo wartości są ujemne) oznacza wielkościowe ryzyko utraconej sprzedaży. Pomnożenie tych wielkości przez ujemne wartości cen pozwala na sortowanie od największych do najmniejszych wartości utraconej sprzedaży. Pomnożenie tych wartości przez procent marży pozwala na sortowanie od największych do najmniejszych poziomów ryzyka utraconych wpływów.

Można też wprowadzić kolejną miarę ukazującą same nadwyżki sprzedaży ponad prognozę. Jeśli prognozy opracowywane przez dział prognoz mają wyznaczony dopuszczalny poziom błędu (np. +/- 20% lub 30%), wtedy można również pokazywać wielkościową nadwyżkę sprzedaży ponad dopuszczalny limit błędu (ponad tzw. wstęgę prognozy).



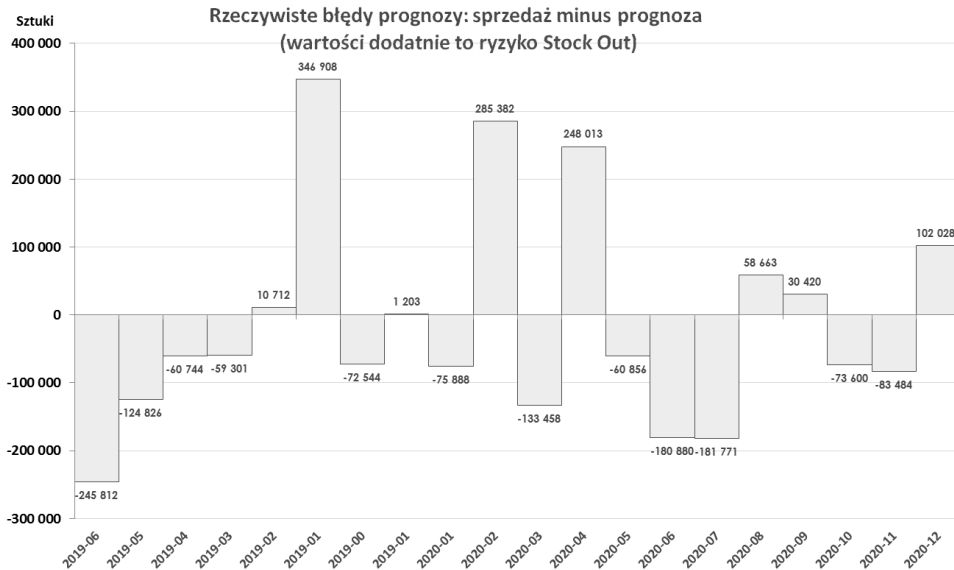
Wykres 3. Historia sprzedaży – wstęga prognozy
Źródło: opracowanie własne.

2.3. Wpływ zmiany prognozy na proces wytwarzania

Wpływ zmiany prognozy na proces wytwarzania produktów leczniczych i wyrobów medycznych uzewnętrznia się działaniami korygującymi, które przebiegają na różnych jego etapach, wraz ze zmianą założeń celu, jakim jest poziom zaopatrzenia rynku w produkty.

Zmiana prognozy oznacza tylko dwie sytuacje – prognoza może zmienić się w górę albo w dół. Miarą zmienności prognozy jest odchylenie standardowe prognozy na dany miesiąc (np. jak prognozowano sprzedaż miesiąca grudnia w styczniu, w lutym, w marcu itp.). Im później przed procesem, czyli im krótszy czas dzieli zmianę prognozy od okresu, którego zmiana dotyczy, tym bardziej kosztowne są działania dostosowawcze. Część procesów w firmie farmaceutycznej, wymagających dalekiego planowania, takich jak zamówienia nowych maszyn do produkcji, polega na prognozie w okresie od pół roku do półtora roku wprzód. Zamówienie, zbudowanie, sprowadzenie, instalacja, walidacja i uruchomienie (szkolenia personelu) maszyny wymaga działań w tak długim czasie. W okresie krótszym niż pół roku, lecz dłuższym niż dwa miesiące – na prognozie polegają zaopatrzeniowcy *API* oraz koordynatorzy łańcucha dostaw zajmujący się towarami sprowadzanymi, bo czas dostawy, ang. *Lead Time*, zarówno dla surowców, jak i wyrobów gotowych może sięgać od pół roku do 9 miesięcy. W okresie prognozowania do dwóch, trzech miesięcy – na prognozie polegają planiści zawiadujący produkowanymi wyrobami gotowymi, ustalając na ich podstawie produkcję. Im bliższa prognoza, tym na więcej procesów ona wpływa, dlatego jej zmiana wiąże się z wyższymi kosztami dla zakładu farmaceutycznego. Oczywiście wszystkie wspomniane działy chcą mieć prognozę jak najdłuższą i zmieniają swoje plany także w długim okresie (np. planista ręcznie dostosowuje plan produkcji na najbliższe dwa miesiące, a system planistyczny zmienia plan produkcji na dwa lata do przodu na podstawie automatycznych algorytmów dostosowujących się do zmian prognozy) (Jauhar, Pant, 2016), jednakże wspomniane dwa miesiące wyprzedzenia to minimum dostosowawcze dla planów produkcji, pozwalające na sprawną alokację zasobów. Okres miesiąca może już nie pozwolić na elastyczność, gdyż najbliższe tygodnie są pozajmowane przez produkty, które zaraz znajdują się na braku, dlatego nie można pozwolić na ich zastąpienie innymi.

Przy planowaniu czynnikiem ważniejszym od samej zmienności prognozy ważniejsze jest jej wykonanie, bo to ono wpływa dopiero na poziom wyrobu gotowego, co bezpośrednio przekłada się na ryzyko braku towaru. Najprostszą miarą ryzyka braku jest porównanie: sprzedaż minus prognoza dla każdego produktu oddzielnie z analizą okresów historycznych.



Wykres 4. Błędy prognozy
Źródło: opracowanie własne.

Na powyższym rysunku widzimy, że prognosta ma tendencję do przeszacowywania prognozy, zawyżając ją w stosunku do sprzedaży. Jednak w miesiącach, gdy prognosta myli się w drugą stronę, niedoszacowując prognozę do sprzedaży, poziom błędu jest wyższy. Analiza dla tego typu tendencji, czyli tzw. (jakościowa + albo -) analiza BIAS⁷, pozwala określić znak różnicy między sprzedażą i prognozą dla grup towarów na przestrzeni historycznych miesięcy. Przewaga sytuacji przeszacowania albo niedoszacowania mówi nam o preferencjach zachowania danego rynku bądź o błędach systemowych w prognozowaniu. Tego typu błędy należy zgłosić do działu prognoz, a nie brać ich jako poprawkę na prognozę, ponieważ redukuje to propagację informacji w przedsiębiorstwie oraz po naniesieniu tej poprawki w samym dziale prognoz będzie to przyczyną błędu systemowego po stronie operacyjnej planistów produkcji. Śledzenie samych tylko znaków (analiza BIAS) wykonuje się na zestawieniu tabelarycznym, wyznaczenie przewagi któregoś znaków analizuje się na zestawieniu łącznym. Analizy BIAS mogą być przeprowadzane także przy odwróconej kalkulacji: prognoza minus sprzedaż, zwłaszcza poza działem prognozowania i sprzedaży (ze względu na fakt, że punktem odniesienia dla zmian w planowaniu jest prognoza, często korzysta się z takiego odwróconego zestawienia po stronie operacyjnej – wtedy wartości ujemne to te najbardziej negatywne, bo mogące doprowadzić do braku produktu, gdy sprzedaż jest większa niż prognoza).

⁷ BIAS – z ang. „uprzedzenie”.

Tabela 7. Analiza BIAS dla grupy towarów

Średnia	2021-01	2021-02	2021-03	2021-04	2021-05	2021-06
▲ 14%	▼ -86%	▼ -86%	▼ -77%	▲ 531%	▼ -74%	▲ 188%
▼ -22%	▼ -49%	▼ -17%	▲ 61%	▼ -74%	▼ -41%	▼ -48%
▼ -8%	▼ -53%	▼ -1%	▼ -19%	▲ 12%	▼ -6%	▲ 1%
▼ -26%	▼ -56%	▼ -36%	▼ -32%	▲ 83%	▼ -68%	▼ -24%
▼ -14%	▼ -62%	▼ -5%	▼ -32%	▲ 16%	▼ -11%	▲ 7%
▲ 27%	▼ -64%	▼ -95%	▼ -96%	▲ 860%	▼ -55%	▲ 325%
▲ 1%	▼ -67%	▲ 143%	▼ -21%	▲ 15%	▲ 10%	▲ 21%
▼ -9%	▼ -57%	▼ -20%	▼ -6%	▲ 36%	▲ 14%	▼ -20%
▼ -6%	▼ -15%	▲ 54%	▼ -35%	▲ 2%	▲ 8%	▲ 0%
▼ -43%	▼ -58%	▼ -77%	▼ -96%	▼ -0%	▼ -25%	▼ -85%
▼ -9%	▼ -47%	▼ -29%	▲ 3%	▲ 71%	▼ -35%	▼ -27%
▼ -1%	▼ -28%	▲ 48%	▲ 0%	▼ -35%	▼ -5%	▼ -22%
▼ -55%	▲ 0%	▲ 0%	▼ -100%	▼ -100%	▼ -100%	▼ -100%
▼ -11%	▼ -73%	▼ -53%	▼ -65%	▼ -11%	▼ -60%	▼ -56%
▲ 7%	▼ -19%	▼ -9%	▲ 19%	▲ 28%	▲ 11%	▼ -2%
▼ -3%	▼ -12%	▼ -5%	▲ 4%	▲ 27%	▼ -29%	▼ -2%
▼ -19%	▼ -43%	▼ -23%	▼ -13%	▼ -8%	▼ -35%	▼ -0%
▼ -25%	▲ 0%	▼ -41%	▼ -66%	▼ -7%	▼ -100%	▲ 381%
▼ -15%	▲ 285%	▼ -100%	▲ 38%	▼ -40%	▼ -99%	▼ -82%

Źródło: opracowanie własne.

Podsumowanie każdego wiersza analizy BIAS pokazuje poziom procentowy udziału wartości dodatnich (sprzedaż większa niż prognoza prowadząca do ryzyka braku produktu) oraz ujemnych (sprzedaż mniejsza niż prognoza prowadząca do ryzyka utylizacji). Zliczenie każdego znaku w górę i w dół dla grupy (i podzielenie przez liczbę przypadków) pokazuje procentowo ryzyka zbiorcze wedle różnych kryteriów⁸. Poniżej wedle podziału analizy ABC (grupa N oznacza nowe produkty, których poziom historycznej sprzedaży był na tyle niewielki, że nie dawał podstaw do przydzielenia do którejś z grup albo produkt pojawił się pomiędzy kolejnymi analizami ABC do klasyfikacji, np. w trakcie roku, jeśli o przydziale do grup ABC decydował budżet roczny).

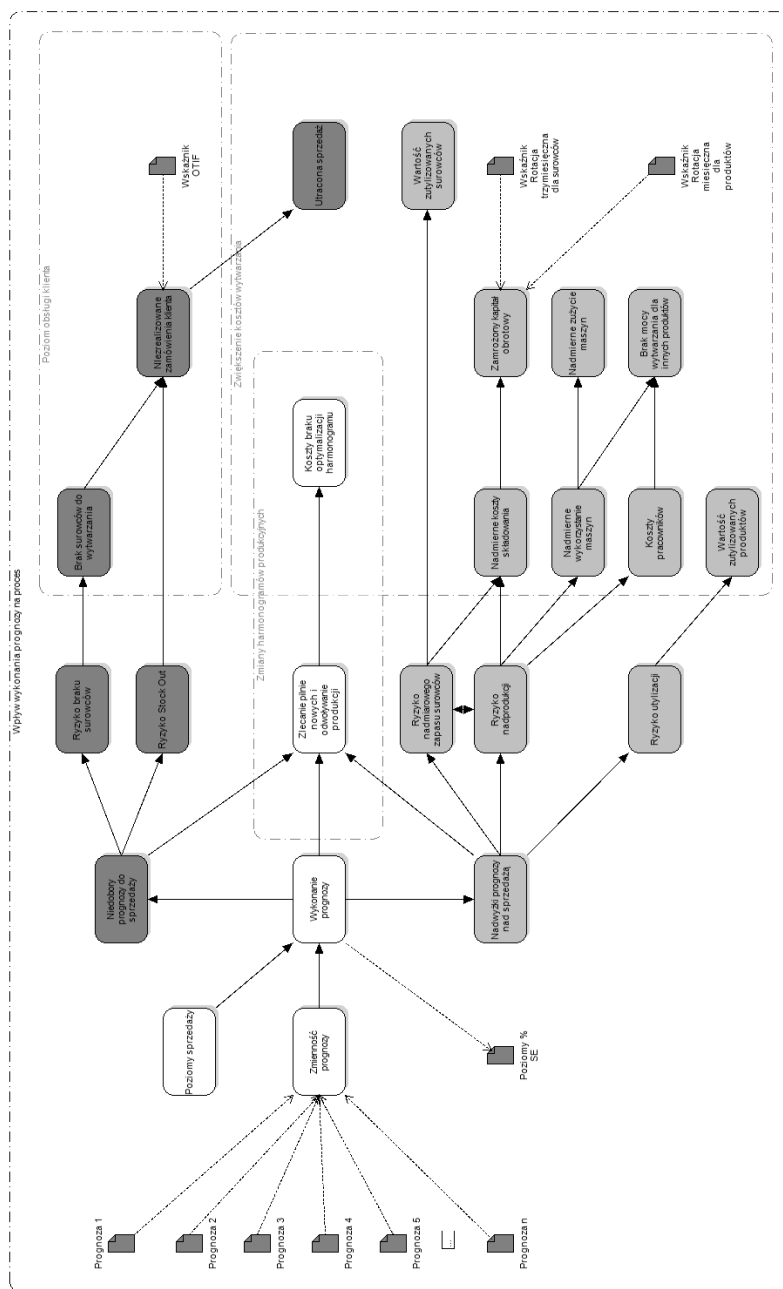
8 Np. gdy połowa towarów w danej grupie ma BIAS w górę i połowa w dół, bilans wynosi zero, gdy sprzedaż jest większa niż prognoza w jednej czwartej przypadków, BIAS dla grupy wynosi 50% (minus 25% i plus 25% znoszą się wzajemnie).

Tabela 8. Analiza BIAS, zestawienie łączne

	A	B	C	D	E	F	G
1	GRUPA ABC						
2	GRUPA ABC	BIAS	2021-01	2021-02	2021-03	2021-04	2021-05
3	A	17%	35%	27%	29%	49%	-22%
4	B	13%	41%	-14%	36%	25%	5%
5	C	20%	50%	36%	40%	-2%	21%

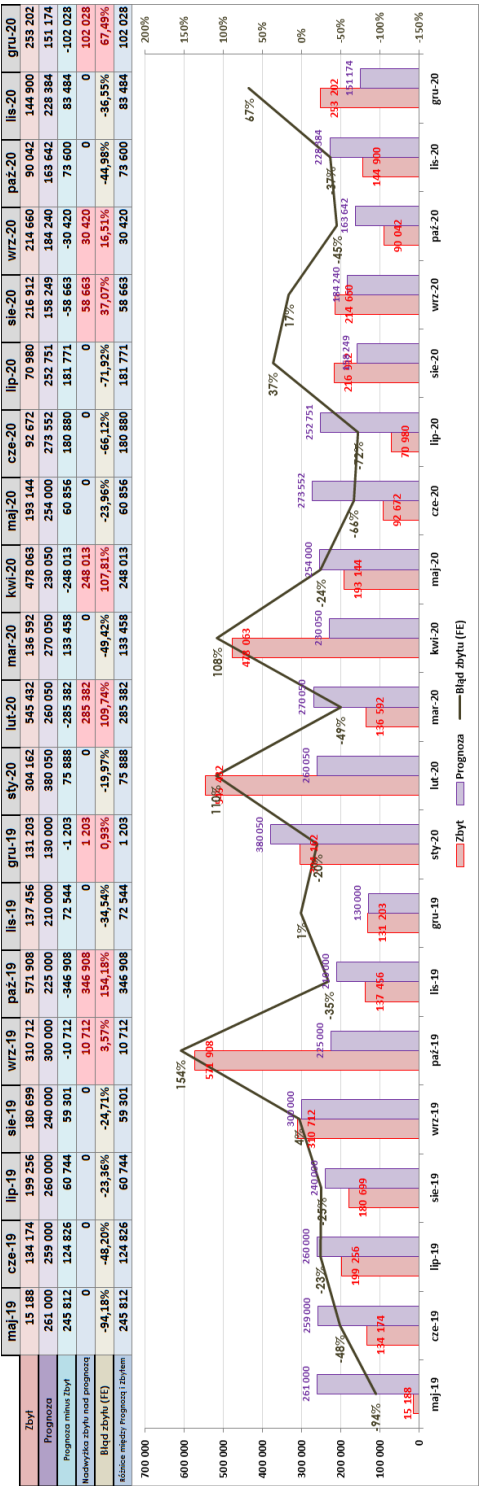
Źródło: opracowanie własne.

Wpływ na większe bądź niepełne wykonanie prognozy trzeba również rozpa-
trzeć procesowo, rozbijając go na strumienie konsekwencji.



Ilustracja 7. Wpływ wykonania prognozy na proces
Źródło: opracowanie własne.

Połączenie danych o prognozie i sprzedaży dostarcza informację o poziomie wykonania prognozy, mierzoną za pomocą procentowego wskaźnika błędu sprzedaży (ang. *SE*) (sprzedaż dzielona przez prognozę). Dane tego rodzaju powinny być przeglądane w długim horyzoncie czasowym, tak aby móc wyliczać przydatne statystyki, takie jak średni błąd prognozy dla towaru, bądź aby móc ukazywać, czy prognoza myli się bardziej w jakimś konkretnym okresie roku (błąd prognozy niebiorący pod uwagę faktu, że jest to produkt sezonowy). Jednocześnie przy porównaniach dla konkretnego towaru widzimy proporcje zawyżania bądź niedoszacowania prognozy z miesiąca na miesiąc.



Wykres 5. Zestawienie porównujące wykonanie sprzedaży
Źródło: opracowanie własne.

Obok zestawienia poglądowego w postaci wykresów słupkowych na kolejne miesiące, które porównują i uwidaczniają proporcję sprzedaży wobec prognozy, na wykresie znajduje się również linia błędów (*SE*) odnosząca się do osi pomocniczej w skali procentowej z prawej strony. Powyżej znajduje się również tabela danych. Choć jest ona mniej czytelna niż wykres, to jednak powinna być przedstawiona, gdyż służy ona do wymiany informacji pomiędzy uczestnikami procesu (możliwość zaznaczenia linii i wysłania wartości drogą elektroniczną). W dyskusjach eksperckich lepiej posługiwać się liczbami, z kolei proporcje są przydatne przy prezentacji i ocenie wyników.

Pełniejsze zestawienie tego rodzaju powinno zawierać także prognozę budżetową, jeśli dział sprzedaży ma w celach wyrobienie minimum celów budżetowych, wtedy sprzedaż powinna być wypadkową pomiędzy aktualną prognozą⁹ a poziomem budżetu na dany miesiąc (jeśli budżet jest większy niż aktualna prognoza). Prognoza budżetowa ukazana jest w postaci poziomej kreski. Jednocześnie do oceny jakości zarządzania zapasami przydatne jest również ukazanie zapasu na koniec miesiąca (kropki w kształcie kwadratu). Jednocześnie na prognozę ekspercką dobrze jest nałożyć proste prognozy statystyczne, tak aby móc dyskutować duże różnice pomiędzy prognozą oficjalną a praktyką sprzedaży (na przykład prosta prognoza sezonowa – linia ciągła stająca się przerywaną, począwszy od okresu bieżącego, czyli średnia sprzedaży z ostatniego roku bądź półtora roku podwyższana bądź zmniejszana na podstawie nadwyżki albo niedoboru wobec średniej rocznej sprzedaży danego miesiąca dla danych, np. z ostatnich trzech lat).

Powyższe zestawienie powinno być poszerzone o porównanie wykonania sprzedaży do prognoz (błędy sprzedaży ang. *sales error SE* – linia ciągła z wartościami procentowymi, korzystająca ze skali pomocniczej). Jest ich tyle, ile miesięcy sprzedaży. Prognoza, która zostanie wzięta pod uwagę, zależy od czasu reakcji dla danego wyrobu gotowego. Jeżeli produkcja może być wykonana w ciągu miesiąca, wskaźnik wyliczania błędu prognozy odwoła się do prognozy o miesiąc wcześniej, czyli najświeższej (np. prognoza ze stycznia na luty, z lutego na marzec itp.). Jednakże dla wyrobów gotowych sprowadzanych, dla których czas dostawy może wynosić kilka miesięcy, planista podejmuje decyzje o wielkości zamówienia dużo wcześniej, dlatego przy wyliczaniu błędu prognozy (*SE*) powinno się odwoływać się do wcześniejszych prognoz. Dokładnie do tej prognozy, na którą patrzyła osoba zamawiająca (zwykle koordynator łańcucha dostaw obsługujący produkty licencyjne) w momencie wystawienia zamówienia na produkt.

Wykonanie prognozy oznacza dwa strumienie konsekwencji, które wzajemnie się przenikają (część towarów ma prognozę wyższą niż sprzedaż – ryzyko utylizacji, część towarów ma prognozę niższą niż sprzedaż – ryzyko braku produktu).

W przypadku sprzedaży większej niż prognoza (dla produktów wytwarzanych, a nie sprowadzanych) rośnie ryzyko braku surowców, zwłaszcza tych przeznaczonych tylko do pojedynczego wyrobu gotowego (w przypadku farmacji unikatowe są materiały opakowaniowe: folia z nadrukiem, ulotka, kartonik), ponieważ produkcja będzie odtwarzała zapas w jak najkrótszym czasie po okresie zwiększonej sprzedaży uszczuplającej zapasy bezpieczne.

9 Teoretycznie planistów produkcji powinna interesować tylko aktualna prognoza, jednak gdy cele sprzedaży są oparte na budżecie, występuje bardzo silny nacisk na dział sprzedaży, aby realizować jego założenia (zależna jest od wyrobienia celu premia i ocena pracowniczka), dlatego niekiedy poprawek popytu nie można uniknąć. Prognoza zmieniająca się z miesiąca na miesiąc jest odzwierciedleniem realnej szansy na daną sprzedaż, podczas gdy cele budżetowe to bardziej wygórowane wartości, do których należy dążyć, i czasami zawyżone są ponad możliwości z powodów psychologicznych.

W przypadku sprzedaży mniejszej niż prognoza rośnie ryzyko utylizacji niesprzedanych wyrobów gotowych. Wyrób gotowy dodatkowo zalega na magazynie, co zwiększa ryzyko jego przepełnienia. Wiąże się to również z przesuwaniem w czasie bądź odwoływaniem zaplanowanych produkcji, co przekłada się na zwiększenie poziomu zapasu niewykorzystanych surowców na magazynie, z których część może ulec przeterminowaniu. Brak działania po stronie produkcyjnej oznacza z kolei ryzyko nadprodukcji, a więc niepotrzebne wykorzystanie maszyn (zwiększona amortyzacja), niepotrzebne zaangażowanie operatorów, których praca mogłaby być przekierowana na większe priorytety produkcyjne albo tego dnia np. pracująca w nocy trzecia zmiana mogłaby być wolna, co przekłada się na niższe koszty pracownicze dla zakładu¹⁰.

Skutkuje to pogorszeniem wszystkich wskaźników biznesowych łańcucha dostaw, czyli obniżeniem poziomu wskaźnika dostępności produktów oraz zwiększeniem poziomu rotacji dla wyrobów gotowych, oraz rotacji dla surowców.

2.4. Zapas pomiędzy produkcjami

Zarządzanie ryzykiem niedostępności produktów (Leidner, 2015) można sprowadzić do formułowania definicji dla różnych zapasów odniesienia. Najprostszym z nich jest zapas odniesiony do prognoz. Zapas do wyprodukowania musi pokrywać prognozę do czasu potwierdzenia jakości produktów leczniczych w kolejnej produkcji. Zakładając np. produkcję tego samego produktu leczniczego raz na miesiąc, konieczna liczba sztuk do wyprodukowania w danym miesiącu będzie równa prognozie tego miesiąca.

Można również założyć konkretne dni na wyprodukowanie danego wyrobu gotowego, wtedy zapas pomiędzy produkcjami będzie częścią prognozy wcześniejszej i początkiem późniejszej. Jeśli produkcje kończą się w połowie każdego miesiąca, sprzedaż pomiędzy produkcjami będzie wynosiła 15 dniówek (1/30 prognozy miesięcznej)¹¹ prognozy pierwszej i 15 dniówek prognozy drugiej.

Zakładając możliwość niespełnienia wymogów jakościowych przez losową serię (albo zakładając prawdopodobieństwo w postaci średniej wadliwych serii w roku na produkt), zapas do wyprodukowania odniesiony do prognozy musi być powiększony o jedną serię (dla niektórych produktów bardziej zagrożonych jakościowo ze względu na większą trudność procesu wytwarzania).

¹⁰ Pracownicy dostają dodatki za pracę w godzinach nocnych.

¹¹ Dla uproszczenia rachunków w zestawieniach – prognozę danego miesiąca dzielimy przez 30, wtedy dla miesięcy krótszych, np. lutego, będzie to mniejsza dzienna wartość niż rzeczywista, a dla większych 31-dniowych większa dzienna wartość niż rzeczywista.

Analizy błędów prognozy wykazują, w jakim stopniu prognoza się nie sprawdza – błędy są mniejsze lub większe, lecz zawsze występują. Podejście do problemu niespełnienia się prognozy z punktu widzenia planującego produkcję może być dwojakie. Pierwsze zakłada odwołanie się do podziału odpowiedzialności, wedle którego to prognosta odpowiada za niewykonanie bądź większe wykonanie prognozy. Innymi słowy wszystkie negatywne konsekwencje przerzuca się na stronę działu prognoz. Drugie, bardziej międzyobszarowe podejście zakłada prognozowanie błędów prognozy tak, aby móc się na nie przygotować (przy podziale, że strona planująca produkcję odpowiada za braki przy błędach prognozy poniżej dopuszczalnych). Wtedy koordynator łańcucha dostaw dalej planuje produkcję lub zamówienia na podstawie prognozy. Jednak na podstawie historii wie, że jest ona błędna (w mniejszym lub większym stopniu w górę bądź w dół) i na podstawie tej wiedzy wprowadza poprawkę ekspercką do wielkości produkowanych. Działanie delegujące poziomy odpowiedzialności zakłada wyznaczenie prostego wskaźnika w postaci celu błędu prognozy (czyli dopuszczalnego błędu, jaki prognosta może popełnić). Oznacza to wyznaczenie widełek możliwych procentowych błędów prognozy, poniżej których za brak produktu na rynku odpowiada koordynator łańcucha dostaw, a powyżej których – prognozujący.

Najprostszy model wyznaczania poprawki eksperckiej na prognozę z poziomu planisty produkcji wprowadza zasadę pomijania całkowicie błędów prognozy ujemnych, czyli sytuacji niewykonania prognozy. Wielkość produkcji odpowiada więc prognozie (jako wartości – „nie mniej niż”), a w niektórych przypadkach produkcja jest zwiększana (przy dodatnich błędach prognozy). Przy tym prostym modelu zakłada się podejście psychologiczne (Glendon, Clarke, 2016) wobec osoby oceniającej przyczyny braku produktu. Koordynator łańcucha dostaw powiększa każdą z prognoz o 50%, a następnie wylicza poziom takiej powiększonej sprzedaży pomiędzy produkcjami i na taki poziom ustala wielkości produkcyjne. Takie podejście to scenariusz tłumaczenia się przed osobą decyzyjną zgodnie z opisem: „Jeśli każdą z prognoz powiększyłem o połowę i pomimo tego zabrakło produktu, to nie jest już przecież moja wina”.

Widelki te powinny różnić się w zależności od grupy produktowej, a nie być skutkiem praktyki błędów prognozowania – czyli im gorsza historia prognozowania sprzedaży danego produktu, tym większe limity błędów dopuszczamy (przypisanie do każdego indeksu innego dopuszczalnego błędu prognozy może skutkować chaosem i brakiem priorytetyzacji w dziale prognozującym). Jedną z możliwości na określenie mobilizujących celów jest przydzielenie najmniejszego limitu błędu (rzędu 10 lub 20%) dla stabilnych i dających duże wpływy firmie produktów (np. tych z grupy A analizy ABC, klasyfikując wedle wartości sprzedaży rocznej), wyższego limitu błędu dla towarów średnich (rzędu 30 lub 50%) i najwyższego dla nowych towarów. Dla takiego modelu planista produkcji może zawyżać prognozę zawsze do największego dopuszczalnego błędu (np. prognoza plus 20% dla towarów z grupy A i plus 40% dla towarów z grupy B), wiedząc, że każdy brak w takiej

sytuacji będzie odpowiedzialnością działu prognoz. Jednym z dodatkowych zabezpieczeń jest założenie – „nie mniej niż”, czyli decyzja o utrzymywaniu rezerwy na większą sprzedaż na wielkość maksymalnych dopuszczalnych błędów prognozy, lecz nie mniej niż np. 1/3 serii rezerwowych opakowań, czy nie mniej niż 500 rezerwowych opakowań.

2.5. Zapas bezpieczny, czyli prognozowanie błędu prognozy

Przewidywanie wielkościowego błędu prognozy, na który należy się przygotować, sprowadza się do przewidywania nadwyżek sprzedaży w czasie pomiędzy kolejnymi produkcjami. Przewidywana nadwyżka będzie wyznaczać zapas bezpieczny, który należy utrzymywać ponad liczbę sztuk wyznaczoną w prognozie.

Do najprostszych metod wyznaczania wielkości zapasu bezpiecznego, czyli dodatkowej liczby sztuk do wyprodukowania, o jaką prognosta może się pomylić pomiędzy kolejnymi produkcjami (w sytuacji sprzedaży większej niż prognozy), należy analiza historii sprzedaży, błędów prognozy bądź sprzedaży albo wahań przewidywanej prognozy. Wynik w postaci zapasu bezpiecznego na czas pomiędzy produkcjami należy następnie przemnożyć przez czynnik możliwego opóźnienia kolejnej produkcji, wydłużający czas pomiędzy produkcjami.

Zapas bezpieczny może być również określany zewnętrznie, a następnie przeliczany na dni dynamicznie do prognozy. W takim przypadku przy najbardziej podstawowym podejściu określamy okno do wyliczania zapasu bezpiecznego, jakie nakładamy na prognozę. Jeśli okno wynosi np. trzy miesiące, wyliczana jest średnia dzienna wartość prognozy w tym okresie. Następny parametr określa, na ile dni sprzedaży (zakładamy, że sprzedaż będzie równa średniej prognozie w danym oknie) chcemy utrzymywać zapas bezpieczny (np. na półtora miesiąca, czyli 45 dni). Wtedy zapas bezpieczny będzie iloczynem liczby dni oraz wartości dziennej – jest to wyliczenie dynamiczne kroczące wprzód – okno zapasu bezpiecznego (45 dni) będzie przesuwane się każdego dnia o kolejną dzienną wartość prognozy. Kiedy okno prognozy (90 dni) wejdzie na prognozę kolejnego miesiąca, wtedy zmienia się baza do wyliczenia średniej. Jeśli jesteśmy na początku pierwszego miesiąca, a okno prognozy wynosi 90 dni, do wyliczenia średniej zostanie wzięta pod uwagę prognoza trzech kolejnych miesięcy (podzielona przez długość okna, czyli przez 90). Następnie średnia wartość prognozy w tym okresie będzie podstawą do wyliczenia zapasu bezpiecznego (razy 45).

C4		fx	=SUMA(C1:C3)/90
	A	B	C
1	Okno do wyliczenia dniówki = 3 miesiące	Prognoza 1:	500
2		Prognoza 2:	700
3		Prognoza 3:	300
4		Dniówka:	16,67
5		Zapas na dni:	45
6		Zapas bezpieczny:	750

Wzór 9. Zapas bezpieczny wobec prognozy

Źródło: opracowanie własne.

W taki właśnie opisany powyżej sposób, za pomocą dwuczynnikowego iloczynu, wyliczany jest zapas bezpieczny w module planistycznym *ASCP* systemu *eBS ORACLE*. Przy czym parametry wyliczające zapas bezpieczny podawane są w dniach roboczych (np. wartość 22 oznacza 30 dni zwykłych – jeden miesiąc). Taki zapas bezpieczny nie analizuje ani wahań historycznej sprzedaży, ani wahań prognozy, kalkulacja ilościowa musi być wyliczana zewnętrznym, by następnie przedstawić ją w postaci dni albo, co znacznie częściej jest praktykowane – jest to jedynie zgrubne określenie poziomu bezpieczeństwa, które wyznaczane jest przez planistę metodą ekspercką (liczby dni są w wewnętrznych dyskusjach dużo bardziej czytelne i zrozumiałe niż podawanie liczby sztuk opakowań leków).

2.6. Zapas rotujący powiększony o zapas bezpieczny wobec zmienności sprzedaży

Po wyliczeniu wartości zapasu rotującego na podstawie prognozy trzeba określić, o ile prognoza może w czasie reakcji planisty (czas przeglądu zapasów – *R* powiększony o czas pomiędzy decyzją o produkcji nowej partii a zakończeniem badań nowej serii produktu – *LT*) różnić się od sprzedaży. W rezultacie do zapasu rotującego dodajemy jeszcze zapas bezpieczny będący miarą tego błędu (Galar, Sadowski, 2014a).

Klasyczny wzór na zapas bezpieczny mierzy odchylenia wartości sprzedaży w okresie. Miarą zmienności jest odchylenie standardowe. Wzór na zapas bezpieczny stosowany jest tylko w przypadku posiadania danych na temat wystarczającej liczby okresów historycznych i wykorzystywany do formułowania wiarygodnych przypuszczeń o zachowaniu sprzedaży. Dlatego czasami praktycy stosują wzór na odchylenie standardowe populacji, a nie próbki. Przy mierzeniu odchylenia sprzedaży zakładamy, że zapas rotujący wyliczany jest na podstawie średniej sprzedaży. W rezultacie prognozą przyszłej sprzedaży jest

sprzedaż średnia historyczna, która jest powiększana o możliwe jej odchylenia w czasie reakcji planisty – będące zapasem bezpiecznym (zapas rotujący plus zapas bezpieczny).

$$ZB_{\text{w okresie}} = \omega * \sigma_{\text{odchylenie w okresie}}$$

Wzór 10. Zapas bezpieczny

Źródło: opracowanie własne.

Parametr bezpieczeństwa (ω) będzie krotnością odchylenia standardowego wahań historycznych. Jego wartość może być pobrana z tablicy rozkładu normalnego standaryzowanego albo z tablic innych rozkładów. Prawdopodobieństwo wyznaczające w tablicy pozycję będzie różnicą między jednością a poziomem ryzyka, jakie jest akceptowalne.

Dla przykładu powiedzmy, że dopuszczalne ryzyko braku dla danego produktu przyjmujemy na poziomie 1%, wtedy jeśli założymy, że sprzedaż będzie zmieniała się zgodnie z rozkładem normalnym, wartość parametru bezpieczeństwa wyliczymy automatycznie z funkcji ROZKŁAD.NORMALNY.S.ODW() dla wartości 99%.

$$=ROZKŁAD.NORMALNY.S.ODW(99\%)=2,33=\omega$$

Wzór 11. Funkcja określająca wartość parametru bezpieczeństwa

Źródło: opracowanie własne.

Jeżeli chcemy posłużyć się miarą odchylenia wobec sprzedaży, wtedy musimy odnieść odchylenie do miary czasu, w jakim mierzymy sprzedaż (np. $R+LT$ podane jako krotność miesiąca). Źródłem parametru bezpieczeństwa może być również np. tablica rozkładów wykładniczego i Poissona. W praktyce analitycznej korzysta się zwykle z tych trzech, gdyż można dla nich szybko automatyzować obliczenia parametrów bezpieczeństwa. W przypadku domyślnego rozkładu normalnego parametr bezpieczeństwa wylicza funkcja. W przypadku dwóch kolejnych rozkładów trzeba zbudować tabelę pomocniczą z wartościami procentowymi w jednej kolumnie i parametrami bezpieczeństwa dla odpowiednich rozkładów w kolejnej. Następnie korzysta się z testów statystycznych – do wyboru odpowiedniego rozkładu. Rozkład danych odpowiada w przybliżeniu rozkładowi wykładniczemu, jeśli odchylenie standardowe podzielone przez średnią oscyluje w sąsiedztwie jedności (z tolerancją np. +/- 20%), a z rozkładu Poissona, gdy kwadrat odchylenia standardowego podzielony przez średnią oscyluje w sąsiedztwie jedności. Jeśli oba powyższe warunki nie są spełnione, przydzielamy rozkład domyślny, czyli rozkład normalny.

$$ZB_{R+LT} = \omega_{99\%} * \sqrt{R+LT} * \sigma_{\text{miesięczne}}$$

Wzór 12. Zapas bezpieczny w czasie reakcji

Źródło: opracowanie własne.

Do powyższego wzoru pod wartość LT wstawiamy łączny czas wytwarzania, czyli sumę czasów każdego z etapów wytwarzania (są nimi: przygotowanie do produkcji, produkcja, pakowanie, zwolnienie). Powinien to być maksymalny czas wykonania każdego z etapów wytwarzania, gdyż powyższy wzór nie zakłada opóźnień w produkcji. Poniżej wzór na zapas bezpieczny pojedynczego etapu, jakim jest przykładowo etap badań jakościowych produktu, czyli etap zwalniania do obrotu.

$$ZB_{\text{prod.}} = \omega_{99\%} * \sqrt{\text{maksymalny czas zwalniania do obrotu}} * \sigma_{\text{miesięczne}}$$

Wzór 13. Zapas bezpieczny w czasie etapu zwalniania do obrotu

Źródło: opracowanie własne.

Etap przygotowania do produkcji jest to czas przeglądu zapasu (R) i nie podlega on opóźnieniom. Jednakże sama produkcja, pakowanie i zwolnienie mogą ulec opóźnieniom. Jest to ryzyko, na które należy się przygotować, dlatego dysponując dostępem do czasów utworzenia dokumentów magazynowych w systemie *ERP* oraz czasów zwolnienia (niekiedy przechowywanych w oddzielnym podsystemie zapewnienia jakości), możemy utworzyć bazę średnich czasów każdego z etapów wytwarzania oraz ich odchyłeń standardowych. Na tej podstawie, po przeliczeniu tych czasów na miesiące, możemy skorzystać z bardziej skomplikowanego modelu, który pozwoli sterować ryzykiem opóźnienia każdego z etapów wytwarzania.

Zgodnie z nim wyliczamy zapas bezpieczny etapu, biorąc pod uwagę wypadkową odchylenia popytu w czasie jego trwania oraz możliwego odchylenia czasu trwania. Ryzyko opóźnień przelicza się na liczbę sztuk wynikającą z wahań popytu dla możliwego czasu opóźnień, mnożąc wartość losową czasu przez średnią intensywność popytu. Skoro odchylenie standardowe różnicy dwóch zmiennych losowych jest pierwiastkiem sumy kwadratów ich odchyłeń standardowych, wtedy wzór przybiera następującą postać:

$$ZB_{\text{prod.}} = \omega_{99\%} * \sqrt{(\sigma_{\text{miesięczne}})^2 * (\text{Śr. czas produkcji}) + (\sigma_{\text{czasu prod.}})^2 * \text{Sprzedaż}_{\text{śr}}^2}$$

Wzór 14. Zapas bezpieczny w czasie etapu produkcji z opóźnieniami czasu produkcji

Źródło: opracowanie własne.

Analogicznie wprowadzamy możliwe opóźnienia etapu pakowania i zwolnienia (potwierdzenie jakości i wypełnienia dokumentacji ang. *MAH*¹²) na podstawie danych o odchyleniach czasów historycznych.

$$ZB_{\text{pak.}} = \omega_{99\%} * \sqrt{(\sigma_{\text{miesięczne}})^2 * (\text{Śr. czas pakowania}) + (\sigma_{\text{czasu pak.}})^2 * \text{Sprzedaż}_{\text{śr}}^2}$$

Wzór 15. Zapas bezpieczny w czasie etapu pakowania z opóźnieniami czasu pakowania

Źródło: opracowanie własne.

¹² Marketing Authorization Holder.

$$ZB_{\text{zwol.}} = \omega_{99\%} * \sqrt{(\sigma_{\text{miesięczne}})^2 * (\text{Śr. czas zwolnienia}) + (\sigma_{\text{czasu zwol.}})^2} * \text{Sprzedaż}_{\text{śr}}^2$$

Wzór 16. Zapas bezpieczny w czasie etapu zwolnienia z opóźnieniami czasu zwolnienia

Źródło: opracowanie własne.

Po zsumowaniu zapasów bezpiecznych każdego z etapów, powiększonych o liczby sztuk opakowań popytu wynikające z opóźnień z każdego etapu procesu oraz o czas dostawy do odbiorcy D (jeśli hurtownie nie odbierają produktów samodzielnie, lecz sprzedaż odbywa się przez dystrybutora logistycznego, trzeba uwzględnić dodatkowo jego czas reakcji – tutaj przyjmujemy, że nie podlega on wahaniom ze względu na powtarzalność procesu kompletacji), otrzymujemy kompletny wzór na zapas bezpieczny w czasie reakcji planisty, wyprowadzany z wahań historycznej sprzedaży.

$$ZB_{\text{czasu reakcji}} = \omega_{99\%} * \sqrt{R} * \sigma_{\text{mies.}} + ZB_{\text{prod. 99\%}} + ZB_{\text{pak. 99\%}} + ZB_{\text{zwol. 99\%}} + \omega_{99\%} * \sqrt{D} * \sigma_{\text{mies.}}$$

Wzór 17. Zapas bezpieczny wobec wahań historycznej sprzedaży

Źródło: opracowanie własne.

W powyższym wzorze możemy określać poziomy zabezpieczenia dla każdego z etapów produkcyjnych (np. 99%), jednakże procentowy poziom zabezpieczenia każdego z etapów powinien być pozostawiony na podobnym poziomie, gdyż odnosi się on do zmiennej niezależnej od natury procesów produkcyjnych.

2.7. Zapas rotujący powiększony o zapas bezpieczny wobec zmienności prognozy

Zapas rotujący liczony metodą sumy prognozy w czasie reakcji powinien być powiększony o zapas bezpieczny. Przedstawiona poniżej metoda obliczania zapasu bezpiecznego zakłada, że prognoza jest tak dobra, że zamiast zmienności sprzedaży historycznej analizować możemy zmienność prognozy (traktując to jako podstawę do wyliczenia zapasu bezpiecznego). Przy klasycznym spojrzeniu zakłada się, że sprzedaż przyszła będzie równa historycznej sprzedaży średniej (zapas rotujący), dlatego addytywnym wobec tego założenia zapasem bezpiecznym będzie odchylenie od średniej na podstawie analizy sprzedaży historycznej (biorąc pod uwagę odchylenie standardowe oraz rozkład normalny standaryzowany). Innymi słowy klasyczne podejście zakłada prognozę sprzedaży przyszłej na poziomie historycznej sprzedaży średniej, potem pytamy, jak ryzykowne i jakim błędem może być obarczone takie założenie. Odpowiedzią jest zapas bezpieczny oparty o przeszłe dane na temat odchylenia sprzedaży od jej średniej.

Jednak gdy zapas rotujący jest oparty o dokładną prognozę, założenie, że zapas rotujący będzie się nie sprawdzał tak jak historyczne wahania sprzedaży od jej średniej, jest przesadzone. Zapas rotujący oparty o prognozę pozwala się odnieść do historycznych odchyłeń sprzedaży od prognozy (o ile sprzedaż różni się od prognozy – mierzymy więc błąd sprzedaży, a nie błąd prognozy). Innymi słowy badamy tutaj przeszłą dokładność prognozowania, aby na jej podstawie wyciągnąć wnioski o ryzyku dla błędów prognozowania w przyszłości.

Zapas rotujący jako suma prognozy zakłada, że prognoza sprawdzi się w 100%. Dlatego żeby mitygować ryzyko tego założenia, trzeba sformułować zapas bezpieczny odpowiadający na pytanie, o ile (w sensie liczby sztuk opakowań produktu) prognoza może pomylić się w czasie reakcji osoby planującej. Zapas bezpieczny biorący pod uwagę błąd prognozy, tak samo jak zapas rotujący, powinien uwzględniać możliwe opóźnienia procesu, wyliczając pełen czas reakcji (przegląd zapasu, czas etapów produkcji i zwolnienia wraz z ich opóźnieniami oraz czas dostawy do klienta przez operatora logistycznego).

Teoretycznie im bardziej zmienna jest prognoza, tym większe jest ryzyko, że sprzedaż przekroczy prognozę, a więc zapas rotujący się wyczerpie. Dlatego prostą i naiwną metodą jest zastąpienie we wzorach na zapas bezpieczny zmienności popytu odchyleniem standardowym zmienności miesięcznej prognozy. Przy takiej podmianie sprzedaży na prognozę trzeba poczynić założenie zachowania porównywalnej skali odchyłeń prognozy wobec rzeczywistej sprzedaży (prognoza nie może więc być formułowana w sposób naiwny – jako średnia sprzedaż razy stała wzrostu bądź spadku, lub inną metodą, która zaowocuje prognozą niezmienną z miesiąca na miesiąc). Ponieważ prawidłowo formułowana prognoza oscyluje wokół średniej historycznej sprzedaży, przy wyliczaniu ryzyka nadal można posługiwać się rozkładem normalnym dla wyliczania prawdopodobieństwa odchyłeń.

$$ZB_{CR} = \omega_{99\%} * \sqrt{R} * \sigma_{\text{prog. mies.}} + ZB_{\text{prod. 99\%}} + ZB_{\text{pak. 99\%}} + ZB_{\text{zvol. 99\%}} + \omega_{99\%} * \sqrt{D} * \sigma_{\text{prog. mies.}}$$

Wzór 18. Zapas bezpieczny wobec wahań prognozy

Źródło: opracowanie własne.

Powyższy zapas bezpieczny jest szczególnie przydatny w przypadku nowych towarów tzw. *New Launchy*, gdyż wobec jeszcze niesprzedawanych leków nie posiadamy historii sprzedaży. Stąd najlepszym odniesieniem wahań, które mogą posłużyć do wyliczenia ryzyka, są wahania prognozy.

Tak wyliczony zapas bezpieczny powiększony o zapas rotujący sumy prognozy w czasie reakcji wylicza zapas minimalny, jaki można utrzymywać bez podejmowania decyzji o kolejnej produkcji. Jeśli zapas czasu reakcji zastąpimy czasem pomiędzy produkcjami, wyliczymy zapas maksymalny, jaki można utrzymywać na magazynie.

$$Z_{MAX} = ZB_{\text{pomiędzy prod.}} + ZR_{\text{pomiędzy prod.}}$$

Wzór 19. Zapas maksymalny przy stałym czasie pomiędzy produkcjami

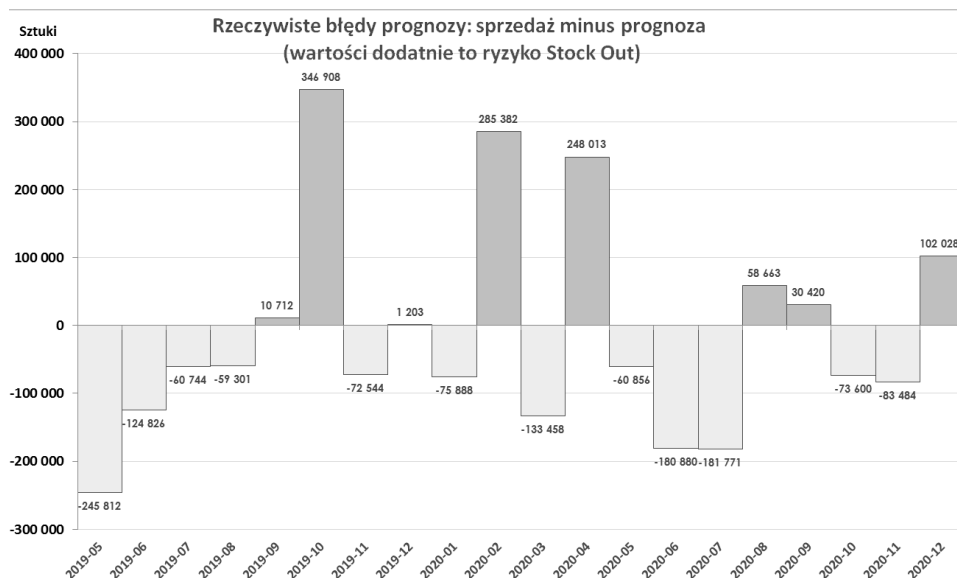
Źródło: opracowanie własne.

Zapas ten będzie maksymalny, ponieważ czas pomiędzy produkcjami determinuje okres sprzedaży, w którym nie możemy uzupełnić zapasu. Okres ten uwzględnia opóźnienia produkcji. Dlatego maksymalna sprzedaż w tym okresie wynosi: prognoza do czasu następnej produkcji (ZR) powiększona o możliwość błędu tej prognozy (ZB). Jeśli obie wielkości wyliczone są prawidłowo – nie ma potrzeby utrzymywania większej liczby sztuk opakowań. Jeśli w okresie do zwolnienia i dowiezienia do operatora logistycznego następnej partii produkcyjnej zabraknie wyrobu gotowego, należy zmodyfikować założenia odnośnie do sposobu wyliczania zapasu bezpiecznego bądź zwiększyć poziom procentowy ryzyka braku, na jaki się przygotowujemy – nie ma potrzeby utrzymywania innego dodatkowego zapasu.

2.8. Zapas rotujący powiększony o zapas bezpieczny wobec różnicy sprzedaży i prognozy

Z punktu widzenia analizy danych historycznych liczą się tylko błędy prognozy, które są dodatnie (sprzedaż minus prognoza), bo tylko takie błędy zwiększają ryzyko braku, gdy sprzedaż jest większa niż prognoza (jej bilans w czasie reakcji¹³). Na poniższym wykresie różnic pomiędzy sprzedażą i prognozą będą to tylko dodatnie wartości.

13 Czas pomiędzy produkcjami niekiedy będzie dłuższy niż czas reakcji, np. z powodu próby połączenia produkcji wielu serii w jednej kampanii, co owocuje niższymi kosztami produkcji – jednostkowymi. Dlatego maksymalny zapas, jaki może być utrzymywany, to ZR + ZB czasu pomiędzy produkcjami. Z kolei minimalnym zapasem, jaki nadal gwarantuje mitygację ryzyka braku, jest ZR + ZB czasu reakcji. Jeśli czas reakcji jest krótszy niż czas pomiędzy produkcjami, powinno wyznaczyć się pośredni czas, do którego odnosimy czas ZB i ZR (np. potrafimy produkować co 2 miesiące, optymalnie chcemy co 4 miesiące, ale zapas utrzymujemy na 3, bo nie zawsze skonsumujemy zapas bezpieczny, przez co częstotliwość kampanii będzie oscylowała wokół kolejnej produkcji raz na kwartał).



Wykres 7. Błędy prognozy z podkreśleniem wartości

Źródło: opracowanie własne.

Jeżeli we wzorze na zapas bezpieczny zastąpimy odchylenie standardowe sprzedaży odchyleniem nadwyżki sprzedaży nad prognozą, wtedy zwykle tracimy około połowę wartości (przy założeniu oscylacji prognozy wokół sprzedaży). Co więcej, mierzona odchyleniem nadwyżka prawie na pewno nie będzie już oscylowała wobec średniej, zgodnie z rozkładem normalnym. Oznacza to, że domyślny rozkład służący do wyliczania parametru bezpieczeństwa musimy zastąpić rozkładem bardziej stromym, np. wykładniczym, generującym przy tym samym poziomie procentowym dużo wyższe wartości (np. przy rozkładzie normalnym poziom 99% oznacza zabezpieczenie na 2,33 krotności odchylenia standardowego, a przy wykładniczym już 3,605) (Galar, Sadowski, 2014b).

$$ZB_{CR} = \omega_{w.99\%} * \sqrt{R} * \sigma_{nadwyżki} + ZB_{prod. w.99\%} + ZB_{pak. w.99\%} + ZB_{zwol. w.99\%} + \omega_{w.99\%} * \sqrt{D} * \sigma_{nadwyżki}$$

Wzór 20. Zapas bezpieczny wobec nadwyżek prognozy

Źródło: opracowanie własne.

Rozdział 3

Zaawansowane metody oceny i analizy czynników ryzyka planowania produkcji

3.1. Rotacja rzeczywista jako wskaźnik oceny zapasów

Wszelkie decyzje związane z poziomem zapasów muszą uwzględniać czynnik profesjonalizacji kadry specjalistów¹. Ich zbiorowe osiągnięcia (głównie działu prognoz, planowania produkcji i zaopatrzenia) przekładają się na poziom wypełnienia wskaźników oceny zapasów, a właściwie na proporcję wskaźnika rotacji (czyli zgrubnej miary uzasadnienia dla poziomu kapitału zamrożonego w zapasach) przekładającego się na poziom obsługi klienta (ang. *OTIF*) (Sutton, 2015). Zarządzanie łańcuchem dostaw (Chang, Makatsoris, Richards, 2004) to nieustanne zmaganie się z utrzymaniem najwyższej elastyczności klienta wobec jak najniższego zapasu i kosztów produkcji. Takie kompleksowe ujęcie problemu pozwala na wypracowanie strategii uwzględniającej wszystkie trzy czynniki z odpowiednią wagą². Jeśli wskaźnik wydajności produkcji będzie wydzielony i będzie w kompetencji dyrektora produkcji, wtedy konieczne jest wdrożenie procesu spotkań *S&OP*³ wypracowującego w każdym miesiącu konsensus odnośnie do planów produkcji⁴. W tym przypadku zarządzanie łańcuchem dostaw odbywa się w sposób

- 1 Profesjonalizacja kadry managerskiej nie ma tutaj znaczenia, bo to nie kierownicy wykonują tę pracę, a szeregowy pracownik nie może wykonywać skomplikowanych zadań, które rozumie tylko kierownik, ponieważ nie ma on możliwości prowadzenia stałego nadzoru.
- 2 Waga wynika z równania wpływów uśrednionych na każdy kolejny punkt procentowy poziomu obsługi klienta, w stosunku do wzrostu kosztów utrzymywania zapasów na każdy punkt procentowy poziomu obsługi klienta oraz wzrostu kosztów jednostkowych produkcji poprzez brak możliwości prowadzenia zbiorczych kampanii.
- 3 *Sales and Operations Planning*.
- 4 Przy tym schemacie dochodzi do ciągłych konfliktów pomiędzy zespołem planistów i wykonawców, czyli stroną produkcyjną obszaru operacyjnego, spowodowanych sprzecznością celów – niskie koszty wytworzenia, niska rotacja (wysoki *OTIF*, o który „walczy” – gdyż z tym

uproszczony jako balansowanie pomiędzy poprawą wskaźnika *OTIF* i obniżeniem wskaźnika rotacji.

Podstawą strategii w zarządzaniu zapasami jest próba utrzymania wskaźnika *OTIF* – w pierwszym roku na jak najwyższym poziomie, bez względu na rotację. Po spełnieniu tego celu, za wyjątkiem niewielu losowych przypadków, próbujemy w kolejnych latach obniżyć wskaźnik rotacji – przy zachowaniu tego samego poziomu *OTIF*. Próba ta wiąże się nie tylko z naciskiem na większą motywację zespołu⁵, lecz przede wszystkim z profesjonalizacją narzędzi mających przewidywać ryzyko i mitygować je.

Ocena wskaźnika poziomu obsługi klienta w danym roku może być przeliczona tuż po jego zakończeniu. Jednak prawidłowa ocena działania (poziomu profesjonalizacji zespołu) może być dokonana dopiero po porównaniu poziomu obsługi klienta do poziomu zapasów. Poziom zapasów liczony jako wartość (kapitał zamrożony) zawyża wielkość wskaźnika rotacji wobec rzeczywistego poziomu zapasów wobec sprzedaży – mierzonego rotacją rzeczywistą (rotacja liczona jako zapasy w roku do sprzedaży tego roku będzie większa niż rotacja rzeczywista zapasów), jeśli sprzedaż rośnie, a zaniża go, jeśli w trakcie roku sprzedaż spada.

Żeby w pełni sprawiedliwie ocenić poziom zapasów, należy obliczyć rotację rzeczywistą, czyli średni czas wyprzedaży (zużycia w przypadku surowców) zapasów. W praktyce taką analizę można wykonać mniej więcej w połowie roku, za rok poprzedni (przy założeniu, że maksymalny czas zużycia surowców i zapasów nie przekracza 180 dni)⁶.

W przypadku firmy farmaceutycznej o stabilnym portfolio produktów te różnice nie mają dużego znaczenia, lecz w przypadku firmy rozwijającej się, innowacyjnej (Glau, Scherer, Zagst, 2013), zdobywającej nowe rynki i sprzedającej nowe leki – wzrost sprzedaży może być przyczyną nieuzasadnionej i negatywnej oceny pracy zespołu⁷.

związane są premie – strona sprzedażowa, jest również sprzeczny z celem niskiej rotacji, lecz tutaj rzadziej dochodzi do konfliktów z powodu fizycznego oddzielenia strony sprzedażowej i obszaru operacyjnego oraz z powodu buforu w postaci schematu organizacji, zwykle występuje zakaz kontaktów bezpośrednich pomiędzy szeregowymi pracownikami sprzedaży i planowania).

- 5 Poprzez szkolenia zewnętrzne – wzajemne przekazywanie najlepszych praktyk, budowanie algorytmizujących pracę narzędzi oraz przede wszystkich poprzez budowanie zachęt do podnoszenia kwalifikacji i poprzez horyzontalne ścieżki kariery (nie każdy może i powinien zostać kierownikiem, ponieważ pomimo profesjonalizmu na stanowiska managerskie powinno się delegować ludzi posiadających umiejętności miękkie, dlatego tradycyjna wertykalna droga awansu nie motywuje każdego).
- 6 Tak, aby wyprzedawać zapas do historii sprzedaży, a nie do prognozy.
- 7 Jest to podwójnie niebezpieczne, ponieważ w firmach rozwijających się jest to zwykle zespół współpracujący ze sobą od niedawna (jeśli firma się dynamicznie rozwija, to była dopiero co sformowana przez zakup lub przyjmuje nowych pracowników do obsługi rosnącego portfolio) i dopiero poznający swoje możliwości, nie powinien więc być on krytykowany bez powodu, gdyż bardzo szybko obniża to poziom motywacji, a wraz z tym kreatywność.

Jak wielka może być różnica pomiędzy rzeczywistym czasem wyprzedaży a rotacją wynikającą ze wskaźnika? Dla przykładu powiedzmy, że mamy trzy towary, A, B, i C, dla których utrzymujemy zapas w postaci liczby sztuk sprzedaży na dwa kolejne miesiące powiększone o 50%⁸, przy wzroście sprzedaży w roku, odpowiednio dla A, B i C, rzędu 20%, 10% i 5% z miesiąca na miesiąc. Przy czym największy wzrost będzie dotyczył małej wartości sprzedaży produktu A: sprzedaż na koniec poprzedniego roku = 200, średni produktu B: sprzedaż na koniec poprzedniego roku = 800, oraz najmniejszy produktu C: sprzedaż na koniec poprzedniego roku = 5000.

Dla takiego wzrostu sprzedaży oraz odpowiadającego jej wzrostu zapasów zabezpieczających policzymy rotację miesięczną *ex post* oraz rotację rzeczywistą. Wzór na rotację rzeczywistą jest prostszy, gdyż dotyczy zestawienia danych wertykalnych do czterech okresów wprzód, bez konieczności definiowania źródeł danych dla konkretnych okresów, gdyż są nimi kolejne komórki. Poczynając od zapasu na miesiąc pierwszy (Zapas_M1), który będzie wyprzedawany przez kolejne prognozy, poczynając od kolejnego miesiąca (Sprzedaż_M2) oraz miesięcy następujących (Sprzedaż_M3, Sprzedaż_M4, Sprzedaż_M5).

```
=JEŻELI(Zapas_M1>Sprzedaż_M2;JEŻELI((Zapas>(Sprzedaż_M2+Sprzedaż_M3));
JEŻELI((Zapas_M1>(Sprzedaż_M2+Sprzedaż_M3+Sprzedaż_M4));
JEŻELI((Zapas_M1>(Sprzedaż_M2+Sprzedaż_M3+Sprzedaż_M4+Sprzedaż_M5));
"N";(90+(Zapas_M1-(Sprzedaż_M2+Sprzedaż_M3+Sprzedaż_M4))/Sprzedaż_M5*30));
(60+(Zapas_M1-(Sprzedaż_M2+Sprzedaż_M3))/Sprzedaż_M4*30));
(30+(Zapas_M1-(Sprzedaż_M2))/Sprzedaż_M3*30));
Zapas_M1/Sprzedaż_M2*30)
```

Wzór 21. Rotacja rzeczywista dla danych wertykalnych

Źródło: opracowanie własne.

We wszystkich przykładowych produktach utrzymywano zapas na zaledwie dwa miesiące (z zapasem bezpiecznym równym 50% prognozy). Rotacja liczona metodą klasyczną dla produktu A wynosi 119 dni. Jest zawyżona do rzeczywistego czasu wyprzedaż zapasów o 36 dni, czyli 43%. Rotacja liczona metodą klasyczną dla produktu B wynosi 104 dni. Jest zawyżona do rzeczywistego czasu wyprzedaż zapasów o 18 dni, czyli 21%. Rotacja liczona metodą klasyczną dla produktu C wynosi 97 dni. Jest zawyżona do rzeczywistego czasu wyprzedaż zapasów o 9 dni, czyli 10%.

Po konstatacji, że rotacja towaru może być nawet około dwukrotnie bardziej zawyżona (procentowo) w stosunku do poziomu miesięcznego wzrostu sprzedaży, na przykładzie teoretycznym możemy ukazać powyższą zależność na danych przekształconych z danych rzeczywistych o zapasach i sprzedaży leków, otrzymując dane o innych wartościach niż historyczne, ale z zachowaniem proporcji (dane rzeczywiste wartościowe wymnożone przez stałą).

⁸ Założenie, że zapas bezpieczny wynosi 50% zapasu rotującego.

Tabela 9. Rotacja miesięczna ex post

Towar A				Zawyżenie:	3 169 453 zł
Różnica dni: 3	Rocznie:	77		74	5%
Miesiąc	Zapas A	Sprzedaż A	Rotacja ex post	Rotacja rzeczywista	Różnica
1	137 795 zł	23 580 zł	175	83	111%
2	161 375 zł	72 086 zł	67	106	-37%
3	108 200 zł	20 435 zł	159	65	145%
4	128 634 zł	59 522 zł	65	75	-13%
5	99 961 zł	36 268 zł	83	56	48%
6	81 680 zł	82 233 zł	30	55	-45%
7	102 236 zł	20 822 zł	147	47	213%
8	123 017 zł	73 193 zł	50	68	-26%
9	95 037 zł	52 520 zł	54	45	20%
10	147 557 zł	44 645 zł	99	62	60%
11	192 274 zł	99 086 zł	58	104	-44%
12	243 331 zł	45 780 zł	159	120	33%

Towar B				Zawyżenie:	4 030 094 zł
Różnica dni: 18	Rocznie:	159		141	13%
Miesiąc	Zapas B	Sprzedaż B	Rotacja ex post	Rotacja rzeczywista	Różnica
1	107 494 zł	14 410 zł	224	139	61%
2	121 904 zł	22 022 zł	166	152	9%
3	143 926 zł	22 748 zł	190	148	28%
4	166 674 zł	7 700 zł	649	130	399%
5	174 374 zł	29 678 zł	176	114	54%
6	138 076 zł	41 008 zł	101	85	19%
7	179 089 zł	16 500 zł	326	89	266%
8	128 967 zł	51 733 zł	75	61	23%
9	180 700 zł	82 918 zł	65	155	-58%
10	263 619 zł	45 825 zł	173	220	-21%
11	309 444 zł	13 398 zł	693	224	209%
12	223 137 zł	55 132 zł	121	173	-30%

Towar C				Zawyżenie:	13 406 692 zł
Różnica dni: 5	Rocznie:	87		82	6%
Miesiąc	Zapas C	Sprzedaż C	Rotacja ex post	Rotacja rzeczywista	Różnica
1	555 575 zł	97 824 zł	170	76	124%
2	653 399 zł	227 580 zł	86	105	-18%
3	881 039 zł	261 274 zł	101	133	-24%
4	840 913 zł	125 074 zł	202	114	77%
5	600 263 zł	168 574 zł	107	75	43%
6	466 970 zł	202 519 zł	69	54	28%
7	601 087 zł	283 258 zł	64	98	-35%
8	607 745 zł	231 526 zł	79	102	-23%
9	362 422 zł	219 190 zł	50	69	-28%
10	382 628 zł	106 099 zł	108	52	108%
11	488 736 zł	165 307 zł	89	52	71%
12	446 366 zł	294 622 zł	45	55	-18%

Źródło: opracowanie własne.

Rotacja liczona metodą klasyczną dla produktu A wynosi 77 dni. Jest zawyżona do rzeczywistego czasu wyprzedaż zapasów o 3 dni, czyli o 5%. Rotacja liczona metodą klasyczną dla produktu B wynosi 159 dni. Jest zawyżona do rzeczywistego czasu wyprzedaż zapasów o 18 dni, czyli o 13%. Rotacja liczona metodą klasyczną dla produktu C wynosi 87 dni. Jest zawyżona do rzeczywistego czasu wyprzedaż zapasów o 5 dni, czyli o 6%. Rotacja zbiorcza dla grupy 3 produktów liczona metodą klasyczną wynosi 93 dni. Jest zawyżona do rzeczywistego czasu wyprzedaż zapasów o 6 dni, czyli o 7%.

Powyższa siedmioprocentowa różnica, biorąc pod uwagę realia możliwej korekty wskaźnika celu rotacji w zakładzie farmaceutycznym z roku na rok, jest istotna. Cel rotacji rocznej jest regulowany zwykle o 5 lub mniejszą liczbę dni każdego roku.

Jeśli zespół operacyjnie zarządzający zapasem (progności, planiści, harmonogramiści, produkcja, zaopatrzenie, a nawet zapewnienie jakości może być oceniane wedle tego wskaźnika) pracował na poziomie celu rotacji *ex post* np. 100 dni i wskaźnik ten został dotrzymany, i na kolejny rok cel rotacji został obniżony do np. 97 dni, a rotacja wyniosła np. 101 dni, wykazanie, że w rzeczywistości wyjście na taka wartość wskaźnika spowodowane było wzrostem sprzedaży, a zespół realnie poprawił swoją pracę o np. 6 dni rotacji, przez co cel w postaci 97 dni został zrealizowany, jest krytycznie ważne⁹. Wykształcenie specjalisty, np. koordynatora łańcucha dostaw trwa około 3 lat¹⁰ samej pracy zawodowej. Z kolei samo przyuczenie do pracy przed wzięciem odpowiedzialności za decyzje trwa około pół roku. Dlatego posługiwanie się korektami na wskaźniki księgowe pozwala na lepszą atmosferę pracy w zespołach, które długo się kompletuje na rynku.

3.2. Zapas wynikający z trendu sprzedaży

Dla towarów ze sprzedażą bardzo silnie rosnącą posługiwanie się zapasem bezpiecznym jest niezwykle utrudnione. Zapas bezpieczny wyliczony z odchyień od średniej historycznej sprzedaży w ogóle się nie sprawdza, bo sprzedaż przyszła nie odzwierciedla przeszłego poziomu średniego.

Co więcej, im dłuższy okres historyczny weźmiemy w takim przypadku do obliczeń, tym niższa będzie średnia w stosunku do poziomu sprzedaży przyszłej i tym bardziej niedoszacowany będzie zapas bezpieczny. Przy wzroście 5% z okresu na okres – zapas bezpieczny o przykładowym poziomie zabezpieczenia 99% (rozkład normalny) na okres 2 miesięcy, w stosunku do kolejnych dwóch miesięcy stanowi 20% sprzedaży, dla 10% wzrostu 29%, przy 20% wzrostu 34%. Pomimo tego, że poziom zapasu bezpiecznego w proporcji rośnie, to wzrost ten jest niewystarczający. Luka pomiędzy zapasem rotującym na dwa miesiące i zapasem bezpiecznym a faktycznym wynikającym ze wzrostu sprzedaży popytem rośnie, ZB+ZR w stosunku do sprzedaży na kolejne dwa miesiące rośnie z 9% dla 5%, na 20% dla 10%, do 49% dla 20% wzrostu.

9 Roczne cele wskaźników przekładają się bowiem na premie roczne obszaru operacyjnego stanowiące około kilkunastu procent rocznych zarobków.

10 Analiza przeprowadzona przez firmę Microsoft odnośnie do możliwości przejścia od podwykonawcy produkcji pewnej gałęzi łańcucha dostaw wykazała, że proces transformacji zająłby trzy lata z powodu tak długiego okresu przyuczania kadry na stanowiska: koordynatora łańcucha dostaw.

Standardowy wzór na zapas rotujący (ZR) zakłada prognozę średniej sprzedaży, błędem takiej prognozy będzie (ZB) miara odchylenia historycznego sprzedaży od średniej. Jeśli wprowadzamy w życie prognozowanie liniowe, miarą prognozy zapasu (ZR) na kolejne dwa okresy jest suma prognozy liniowej sprzedaży dla okresu +1 i okresu +2. Jednak jeśli prognozujemy liniowo (a nie do średniej), to miarą błędu prognozy liniowej nie jest już odchylenie od średniej, tylko odchylenie od trendu.

Dlatego wzór na odchylenie standardowe, a więc pierwiastek z wariancji, czyli kwadratów różnic pomiędzy historyczną sprzedażą a średnią sprzedaży, zastępujemy wzorem na odchylenie sprzedaży (np. z 12 ostatnich okresów) do trendu.

$$\sigma_{\text{Sprzedaży}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{12} (X_i - X_{\text{średnie}})^2}{12}}$$

Wzór 22. Wzór na odchylenie standardowe

Źródło: opracowanie własne.

Linia trendu z kolei to regresja liniowa, czyli prosta ($y = ax + b$, gdzie: a – to kąt nachylenia prostej, b – to punkt początkowy prostej, dla x o wartościach numerów kolejnych okresów) najlepiej dopasowana do wartości historycznej sprzedaży, metodą najmniejszych kwadratów. Współczynniki a oraz b są wynikiem układu równań z dwiema niewiadomymi, do którego prowadzi nas przyrównanie do zera pochodnych cząstkowych, po każdej zmiennej, funkcji dwóch zmiennych w postaci:

$$S(a, b) = \sigma_{\text{tr}} = \sum_{i=1}^{12} (y_i - y(x_i))^2 = \sum_{i=1}^{12} (y_i - (ax_i + b))^2$$

Wzór 23. Wzór na linię trendu

Źródło: opracowanie własne.

W praktyce biznesowej współczynnik „ a ” wyliczamy funkcją NACHYLENIE(), a współczynnik „ b ” funkcją ODCIĘTA(), w których odwołujemy się do komórek z wartościami sprzedaży oraz kolejnymi numerami okresów (wartości y oraz wartości x). Następnie odejmujemy wartości funkcji linii trendu od wartości sprzedaży, podnosząc wynik do kwadratu, dzielimy przez liczbę okresów i wyciągamy kwadratowy pierwiastek.

$$\sigma_{\text{tr}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{12} (x_i - t_i)^2}{12}}$$

Wzór 24. Wzór na odchylenie od trendu

Źródło: opracowanie własne.

Zastąpienie wyliczeń zapasów ZB+ZR trendem liniowym pozwala lepiej zabezpieczyć się przed problemem wzrostu. Liniowa prognoza na dwa kolejne okresy pozwala zredukować lukę wobec sprzedaży odpowiednio do 2% dla 5% wzrostu, 7% dla 10% wzrostu i 22% dla 20% wzrostu sprzedaży.

Powyższa metoda przydaje się w tzw. „naiwnym prognozowaniu”, kiedy chcemy przewidzieć sprzedaż konkretnego magazynu, a nie całego poziomu *ex factory*, który opracowywany jest przez prognostów. W praktyce najpierw określamy współczynnik „a” (NACHYLENIE()) dla wszystkich towarów, następnie zapas prognozujemy metodą ZR+ZB liczoną do średniej, przy braku wzrostu i przy trendzie malejącym historii sprzedaży, a przy trendzie rosnącym (dla $a > 0$) posługujemy się powyższą metodą, uwzględniającą wzrosty popytu.

Jednocześnie przełożenie tak podstawowej i prostej metody do w pełni profesjonalnego prognozowania wymaga stworzenia drzewa decyzyjnego modelu regresyjnego, co w praktyce oznacza stworzenie bazy danych, kiedy zastosować jaki model, a z użyciem regresji liniowej (kiedy wszystkie wykorzystywane modele są liniowe) oznacza przyporządkowanie długości okresu danych historycznych branego pod uwagę do wyliczenia trendu liniowego, w zależności od typu albo nawet przy rozpoznawaniu charakterystyki sprzedaży konkretnego wyrobu gotowego (dla towarów z wyrównaną sprzedażą okresy powinny być długie, dla towarów sezonowych dostosowane do długości sezonu).

3.3. Automatyczne raporty sytuacyjne

W celu minimalizacji ryzyka osoby zaangażowane w proces muszą korzystać z raportów z jak najmniejszą liczbą błędów. Ten truizm nabiera znaczenia w momencie, w którym zdamy sobie sprawę, że człowiek zawsze popełnia błędy, a różnica wynikająca z osobowości pracownika skutkuje jedynie różną ich częstotliwością. Ręcznie prowadzony rejestr np. od 100 do 500 rekordów może być zlecony do opracowania człowiekowi¹¹ i jeśli będzie go prowadził specjalista w tym zakresie liczby rekordów – będzie on poprawny. Lecz gdy trzeba utrzymywać większą liczbę indeksów – powyżej tysiąca, w końcowym zestawieniu można spodziewać się wielu błędów.

Części problemów możemy uniknąć, jeśli współdzielone w zespole zasoby nie będą kopiowane czy opisywane ręcznie przez wielu pracowników, lecz znajdować się będą w określonej wspólnej lokalizacji, do której wszystkie zainteresowane osoby będą mieć dostęp (np. dysk sieciowy albo lokalizacja internetowa taka jak chmura zawierająca pliki danych). Ponadto raportowanie z minimalizacją błędów

11 Zamiast być rezultatem przetwarzania krzyżowego innych baz danych.

powinno zawierać jak najwięcej odwołań automatycznych do głównej bazy danych systemu *ERP*, której system wprowadzania danych jest odporny nie wiele rodzajów pomyłek (systemy *ERP* mają ustandaryzowane punkty krytyczne, w których pytają operatora, czy na pewno chce dokonać jakiejś operacji¹²). Raporty wykorzystujące kwerendy do bazy danych to nie tylko tabelaryczne zestawienia, lecz również standaryzowane formularze, pobierające w krytycznych miejscach dane z aktualnego zbioru, a nawet standaryzowane opisy sytuacyjne.

Jeśli np. chcemy sformułować automatyczny raport na temat sytuacji planistycznej danego leku i będzie on podawał dla każdego z wyrobów gotowych te same rodzaje informacji (np. sprzedaż w bieżącym miesiącu czy prognozę), możemy posłużyć się tabelami danych oraz funkcją programu *MS Excel* o nazwie ZŁĄCZ.TEKSTY()¹³.

Przykładowo: jeśli chcemy tworzyć informację na temat sprzedaży, wystarczy połączyć standardowe sformułowanie (nieodmienne) z wartością.

=ZŁĄCZ.TEKSTY("Sprzedaż produktu "B1;" wyniosła: "D1)				
	A	B	C	D
1	Produkt: X		Sprzedaż:	18 228
2	Sprzedaż produktu X wyniosła: 18228			

Wzór 25. Zdanie o wartości sprzedaży

Źródło: opracowanie własne.

Jeśli utworzymy tabelę wielkości sprzedaży np. tylko z bieżącego miesiąca, posiadającą kryterium wyszukiwania (najczęściej indeksy), wtedy możemy tworzyć takie samo zdanie dla dowolnego produktu. Tworząc wybieralną listę indeksów w komórce A1, na podstawie zestawienia indeksów z kolumny E generujemy raport automatycznie po zmianie indeksu. W komórce raportu funkcja WYSZUKAJ.PIONOWO() lub funkcja INDEKS() przy wsparciu funkcji PODAJ.POZYCJĘ() wyszukuje odpowiadającą indeksowi wartość z kolumny F na podstawie kryterium wyszukiwania z komórki A1 porównywaną z wartościami z kolumny E. Całość funkcji wyszukującej wartość enkapsulowana jest funkcją JEŻELI.BŁĄD(), która wpisuje zero w przypadku nieznalezienia na liście odpowiedniej wartości. Oprócz tego kolejna funkcja LICZBA.CAŁK() obcina niepotrzebne miejsca dziesiętne dla znalezionej wartości.

12 Ponadto nie można wprowadzić innych zakresów danych w niewłaściwe pola, np. nie wprowadzimy cyfry do pola tekstowego czy innego znaku do pola liczbowego.

13 Prościej ten sam efekt uzyskujemy, posługując się jako łącznikiem ampersandem, czyli znakiem: &.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Sprzedaż bieżąca produktu Indeks 3 wyniosła: 301								
2	Indeks 3	Indeks 1	1 697						
3		Indeks 2	224						
4		Indeks 3	301						
5		Indeks 4	3 117						
6		Indeks 5	7 849						
7		Indeks 6	24 583						
8		Indeks 7	2 303						
9		Indeks 8	20 263						
10		Indeks 9	1 782						
11		Indeks 10	11 088						
12		Indeks 11	2 306						
13		Indeks 12	21 465						
14		Indeks 13	1 200						
15		Indeks 14	382						
16		Indeks 15	11 170						
17		Indeks 16	52 612						
18		Indeks 17	6 159						
19		Indeks 18	426						
20		Indeks 19	2 196						
21		Indeks 20	48 571						

Wzór 26. Automatycznie generowane zdanie

Źródło: opracowanie własne.

W powyższym układzie problematyczna jest tylko czytelność pobranej liczby, czasami chcemy ukazywać sprzedaż w pewnym zaokrągleniu, np. same tysiące, powyższa liczba nie uwzględnia również separatora tysiąca (brakuje spacji po pierwszych trzech cyfrach).

Formuła na obliczenie końcówki trzech ostatnich cyfr liczby, którą trzeba wyliczyć, aby pomniejszyć o nią wartość sprzedaży (z komórki C2), opiera się na złożeniu kilku warunków dotyczących liczby miejsc znaczących reszty.

$$=(C2-(LICZBA.CAŁK(C2/1000)*1000))=MOD(C2;1000)$$

Wzór 27. Wzór podający trzy ostatnie cyfry w liczbie

Źródło: opracowanie własne.

Z kolei ukazanie we właściwym miejscu separatora tysiąca wymaga użycia funkcji FRAGMENT TEKSTU(), która pobiera z ciągu znaków określoną ich liczbę, biorąc pod uwagę punkt startowy. Jeżeli element wyszukiwawczy przeniesiemy do komórki A3, a następnie przekształcimy go do wersji z separatorem tysiąca w komórce A4, wtedy w komórce A1 łączymy tekst z komórką A4. Wzór separujący z komórki A4 wymaga wydzielenia części całkowitej z dzielenia przez 1000 oraz reszty z dzielenia.

	A	B	C	D	E
1	Sprzedaż bieżąca produktu Indeks 1 wyniosła: 1 697				
2	Indeks 1	Indeks 1	1 697		
3	1697	Indeks 2	224		
4	1 697	Indeks 3	301		
5		Indeks 4	3 117		
6		Indeks 5	7 849		
7		Indeks 6	24 583		
8		Indeks 7	2 303		
9		Indeks 8	20 263		
10		Indeks 9	1 782		

Wzór 28. Wzór separujący trzy ostatnie cyfry w liczbie

Źródło: opracowanie własne.

Możliwości rozbudowania powyższej reguły o inne informacje wraz z dodaniem kilku punktów z treścią warunkową (np. jeśli sprzedaż jest większa od prognozy, wstaw tekst „większa”, jeśli mniejsza, wstaw tekst „mniejsza”) pozwala na tworzenie rozbudowanych opisów produktów automatycznie. Co więcej, w celu generowania raportów nie trzeba tak jak w powyższym przykładzie wybierać każdego z towarów jeden po drugim, ponieważ formuły można wklejać w kolejne kolumny tabeli tak, że każdy fragment raportu przypisany jest do konkretnego wiersza danego wyrobu gotowego, aż do stworzenia końcowego raportu w ostatniej z kolumn, która łączy poprzednie i z której pobierane są dane do wyświetlenia. To pozwala dynamicznie generować tyle raportów, ile jest produktów – w momencie odświeżenia pliku pobierającego dane za pomocą kwerend z systemu *ERP* (np. aktualizacja poziomu sprzedaży, prognozy itp.).

Sprzedaż produktu LEK PRZYKŁADOWY 20; 0,02G; TABLETKI POWLEKANE; 28 SZT; MAH: SPÓŁKA 1; PL w bieżącym miesiącu wyniosła 44 125 opakowań, co stanowi 149% średniej miesięcznej sprzedaży w roku.

Taka wielkość sprzedaży oznacza wykonanie prognozy bieżącego miesiąca na poziomie 58% - dla dopuszczalnego błędu prognozy plus minus 20% od wielkości 65 264 opakowań.

Wielkość zapasu 100 835 opakowań stanowi 228% sprzedaży z bieżącego miesiąca i jest większa od zapasu bezpiecznego, podczas gdy łączny zapas w hurtowniach wynosi 66 835 opakowań.

Ilustracja 8. Automatyczny raport sytuacyjny

Źródło: opracowanie własne.

3.4. Zapas bezpieczny ABC sprzedaży

Zapas bezpieczny powinien być dostosowany do ważności danego leku. Parametr bezpieczeństwa w połączeniu z analizą ABC to potężne narzędzie automatyzujące mitygację ryzyka, w którym poziomy zapasów uzależnione są od istotności dla firmy dostępności danego preparatu. Podział ABC może być bowiem przydzielany nie tylko według wartości sprzedaży w COGS, lecz również według wartości sprzedaży w cenach, a także według wartości marży, może on być także podziałem ABC – np. do przewidywanych poziomów wpływów w danym roku na podstawie budżetu.

Jeżeli towary z grupy A zabezpieczamy na 99% (w rozkładzie normalnym $\omega = 2,33$), z grupy B na 98% (w rozkładzie normalnym $\omega = 2,05$), a z grupy C na 97% (w rozkładzie normalnym $\omega = 1,88$), a dla towarów nieprzydzielonych do grup ABC (najczęściej *New Launchy*) domyślny parametr bezpieczeństwa ω wynosi 1,64 (dla poziomu 95%), wtedy dla czasu reakcji (LT) wyrażonego w dniach kalendarzowych, a sprzedaży wyrażonej w miesiącach otrzymujemy:

$$ZB = \omega_{ABC \text{ lub } 2} * \sqrt{(\sigma_{\text{miesięczne}})^2 * \left(\frac{LT}{30}\right) + \left(\frac{\sigma_{LT}}{30}\right)^2 * \text{Sprzedaż}_{\text{śr}}^2}$$

Wzór 29. Zapas bezpieczny ABC sprzedaży

Źródło: opracowanie własne.

To samo możemy również zapisać w kodzie bazy danych. Jeżeli sprzedaż liczby sztuk oznaczamy jako „Zbyt_ilosc”, oznaczenie miesiąca sprzedaży jako „Okres”, wtedy zapas bezpieczny dla każdego towaru identyfikowanego przez „Indeks”, przekłada się na następujący kod:

```
IF (GRUPA_ABC='A', 2.33,
IF (GRUPA_ABC='B', 2.05,
IF (GRUPA_ABC='C', 1.88, 1.64)))
*
Sqrt((Stdev(Aggr(Sum(Zbyt_ilosc), Indeks, Okres))) *
Stdev(Aggr(Sum(Zbyt_ilosc), Indeks, Okres)))
*(Lead_Time/30)
+
(Odch._LT/30) * (Odch._LT/30)
*(Avg(Aggr(Sum(Zbyt_ilosc), Indeks, Okres))) *
Avg(Aggr(Sum(Zbyt_ilosc), Indeks, Okres)))
```

Wzór 30. Zapas bezpieczny ABC sprzedaży – w kodzie QlikView

Źródło: opracowanie własne.

Powyższe podejście zakłada, że zabezpieczenie koreluje z krotnością odchylenia standardowego. Jednak krotność ową możemy pozyskać, nie tylko odwołując się do różnych rozkładów, lecz także do percentyli sprzedaży historycznej (jako percentyl podzielony przez wielkość odchylenia). Jeśli podobny łączny poziom wartości kapitału zamrożonego w zapasach bezpiecznych (dla wszystkich towarów) będzie wynikiem zastąpienia wartości parametrów bezpieczeństwa (pobieranych np. z tablicy rozkładu normalnego) konkretnymi percentylami sprzedaży historycznej podzielonymi przez odchylenie standardowe tej sprzedaży, uzyskamy zapasy bezpieczne bardziej skorelowane z zagrożeniem ekstremalnie wysokiej sprzedaży (dla najważniejszych towarów). Metoda na wyznaczanie poziomów zabezpieczeń z użyciem percentyli jest szczególnie przydatna w przypadku towarów nieprzejawiających sezonowości (bo dla takich naturalnie najlepsza jest korekta sezonowa), mających rzadkie, a jeśli już wystąpią, to i wysokie poziomy sprzedaży, pojawiające się losowo. Odchylenie standardowe nie reaguje mocno na pojedyncze przypadki (pojedyncze okresy) ekstremalnie wysokiej sprzedaży – w przeciwieństwie do wysokich percentyli, które lepiej odzwierciedlają potencjalną wysoką sprzedaż, na jaką należy się przygotować¹⁴.

Wysokie percentyle sprzedaży historycznej mogą przekładać się na lepszy poziom zabezpieczenia w przypadku towarów o historii sprzedaży mających tylko kilka bardzo wysokich okresów sprzedaży, przy pozostałych okresach z niewielkim poziomem różnic.

Prowadząc eksperymenty polegające na zmianie przydziału wartości percentylu dla grupy towarów z analizy ABC, na dużej próbie w jednym przedsiębiorstwie farmaceutycznym (przy ponad tysiącu wyrobów gotowych oraz dziesiątkach milionów złotych kapitału zamrożonego w zapasie bezpiecznym), poziom decyli 9, 8, i 7 okazał się najbardziej obiecujący odpowiednio dla grup ABC, gdyż pozwalał na osiągnięcie podobnego poziomu kapitału zamrożonego w zapasie bezpiecznym, co przy metodzie klasycznej (przy grupie A zabezpieczonej na $\omega = 2,33$, grupie B zabezpieczonej na $\omega = 2,05$, grupie C zabezpieczonej na $\omega = 1,88$ i $\omega = 1,64$ dla nowych towarów bez przydzielonej grupy). Czy jest to fenomen struktury zapasów jednej firmy farmaceutycznej, czy jest to bardziej ogólna zasada,

14 Rozkład normalny przygotowuje na prawdopodobieństwo ponownego wystąpienia przypadku – w postaci miesiąca z bardzo wysoką sprzedażą, odpowiednio plusując ryzyko na podstawie historii sprzedaży, jeśli jednak założymy, że przypadek ekstremalnie wysokiej sprzedaży powinien mieć wyższą wagę ze względu na np. wysoką marżę leku oraz odzwierciedlać możliwe pokrycie zapasem powtórzenia się takiej ekstremalnej historycznej sytuacji, wtedy wykorzystanie metody percentyli potencjalnie stanowi bardziej klarowną informację dla zarządzającego zapasem w postaci: gotowości na pokrycie np. 9 czy 8 decyli sprzedaży. Jeśli całe portfolio zapasów owocuje bardzo zbliżonym łącznym poziomem kapitału zamrożonego (wobec metody klasycznej), to zapas powinien być rozłożony z większą siłą w kierunku wysokiego ryzyka (wysokie decyle będą zawyżały poziom zabezpieczenia w stosunku do krotności odchylenia dla rozkładu normalnego, głównie dla towarów o rzadkich, ale bardzo wysokich sprzedażach historycznych, dla których występuje pomiędzy odchyleniem standardowym a decylem największa różnica).

wymaga dalszych badań w postaci analizy porównawczej kapitału zamrożonego różnymi metodami przy innych strukturach zapasów leków (dla porównywalnych przedsiębiorstw farmaceutycznych).

Jeżeli dla towarów z grupy A będzie to 90 percentyl, jeśli B to 80 percentyl, jeśli C to 70 percentyl podzielony przez odchylenie standardowe sprzedaży i domyślnie parametr bezpieczeństwa wynosi $\omega = 1,64$, a czas reakcji (LT) będzie w dniach z kolei sprzedaż w miesiącach, wtedy wzór na metodę percentyli w stosunku do metody klasycznej zmienia jedynie sposób wyprowadzenia parametru bezpieczeństwa, dzieląc odpowiedni decyl sprzedaży historycznej przez odchylenie standardowe tej sprzedaży.

$$ZB_{\text{perc.}} = \omega_{\text{decyl } 9(A), 8(B), 7(C) \text{ lub } 2} * \sqrt{\left(\sigma_{\text{miesięczne}}\right)^2 * \left(\frac{LT}{30}\right) + \left(\frac{\sigma_{LT}}{30}\right)^2 * \text{Sprzedaż}_{\text{śr}}^2}$$

Wzór 31. Zapas bezpieczny ABC percentyl

Źródło: opracowanie własne.

Powyższy wzór w kodzie *QlikView* przedstawia się następująco:

```
IF (GRUPA_ABC='A',
Fractile(
Aggr(Sum(Zbyt_ilosc), Indeks, Okres), 0.9) /
Stdev(Aggr(Sum(Zbyt_ilosc), Indeks, Okres))
,
IF (GRUPA_ABC='B',
Fractile(
Aggr(Sum(Zbyt_ilosc), Indeks, Okres), 0.8) /
Stdev(Aggr(Sum(Zbyt_ilosc), Indeks, Okres))
,
IF (GRUPA_ABC='C',
Fractile(
Aggr(Sum(Zbyt_ilosc), Indeks, Okres), 0.7) /
Stdev(Aggr(Sum(Zbyt_ilosc), Indeks, Okres))
, 1.64)))
*
Sqrt((Stdev(Aggr(Sum(Zbyt_ilosc), Indeks, Okres))) *
Stdev(Aggr(Sum(Zbyt_ilosc), Indeks, Okres)))
* (Lead_Time/30)
+
(Odch._LT/30) * (Odch._LT/30)
* (Avg(Aggr(Sum(Zbyt_ilosc), Indeks, Okres))) *
Avg(Aggr(Sum(Zbyt_ilosc), Indeks, Okres))))
```

Wzór 32. Zapas bezpieczny ABC – w kodzie *QlikView*

Źródło: opracowanie własne.

3.5. Zapas bezpieczny ABC różnic sprzedaży i prognozy

Jeśli we wzorze na zapas bezpieczny odchylenie standardowe historycznej sprzedaży zastąpimy odchyleniem standardowym różnic pomiędzy sprzedażą i prognozą, zapas bezpieczny będzie bardziej skorelowany z możliwym błędem prognozy. Ponieważ produkcja leków zakłada poprawność prognozy do procesu sterowania zapasami, zapas bezpieczeństwa powinien odpowiadać na pytanie, jak bardzo to założenie może być błędne. Innymi słowy na pytanie, jak bardzo prognoza może się pomylić, odpowiada poziom odchylenia standardowego historii różnic pomiędzy sprzedażą i prognozą.

```
IF (GRUPA_ABC='A',2.33,
IF (GRUPA_ABC='B',2.05,
IF (GRUPA_ABC='C',1.88,1.64))) *
Sqrt((Stdev(Aggr(Fabs(Sum(Zbyt_ilosc)-Sum(Prog_ilosc)),Indeks,Okres)) *
Stdev(Aggr(Fabs(Sum(Zbyt_ilosc)-Sum(Prog_ilosc)),Indeks,Okres)))
*(Lead_Time/30)+(Odch_LT/30)*(Odch_LT/30)*
(Avg(Aggr(Fabs(Sum(Zbyt_ilosc)-Sum(Prog_ilosc)),Indeks,Okres))
*Avg(Aggr(Fabs(Sum(Zbyt_ilosc)-Sum(Prog_ilosc)),Indeks,Okres)))
```

Wzór 33. Zapas bezpieczny ABC różnic sprzedaży i prognozy – w kodzie QlikView

Źródło: opracowanie własne.

Założenie poczynione w powyższym wzorze – w pierwszym wierszu, o przydzieleniu parametrów bezpieczeństwa z rozkładów normalnych (wartość parametru ω) można zastąpić parametrami bezpieczeństwa wyliczonymi z percentyli. Różnice sprzedaży i prognozy są podawane jako wartości bezwzględne tylko ze względu na standaryzację wzorów¹⁵.

```
IF (GRUPA_ABC='A',Fractile(Aggr(Fabs(Sum(Zbyt_ilosc)-
Sum(Prog_ilosc)),Indeks,Okres),0.9)/
Stdev(Aggr(Fabs(Sum(Zbyt_ilosc)-Sum(Prog_ilosc)),Indeks,Okres)),
IF (GRUPA_ABC='B',Fractile(Aggr(Fabs(Sum(Zbyt_ilosc)-
Sum(Prog_ilosc)),Indeks,Okres),0.8)/
Stdev(Aggr(Fabs(Sum(Zbyt_ilosc)-Sum(Prog_ilosc)),Indeks,Okres)),
IF (GRUPA_ABC='C',Fractile(Aggr(Fabs(Sum(Zbyt_ilosc)-
Sum(Prog_ilosc)),Indeks,Okres),0.7)/
Stdev(Aggr(Fabs(Sum(Zbyt_ilosc)-Sum(Prog_ilosc)),Indeks,Okres)),1.64)))
```

Wzór 34. Parametry bezpieczeństwa ABC na podstawie percentyli – sprzedaż – prognoza

Źródło: opracowanie własne.

¹⁵ Ponieważ wartości są podnoszone do kwadratu.

3.6. Zapas bezpieczny ABC nadwyżek sprzedaży do prognozy

Jeśli we wzorze na zapas bezpieczny odchylenie standardowe historycznej sprzedaży zastąpimy odchyleniem standardowym nadwyżek sprzedaży do prognozy, zapas bezpieczny będzie bardziej skorelowany z tą częścią błędu prognozy, która przekłada się na zwiększenie ryzyka braku produktu. Metoda ta eliminuje błąd systemowy metody różnic sprzedaży i prognozy, zawyżając zapas bezpieczny dla ujemnych błędów sprzedaży. Jeśli historyczna sprzedaż nie oscylowała wokół poziomu prognozy, lecz przeważnie była mniejsza niż prognoza, wtedy poziom zapasu bezpiecznego powinien być bardzo mały. Jest to pokrewne z analizami wahań rynku giełdowego, gdzie stosuje się *SEMI* odchylenia standardowe¹⁶, bowiem zapas bezpieczny zastępujący odchylenie standardowe sprzedaży odchyleniem standardowym modułu różnic pomiędzy sprzedażą i prognozą nie przekłada znaku błędu na zmniejszenie zapasu, lecz odnosi się do jego wartości bezwzględnej (każda różnica jest brana pod uwagę). Dlatego wzięcie pod uwagę tylko tych błędów, dla których prognoza niewystarczająco przewidywała sprzedaż, jest zabiegiem eliminującym tę przyczynę utrzymywania nadmiarowych zapasów bezpiecznych¹⁷. Jednocześnie, ze względu na eliminację wielu punktów danych służących do wyliczenia odchylenia standardowego (jego wartość zmaleje), domyślnym źródłem parametrów bezpieczeństwa powinien być rozkład wykładniczy¹⁸, a wartość domyślna parametru bezpieczeństwa będzie podniesiona z 1,64 na wartość 2 (przy zmianie z rozkładu normalnego dla 95%).

```
If (Grupa_ABC='A', 3.605,
If (Grupa_ABC='B', 2.912, If (Grupa_ABC='C', 2.507, 2)))
*sqrt ((Stdev (Aggr (If (Sum ([Zbyt_ilosc]) - Sum ([Prog_ilosc]) > 0,
Sum ([Zbyt_ilosc]) - Sum ([Prog_ilosc]), 0), Indeks, Okres)) *
Stdev (Aggr (If (Sum ([Zbyt_ilosc]) - Sum ([Prog_ilosc]) > 0, Sum ([Zbyt_ilosc]) -
Sum ([Prog_ilosc]), 0), Indeks, Okres))) *
([Lead_Time]/30) + ([Odch._LT]/30) * ([Odch._LT]/30)
* (Avg (Aggr (If (Sum ([Zbyt_ilosc]) - Sum ([Prog_ilosc]) > 0, Sum ([Zbyt_ilosc]) -
Sum ([Prog_ilosc]), 0), Indeks, Okres)) * Avg (Aggr (If (Sum ([Zbyt_ilosc]) -
Sum ([Prog_ilosc]) > 0, Sum ([Zbyt_ilosc]) - Sum ([Prog_ilosc]), 0), Indeks, Okres))))
```

Wzór 35. Zapas bezpieczny ABC nadwyżek sprzedaży do prognozy – w kodzie QlikView

Źródło: opracowanie własne.

16 Odchylenie standardowe, gdzie wartości mniejsze od średniej zastępowane są zerami.

17 W sytuacji skrajnej możemy mieć do czynienia z historią pełną dużych różnic pomiędzy prognozą i sprzedażą, z których wszystkie cechuje mniejsza sprzedaż – utrzymywanie dla takiego towaru zapasu bezpiecznego jest więc nieuzasadnione, a co więcej, zapas powinien być mniejszy niż odpowiedni do zaspokojenia prognozy.

18 Albo inny zakładający bardziej strome krotności odchyłeń standardowych odpowiadających kolejnym poziomom zabezpieczenia.

Z kolei posługując się metodą wyliczania parametrów bezpieczeństwa z percentyli, musimy uwzględnić w nim mniejszą¹⁹ wartość odchylenia standardowego obliczanego tylko dla samych nadwyżek sprzedaży wobec prognozy. Dlatego parametry bezpieczeństwa muszą być wyższe (tak jak wyższe są krotności odchylenia wynikające z rozkładu wykładniczego w stosunku do rozkładu normalnego), więc trzeba zastosować wyższe percentyle. Przykładowo po przeprowadzeniu testów dla grupy około tysiąca towarów, percentyle prowadzące do podobnej wartości zapasu ogółem, jak wartość zapasu bezpiecznego wyliczanego przy użyciu rozkładu wykładniczego, to dla towarów z grupy A percentyl 98, dla towarów z grupy B percentyl 96, dla towarów z grupy C percentyl 95.

```
If (Grupa_ABC='A',
Fractile(Aggr (If (Sum ([Zbyt_ilosc])-Sum ([Prog_ilosc])>0,
Sum ([Zbyt_ilosc])-Sum ([Prog_ilosc]),0), Indeks,Okres),0.98) /
Stdev(Aggr (If (Sum ([Zbyt_ilosc])-Sum ([Prog_ilosc])>0,
Sum ([Zbyt_ilosc])-Sum ([Prog_ilosc]),0), Indeks,Okres)),
If (Grupa_ABC='B',
Fractile(Aggr (If (Sum ([Zbyt_ilosc])-Sum ([Prog_ilosc])>0,
Sum ([Zbyt_ilosc])-Sum ([Prog_ilosc]),0), Indeks,Okres),0.96) /
Stdev(Aggr (If (Sum ([Zbyt_ilosc])-Sum ([Prog_ilosc])>0,
Sum ([Zbyt_ilosc])-Sum ([Prog_ilosc]),0), Indeks,Okres)),
If (Grupa_ABC='C',
Fractile(Aggr (If (Sum ([Zbyt_ilosc])-Sum ([Prog_ilosc])>0,
Sum ([Zbyt_ilosc])-Sum ([Prog_ilosc]),0), Indeks,Okres),0.95) /
Stdev(Aggr (If (Sum ([Zbyt_ilosc])-Sum ([Prog_ilosc])>0,
Sum ([Zbyt_ilosc])-Sum ([Prog_ilosc]),0), Indeks,Okres)),2)))
```

Wzór 36. Parametry bezpieczeństwa ABC na podstawie percentyli

– nadwyżka sprzedaży – prognoza

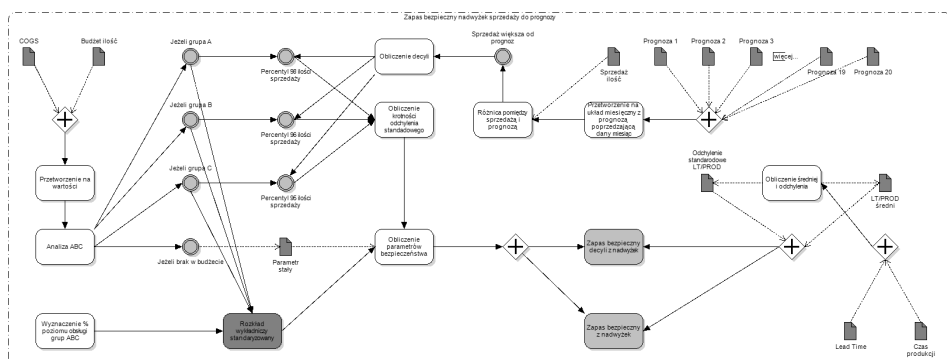
Źródło: opracowanie własne.

W praktyce biznesowej po zastosowaniu powyższej metody – w przypadku niektórych towarów, wobec których prognozy są prawie zawsze większe niż sprzedaż, zapas bezpieczny został zredukowany nieraz pięciokrotnie. Przy wykorzystaniu powyższej metody trzeba jednak pamiętać, że gdy nie będzie nadwyżek sprzedaży wobec prognozy, zapas bezpieczny będzie równy zero, gdyż zerowe będzie odchylenie standardowe – w takiej sytuacji zapas bezpieczny powinien być wyliczany inną metodą. Chociaż oczywiście zawsze lepiej jest przeciwdziałać przyczynie problemu, interweniując bezpośrednio u prognosty z postulatem, żeby prognozy na dany towar nie były w prawie każdym okresie większe niż sprzedaż, zamiast starać się o bardziej wyszukane metody liczenia zapasu bezpiecznego, niwelujące ten efekt. Z drugiej jednak strony regulowanie każdego z produktów pojedynczo, zarówno na poziomie tworzenia prognoz, jak i koordynacji łańcucha dostaw, może

¹⁹ Jeśli prognoza jest dobrze skorelowana ze sprzedażą, błędy w dół i w górę zdarzają się mniej więcej w 50% przypadków i tyle odchyień z analizy historycznej wyeliminujemy, jeśli zastąpimy je zerami – trzeba więc założyć, że odchylenie standardowe zmieni się znacząco.

być mniej opłacalne dla wielu tysięcy towarów niż zastosowanie algorytmu decyzyjnego (Pariazar, Sir, 2018) (np. posługując się zasadą na wierszu bazy danych: jeśli łączny poziom niewykonania prognoz przekracza pewien graniczny procent rocznej sprzedaży²⁰, zastosuj wzór redukujący zapas bezpieczny, jeśli nie, zastosuj wzór domyślny).

Obliczanie zapasów bezpieczeństwa jest procesem uwzględniającym wiele czynników w swojej strukturze i charakteryzuje się nie tylko wykonywaniem samych obliczeń (analiza ryzyka), lecz jest to również, a właściwie przede wszystkim podejmowanie decyzji – oprócz samych decyzji procesowych konieczna jest algorytmizacja źródeł danych oraz rodzaju wzoru, jaki należy zastosować w zależności od warunków brzegowych (punkty podejmowania decyzji są oznaczone na przykładowym diagramie poniżej symbolem diamentu).



Ilustracja 9. Proces obliczania zapasu bezpiecznego ABC

Źródło: opracowanie własne.

Podstawową decyzją (Bubnicki, 2004), jaką należy podjąć, jest określenie czasu dostawy dla produktów zamawianych oraz czasu produkcji, jaki bierzemy pod uwagę, wyliczając zapas bezpieczny. Zarówno sama wartość, jak i sposób ich obliczenia (np. czy liczymy łączny czas, czy poszczególne etapy) wymaga wyboru. Następną kluczową decyzją, pochodną wartości *Lead Time*, jest informacja – którą prognozę porównujemy ze sprzedażą do obliczeń. Jeśli prognozy ukazują się w interwałach miesięcznych, trzeba określić, czy będzie to najpóźniejsza (w stosunku do okresu sprzedaży) prognoza, czy np. średnia ważona z wcześniejszymi o dwa miesiące²¹ itp. Następnie potrzebne jest określenie, jakie dane brane będą pod uwagę w analizie ABC. Czy przydzielamy grupy na podstawie wartości

20 Alternatywy: jeśli poziom błędów prognozy przekracza pewną wartość, jeśli wartość zapasu różnicy wyliczeń pomiędzy obiema metodami przekracza pewną wartość przy utrzymujących się przeszacowaniach prognozy, np. analiza BIAS powyżej 3 w ostatnich 12 okresach itp.

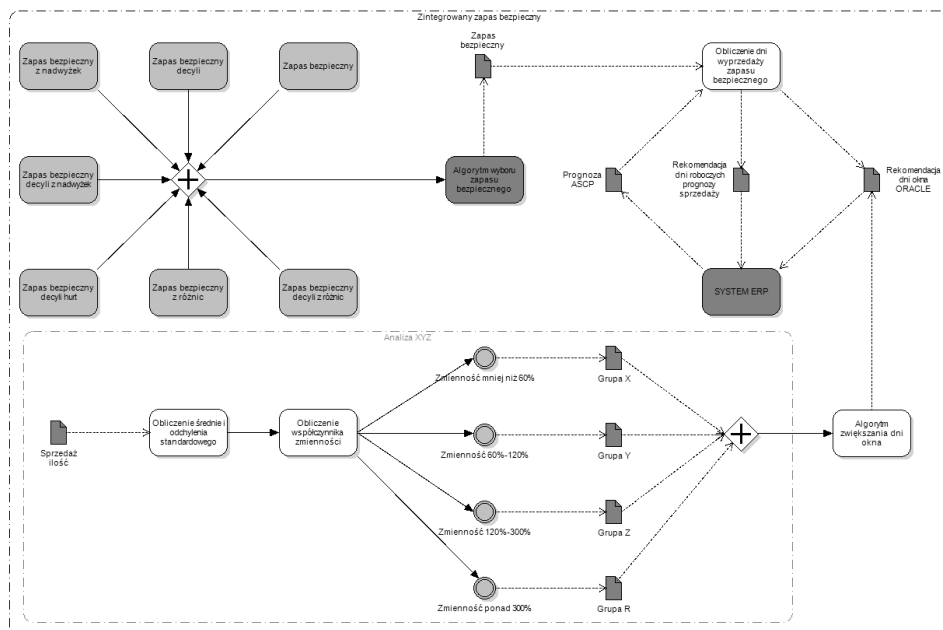
21 Czasami ze względu na konieczność koordynacji wielu zmiennych przy prognozowaniu chcemy odwoływać się do prognozy, która jest stabilna.

sprzedaży w COGS, w cenach, czy wedle marży? Kolejną decyzją jest domyślny poziom zabezpieczenia (na podstawie wiedzy eksperta) oraz poziomy prawdopodobieństwa braku dla każdej z grup ABC, wyznaczające parametr bezpieczeństwa. Trzeba również określić, które towary będą miały parametry wyliczane z rozkładów standaryzowanych, a które z percentyli.

Zapas bezpieczny, a w związku z tym ryzyko braku, nie jest więc tylko pochodną wyznaczanych poziomów zabezpieczenia (np. 99%), a nawet nie samym przydzielaniem priorytetów bezpieczeństwa (hierarchia ABC), lecz przede wszystkim szczegółowym określaniem parametrów procesu w odniesieniu do źródeł danych – na podstawie ich wiarygodności. Podejmowanie tych wszystkich decyzji z zachowaniem świadomości ich konsekwencji – jest kwintesencją zarządzania w procesie zarządzania ryzykiem.

3.7. Zintegrowany zapas bezpieczny

Decyzje wpływające na poziom zapasu bezpiecznego skutkują wyliczeniem jego wielkości jedną metodą. Metod tych jest jednak wiele i większość z nich sprawdza się najlepiej w określonym przypadku. W przypadku wielu setek czy tysięcy towarów – ręczny przydział metody do konkretnego przypadku zachowywania się sprzedaży i prognozy historycznej nie daje odpowiednich rezultatów, gdyż nie można go skalować. Decyzje określane metodą ekspercką są zbyt powolne, bardzo trudne do audytowania (Pickett, 2005) i podatne na błędy. Dlatego wyższym poziomem rozwoju przy budowaniu zapasu bezpiecznego, a tym samym określania ryzyka braku produktu, jest tworzenie algorytmu przydzielającego metodę do konkretnego towaru, definiowanego za pomocą indeksu.



Ilustracja 10. Proces określania zapasu bezpiecznego

Źródło: opracowanie własne.

Pierwszym punktem decyzyjnym jest określenie, z których z dostępnych metod będziemy korzystać (być może część z nich w ogóle nie będzie stosowana w danym roku). Następnym punktem jest budowanie algorytmu przydziału metody. Podstawą tego algorytmu jest kontrola treści źródeł danych (np. czasami odchylenie standardowe sprzedaży nie jest większe od zera, a gdy sprzedaż ma historię, to nie zawsze odchylenie nadwyżek sprzedaży będzie większe od zera – w takich sytuacjach nie bierzemy pod uwagę tej metody wyliczania zapasu bezpiecznego, które nie mają źródeł danych do obliczenia w nich wynikowej wartości). Na podstawie tych kroków wyliczamy wielkości zapasów bezpiecznych. Następnie implementujemy te wielkości w systemie ERP (np. ORACLE bądź SAP). Są to pola bazy danych, do których wgrywamy (masowo) określone wartości.

Konkretnie dla modułu planistycznego²² systemu eBS ORACLE, jeśli nie chcemy posługiwać się sztywnym zapasem bezpiecznym, tylko dynamicznym²³, należy

22 System ERP pozbawiony modułu planistycznego to baza danych oczekująca na wgranie wartości w pola Zapas bezpieczny bądź ROP – *Reorder Point* – czyli punkt zamawiania, ponieważ systemy takie nie obliczają tych wartości. Z kolei moduł planowania produkcji bądź supply chain management posiada wbudowane algorytmy dynamicznego obliczania zapasu bezpiecznego – dlatego trzeba je obejść, aktualizując zapas na poziomie określonej ilości, jeśli wbudowany w system ERP algorytm nie jest wystarczająco zaawansowany.

23 Moglibyśmy wpisać jako sztywny zapas bezpieczny po prostu ilość opakowań leku, jednak gdy moduł ERP posiada jakiś model dynamicznego wyliczania zapasu bezpiecznego, lepiej

obliczyć liczbę dni wyprzedaży zapasu bezpiecznego wedle wartości średniej prognozy. Natomiast sama dzienna wartość wyliczana jest w oparciu o długość okresu, z jakiego pobieramy prognozę. Długość ta może być stała (np. pół roku prognozy wprzód) lub obliczana dynamicznie²⁴ na podstawie analizy zmienności historycznej sprzedaży. Im większa zmienność, tym szerszy powinien być okres analizy służący do wyliczania średniej. Innymi słowy moduł planistyczny posiada wbudowany algorytm dynamicznego obliczania zapasu bezpiecznego. Jest nim założenie, że użytkownik poda liczbę dni wyprzedaży do prognozy. Ile konkretnie będzie wynosić dzienna wartość, zależy od okna uśredniania (np. system mający utrzymywać zapas bezpieczny na miesiąc przy oknie 3-miesięcznym weźmie dzienną wartość prognozy od dnia dzisiejszego plus 90 dni, obliczy ich sumę, by następnie podzielić ją przez 90, a otrzymaną wartość wymnożyć przez 30). Przy tak wyliczanym algorytmie dynamicznym przy towarach sezonowych warto rozważyć, czy nie określać wielkości okna na długość sezonu, tak aby średnia szczytu sezonu (np. w najbliższych 3 miesiącach – dla długości sezonu pół roku) była obniżona przez kolejne niższe wartości (np. w kolejnych miesiącach 4–6) i, co kluczowe, *vice versa*, aby zapas bezpieczny nie był zbyt niski, jeśli będzie brał do wyliczenia średniej dziennej wartości prognozę najbliższych miesięcy.

3.8. Analizy sezonowości

Żeby automatycznie wykrywać sezonowość miesięczną, należy zacząć od zbadania korelacji pomiędzy tymi samymi miesiącami z minimum dwóch różnych lat – dla współczynnika korelacji liniowej Pearsona²⁵ powyżej 0,7, czyli powyżej 49% danych skorelowanych. Ponadto badamy sprzedaż minimum z ostatnich trzech lat²⁶, sprawdzając, czy te same miesiące mają powtarzającą się nadwyżkę bądź niedomiar sprzedaży wobec średniej rocznej. Aby to wyliczyć, dzielimy sprzedaż danego okresu (miesiąca) przez średnią sprzedaż w danym roku, dzięki czemu uzyskujemy procentowy współczynnik proporcji sprzedaży danego miesiąca wobec średniej w danym roku.

jest go wykorzystać, ustalając parametry tak, aby na dzień dzisiejszy algorytm modułu ERP wyliczył dokładnie taką samą ilość zapasu bezpiecznego, co zewnętrzny zaawansowany algorytm. W ten sposób znacznie rzadziej będziemy potrzebowali dokonywać ręcznej korekty.

24 Poza modułem ERP.

25 Jako ilorazem kowariancji i iloczynu odchyłeń standardowych.

26 Dzięki czemu uzyskujemy 3 punkty danych dla każdego miesiąca – dwa to zbyt mało, by określić trend, z drugiej strony przy dużej zmienności rynku chcemy korzystać z minimalnej ilości danych, tak aby na analizy sezonowości nie rzutowały dane pochodzące z bardzo odmiennej sytuacji rynkowej (inne listy refundowane, obecność lub brak konkurencji itp. czynniki).

Tabela 10. Średnie miesięcznej sezonowości sprzedaży

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
67%	55%	91%	161%	72%	115%	68%	72%	119%	90%	138%	153%
69%	85%	103%	107%	114%	84%	102%	71%	132%	85%	108%	140%
46%	124%	103%	97%	100%	95%	99%	83%	117%	84%	117%	137%
68%	82%	111%	105%	109%	93%	97%	80%	124%	95%	110%	128%
89%	95%	98%	99%	107%	88%	99%	81%	116%	85%	110%	132%
79%	87%	110%	101%	106%	89%	112%	97%	101%	92%	110%	116%
70%	85%	106%	102%	89%	94%	100%	71%	140%	82%	141%	121%
94%	139%	131%	75%	84%	80%	89%	73%	109%	107%	99%	119%
59%	117%	106%	155%	59%	118%	63%	100%	137%	110%	83%	92%
123%	59%	81%	132%	94%	127%	83%	48%	114%	85%	130%	124%
61%	90%	82%	209%	94%	46%	51%	47%	122%	119%	131%	147%
72%	84%	96%	95%	78%	108%	90%	68%	117%	89%	116%	187%
82%	97%	93%	108%	100%	85%	105%	90%	121%	84%	113%	122%
67%	127%	131%	79%	94%	76%	87%	79%	116%	85%	135%	124%
74%	113%	113%	102%	102%	86%	106%	83%	109%	77%	136%	98%
93%	127%	116%	97%	96%	82%	94%	75%	99%	98%	107%	117%
194%	49%	149%	49%	28%	36%	78%	133%	101%	109%	157%	116%
0%	114%	42%	63%	0%	216%	67%	44%	22%	75%	163%	394%
78%	89%	101%	113%	103%	91%	99%	78%	127%	88%	99%	135%
78%	74%	138%	101%	99%	91%	112%	84%	105%	88%	111%	119%
62%	77%	374%	155%	43%	93%	113%	99%	63%	38%	39%	45%
59%	126%	93%	98%	55%	29%	23%	93%	141%	35%	36%	412%
33%	39%	192%	100%	92%	86%	108%	80%	119%	89%	120%	143%
88%	190%	152%	66%	62%	60%	61%	45%	125%	143%	105%	102%
76%	110%	122%	93%	108%	84%	102%	77%	123%	85%	106%	114%
0%	63%	63%	0%	123%	0%	190%	0%	0%	190%	127%	444%
82%	85%	100%	106%	103%	87%	101%	80%	119%	102%	110%	126%
40%	102%	54%	160%	60%	130%	16%	185%	257%	48%	0%	148%
73%	106%	86%	118%	114%	94%	103%	82%	111%	93%	99%	122%
68%	119%	96%	99%	103%	90%	101%	78%	121%	96%	113%	115%
0%	0%	0%	153%	97%	140%	41%	77%	160%	235%	135%	162%
82%	85%	115%	103%	100%	89%	110%	93%	105%	90%	104%	124%
75%	84%	115%	179%	68%	84%	70%	91%	136%	91%	101%	105%
71%	101%	111%	101%	100%	87%	101%	72%	122%	79%	133%	122%

Źródło: opracowanie własne.

Nadwyżka bądź niedomiar wobec średniej (średnia to poziom 100%) na dany miesiąc, dla danego produktu, uśredniona za okres trzech lat²⁷, wyznacza współczynnik normalizacji sezonowej. Jeśli podzielimy sprzedaż okresu historycznego przez ten współczynnik procentowy (jest on inny na każdy miesiąc), uzyskamy sprzedaż znormalizowaną (pozbawioną sezonowości). Taka znormalizowana historia sprzedaży służy potem np. do wyznaczania trendu liniowego (bądź jakiegokolwiek innego trendu, który nie ma być zaburzany sezonowością), na którego wahania nie będą wpływały wahania sezonowe, tylko generalny wzrost bądź spadek sprzedaży (wzrost bądź spadek mierzony jako kąt trendu liniowego oraz wahania losowe). Analiza znormalizowanej historii pozwala również na zbadanie

27 Średnia miesięczą, np. współczynnik dla marca, to średnia z trzech współczynników procentowych dla trzeciego miesiąca roku z ostatnich trzech lat.

zmienności towaru (analiza XYZ) bez sezonowości, co jest szczególnie cenne, gdy proces planowania uwzględnia sezonowość²⁸.

$$\text{Sprzedaż} = \text{Sprzedaż okresu} / \left(\frac{\text{Sprzedaż miesiąca 1 roku}}{\text{Sprzedaż średnia 1 roku}} + \frac{\text{Sprzedaż miesiąca 2 roku}}{\text{Sprzedaż średnia 2 roku}} + \frac{\text{Sprzedaż miesiąca 3 roku}}{\text{Sprzedaż średnia 3 roku}} \right) / 3$$

Wzór 37. Normalizacja usuwająca sezonowość miesięczną dla trzech lat sprzedaży historycznej
Źródło: opracowanie własne.

Żeby określić długość okresu sezonowości, np. według pory roku, należy zagregować sprzedaż każdego z okresów²⁹, przyjmując średnią za punkt odniesienia (odejmując od sprzedaży łącznej sprzedaż średnią łącznie – za trzy okresy). Następnie wystarczy sprawdzić, jaki znak miały poszczególne kwartały. Jeżeli wiosna i lato mają ten sam znak, z kolei jesień i zima ten sam, a przeciwny znak, wtedy mamy do czynienia z sezonowością o okresie rocznym. Jeżeli poszczególne pory roku mają przemienne znaki, wtedy mamy do czynienia z sezonowością o okresie półrocznym.

Możemy też badać siłę tych różnic, określając procentowy poziom różnic sprzedaży w odniesieniu do średniej lub analizując korelację zmian tych samych okresów z różnych lat.

Warto również rozważyć, czy poszczególne pory roku możemy zastąpić innymi kwartalnymi agregacjami sprzedaży, których początek i koniec wyznaczać będziemy np. na podstawie średniej temperatur dla danego dnia w roku (innymi słowy pierwszy okres 1/4 roku np. dla zimy może być okresem najniższych średnich temperatur roku, a nie okresem kalendarzowym, a pozostałe okresy będą kolejnymi około 90-dniowymi częściami roku).

28 Jeśli procesy planowania uwzględniają sezonowość (jest to kluczowe założenie, bo cóż z tego, że jedna osoba jest jej świadoma, jeśli inne działy nie funkcjonują przy podobnym opanowaniu podstaw statystyki i wahan sezonowe to dla nich niespodziewana zmienność), wtedy nie ma potrzeby traktować towaru silnie sezonowego jako zmiennego, ponieważ zmienność ta jest przewidywalna – przez co wahania sezonowe są wykluczane z analizy XYZ (przez co towar o dużych różnicach sprzedaży może być potraktowany jako stabilny, zmniejszając tym samym ilość produktów zmiennych, na których uwaga planisty musi być skupiona przede wszystkim).

29 Niekiedy lepiej jest zagregować okresy o podobnym klimacie – porami roku niż łączyć je kolejno, np. styczeń, luty, marzec i potem kwiecień, maj, czerwiec – chociaż z powodu przesunięcia początku zimy w ostatniej dekadzie w Europie (ujemne temperatury zaczynają się pod koniec grudnia, a nie w połowie listopada) nie jest to takie oczywiste.

SUMA									
=JEŻELI(ORAZ(ZNAK.LICZBY(F14)=ZNAK.LICZBY(G14);ZNAK.LICZBY(H14)=ZNAK.LICZBY(I14));"TAK";"")									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Rodzaj		Siła sezonowości						
2	Półroczna	Roczna	Półroczna	Roczna		Wiosna	Lato	Jesień	Zima
3	TAK	TAK	29%	43%		58%	29%	0%	63%
4			0%	0%		19%	56%	-15%	91%
5	TAK	TAK	90%	72%		99%	44%	80%	26%
6	TAK	TAK	80%	60%		112%	7%	47%	18%
7			0%	0%		0%	33%	40%	89%
8		TAK	0%	0%		0%	0%	100%	50%
9			0%	0%		-28%	3%	28%	38%
10			0%	0%		56%	0%	65%	100%
11	TAK		2%	0%		1%	-13%	3%	-1%
12	TAK	TAK	68%	54%		86%	22%	50%	19%
13		TAK	0%	0%		0%	0%	50%	50%
14		=JEŻELI(OR	0%	-4%		-2%	-7%	6%	4%
15			0%	0%		60%	0%	48%	94%
16			0%	0%		-19%	-16%	12%	-7%
17	TAK		3%	0%		1%	-14%	5%	-2%
18		TAK	0%	-5%		-2%	-8%	5%	3%
19	TAK		3%	0%		1%	-11%	4%	-6%
20		TAK	0%	-7%		-3%	-10%	5%	5%
21			0%	0%		2%	-1%	-1%	-5%
22			0%	0%		-4%	-12%	11%	-5%
23		TAK	0%	-18%		-16%	-19%	6%	17%
24			0%	0%		-14%	-4%	16%	-12%

Wzór 38. Określanie sezonowości półrocznej i rocznej

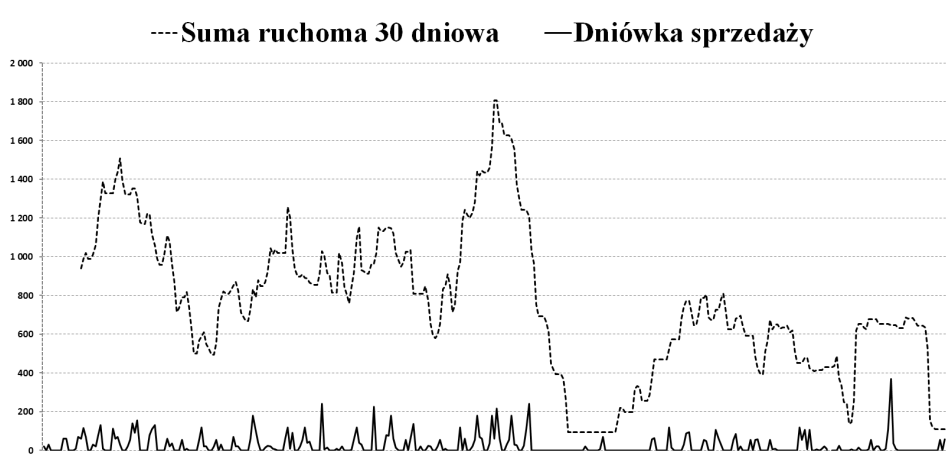
Źródło: opracowanie własne.

Jeśli przeprowadzimy powyższą analizę kwartalną dla wszystkich kombinacji miesięcy, nie tylko tych związanych z porami roku, wykryjemy sezonowość kwartalną, wybierając taką długość okresu, która wykazuje najwyższy ogólny poziom sezonowości (ogólny poziom różnic wyznaczają kolumny C oraz D).

Jeśli chcemy określać inną niż miesięczna długość okresu, potrzebujemy analizować dane o sprzedaży dziennej, które pozwolą wyznaczyć maksima i minima sezonowości z dokładnością do jednego dnia³⁰. W celu wykrycia sezonowości na danym produkcie

30 Sezonowość analizowana tygodniowo jest trudna do uchwycenia ze względu na nieintuicyjne powiązanie numeru tygodnia w roku do okresowości zmienności pogody strefy umiarkowanej. Ponadto w praktyce zastąpienie miesięcy tygodniami uniemożliwia budowanie analiz uproszczonych, zmuszając przy analizie do zastosowania rozwiązań skalowalnych, a skoro są one skalowalne, to nic nie stoi na przeszkodzie, aby wykorzystać je do siedmiokrotnie większych zbiorów danych – wykorzystując dodatkowe korzyści wynikające z analizy danych dziennych (analizy danych tygodniowe przydatne są jednak przy analizach długookresowych – powyżej 3 lat danych, dla których zbiory danych dziennych mogą okazać się zbyt obszerne).

z użyciem wykresu dużo mniej czytelne dane o sprzedaży dziennej trzeba zgrupować do sum kraczących, np. 30-dniowych, tak aby lepiej ukazywać różnice w skali roku.



Wykres 8. Określanie sezonowości z użyciem sprzedaży

Źródło: opracowanie własne.

Powyższa analiza wymaga eksperckiego podejścia określającego miary odległości pomiędzy minimami i maksimami oraz wyznaczenie części roku (który dzień roku) występowania ekstremów dla każdego z produktów. To z kolei wiąże się ze znaczącym nakładem pracy, przypadającym na jeden towar. Lecz tego typu analiza wykonywana jest tylko dla towarów, dla których okresu oraz umiejscowienia ekstremów sezonowości nie można ustalić w oparciu o dane miesięczne bądź kwartalne (brak zgodności okresu sezonowości z porami roku bądź miesiącami). Co więcej, sezonowość danego leku zależy od średniej pogody w porach roku oraz od stałych wskazań terapeutycznych, stąd też analiza długości okresu, czy samo sprawdzenie występowania sezonowości, w postaci ręcznego przeglądu sprzedaży produktu, wykonuje się nie częściej niż raz na rok.

3.9. Prognoza zintegrowana

Prognozowanie specjalistów na poziomie *ex factory* może być poprawiane nie tylko w skali najbliższego miesiąca w ramach procesu ang. *DDVC*³¹, lecz również w odniesieniu do wartości historycznych. Dysponując danymi

31 *Demand Driven Value Chain.*

o sprzedaży dziennej *ex factory* np. w poprzednim i bieżącym roku, możemy porównać wartości prognoz z nałożoną na nie sprzedażą odpowiednich dni w poprzednim roku. Taki widok pozwala weryfikować z poziomu planisty produkcji (koordynatora łańcucha dostaw) lub koordynatora zamówień produktów licencyjnych zarówno prognozę, jak i jej odniesienie wobec ostatnich miesięcy sprzedaży.

Techniczną trudnością porównania prognozy sprzedaży miesięcznej z dzienną jest przedstawienie danych w porównywalnej skali. W celu zrównania poziomu historycznych sprzedaży dziennych z miesięcznymi trzeba posłużyć się 30-dniową sumą ruchomą sprzedaży dziennych. Suma ta powinna być przesunięta o połowę porównywanego okresu, w tym przypadku o 15 dni, żeby suma ruchoma sprzedaży w punktach 15. dnia danego miesiąca liczyła sprzedaż dzienną od 1. do 30. tego miesiąca. Ponadto powinniśmy przyjąć mnożnik planowanego wzrostu sprzedaży w bieżącym roku w stosunku do sprzedaży z roku poprzedniego, wyznaczając wzrost podnoszący całą krzywą do góry ręcznie lub np. na podstawie prognozy liniowej popytu, a następnie dystrybuując poziom procentowy równomiernie na poszczególne miesiące (gdzie 3% wzrost oznacza dodawany do siebie wzrost na poziomie 0,25% w każdym miesiącu).

Stworzenie widoku porównawczego wymaga dysponowania tabelą prognoz na okresy zawierającą dwie kolumny – pierwsza: okres – druga: liczby sztuk oraz bazy dziennych sprzedaży, historycznych jako kolejne dwie kolumny – pierwsza: dzień – druga: liczby sztuk, a także bazy miesięcznych sprzedaży, sumujących dzienną sprzedaż historyczną na podstawie okresu z użyciem funkcji SUMA.JEŻELI(), dzięki czemu otrzymamy kolejne dwie kolumny – pierwsza: okres – druga: liczba sztuk. Następnie trzeba wydzielić z nich dane do pomocniczej tabeli, pokazującej sprzedaż np. z ostatnich 365 dni (pierwsza kolumna to data z pierwszym wierszem w postaci daty dzisiejszej z użyciem funkcji DZIŚ(), dla której kolejne wiersze to daty o jeden dzień wcześniejsze, z kolei wielkości sprzedaży, to dane o historycznej sprzedaży pobierane z bazy dziennych sprzedaży za pomocą funkcji INDEKS() oraz PODAJ.POZYCJĘ()). W tabeli pomocniczej w trzeciej kolumnie trzeba wyróżnić okresy, używając funkcji, która przekształca konkretną datę z pierwszej kolumny na format okresu np. w postaci rok-miesiąc [RRRR-MM], który będzie kryterium wyszukiwania danych miesięcznych. Dla kolejnych dat tego samego miesiąca wartości miesięczne będą się powtarzały (gdyż funkcja znajduje wartość taką samą dla każdego miesiąca).

```
=JEŻELI(MIESIĄC(Data)<10;ZŁĄCZ.TEKSTY(ROK(Data);"-0";MIESIĄC(Data));
ZŁĄCZ.TEKSTY(ROK(Data);"-";MIESIĄC(Data)))
```

Wzór 39. Funkcja arkusza kalkulacyjnego zamieniająca datę na okres

Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie tak uzyskanej trzeciej kolumny zawierającej okresy – w czwartej kolumnie tabeli pomocniczej trzeba pobrać sprzedaże zagregowane miesięcznie za

pomocą funkcji INDEKS() oraz PODAJ.POZYCJĘ(), dla których kryterium wyróżnienia sumy sprzedaży dziennych jest wartość w trzeciej kolumnie (okresu). Tak uzyskujemy tabelę źródłową dla sumy ruchomej 30-dniowej.

Następnie należy stworzyć tabelę dat do widoku porównania sprzedaży i prognozy. Widokiem tym będzie wykres ukazujący bieżący rok, dla którego dane źródłowe muszą mieć rozpiętość dwóch lat (co obejmuje skrajne przypadki – początku roku, gdy prawie cały rok będzie prognozą, albo końca roku, gdy prawie cały rok będzie sprzedażą historyczną). Źródłem danych dla niego jest tabela finalna pobierająca liczby sztuk dla danej daty z tabeli pomocniczej – dla słupków miesięcznych na podstawie okresów, co kluczowe, finalna tabela pobiera także skumulowane dane miesięczne sumy ruchomej 30-dniowej z użyciem funkcji SUMA() (o niezablokowanym znakiem dolara zakresie), zamieniając wartość roku na rok poprzedni, jeśli danych z tego roku brakuje³² – wymiarem danych dla wykresu są więc wszystkie okresy roku bieżącego.

```
=JEŻELI.BŁĄD(INDEKS(KolumnaSprzedaż;PODAJ.POZYCJĘ(Data);KolumnaDaty;0));  
JEŻELI.BŁĄD(INDEKS(KolumnaSprzedaż;PODAJ.POZYCJĘ(  
DATA(ROK(Data)-1;MIESIĄC(Data);DZIEŃ(Data));KolumnaDaty;0)))*(Mnożnik wzrostu+1)
```

Wzór 40. Funkcja arkusza kalkulacyjnego pobierania sprzedaży z poprzedniego roku

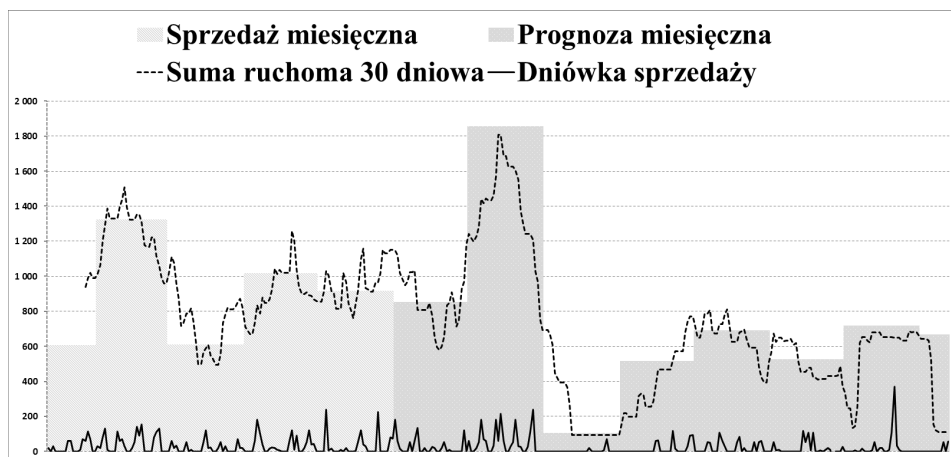
Źródło: opracowanie własne.

Dane o sprzedażach dziennych obejmują więc cały obecny rok, gdyż moment, w którym kończą się dane historyczne z roku bieżącego dla danej daty, wtedy zastępowane są one danymi o sprzedaży dla tej samej daty roku poprzedniego. Z kolei tam, gdzie kończą się na dniu dzisiejszym dane o sprzedaży miesięcznej, tam kontynuacją danych są najnowsze prognozy (pobierane z użyciem funkcji INDEKS() oraz PODAJ.POZYCJĘ()).

Wszystkie dane miesięczne (sprzedaż z bieżącego roku oraz prognoza) powinny zostać przedstawione jako wykres słupkowy (bez przerw) z różnymi kolorami serii, dzięki czemu sprzedaż historyczna będzie wyróżniać się na tle prognozy³³. Linią na wykresie są wartości sumy 30-dniowej sprzedaży dziennej, od daty początku prognozy są to dane o sprzedaży z tego samego dnia poprzedniego roku. Dane sumy 30-dniowej pobierane z roku poprzedniego mogą też być przemnożone przez mnożnik wzrostu sprzedaży wobec poprzedniego roku (liniowy – gdzie poziom procentowego wzrostu wzrasta stopniowo, bądź mnożnik stały – gdzie cała sprzedaż zeszłego roku jest podniesiona równolegle do osi poziomej).

32 Jeśli funkcja INDEKS() oraz PODAJ.POZYCJĘ() wykaże błąd (braku danych), wtedy wyszukaj po kryterium tej samej daty, ale dla roku mniejszego o jeden.

33 Powyższa metodologia może również przedstawiać wykres plus minus 180 dni, gdzie punktem środkowym zawsze jest dzień dzisiejszy.



Wykres 9. Widok nałożenia sumy ruchomej na sprzedaż

Źródło: opracowanie własne.

Powyżej ukazano wykres prognozy miesięcznej dla 10% wzrostu sprzedaży w porównaniu z zeszłym rokiem z nałożoną sumą 30-dniową z zeszłego roku bez korekty (wartość mnożnika: 100%). Graficzne zestawienie sumy 30-dniowej z poprzedniego roku wraz z prognozą pozwala ocenić jakość miesięcznego prognozowania na rok bieżący (przy założeniu podobnego poziomu zaburzeń sprzedaży oraz powtarzalnej sezonowości).

Rozdział 4

Ryzyko w planowaniu produkcji z perspektywy zarządzania łańcuchem dostaw

4.1. Popyt zależny – zapotrzebowania surowcowe

Każda produkcja zużywa zapasy surowców (Muckstadt, Sapra, 2010). Surowców może więc zabraknąć, co zwiększa ryzyko braku produktu na rynku, z powodu opóźnień w możliwości uruchomienia produkcji. W przypadku koncernu farmaceutycznego produkującego niezwykle szeroki asortyment – bardzo rzadko zdarza się ryzyko strat finansowych (Jorion, 2003) z powodu konieczności zatrzymania linii produkcyjnych (Jaberidoost *et al.*, 2015), ponieważ w sytuacji braku jednej grupy surowców fabryka wytwarza inne leki z innych substancji, a więc ciągle produkuje (Bensoussan *et al.*, 2015). Jest bardzo niewiele surowców, które zużywa się do więcej niż połowy wszystkich produktów (np. cukrowe wypełniacze tabletek w postaci mąki ziemniaczanej czy laktozy), jednakże je z kolei można łatwo zdobyć¹. Ryzyko (wobec możliwości zatrzymania linii produkcyjnej) generuje konieczność inkorporacji w skład wielu dodatkowych substancji pomocniczych, które muszą znaleźć się w leku zgodnie ze specyfikacją, chociaż z powodów medycznych nie są one niezbędne, a występują jako składnik w dużej grupie produktów (np. barwniki takie jak choćby czerwień koszelinowa – barwa tabletki nie wpływa w żaden sposób na sposób działania leku).

Surowce mogą być zamawiane w trzech trybach. Pierwszy i najprostszy to zamówienia stałe dla surowców o długim (wieloletnim) okresie przydatności, zużywanych w wielu produktach (bardzo stabilne zużycie) oraz niewiele powiększających

1 Chociaż laktoza czy mąka ziemniaczana farmaceutyczna musi spełniać wyższe wymagania czystości (czystość farmakopealna), przez co nie można zakupić do produkcji produktu z hurtowni spożywczych.

kapitał zamrożony w zapasach (niski COGS) – zamówienia raz na pół roku lub raz na kwartał, zapasy utrzymywane na pół roku albo 3 kwartały.

Drugi tryb bada zużycie historyczne (sumę dokumentów przesunięcia na magazyn produkcyjny, gdyż samo sumowanie wszystkich dokumentów RW² powiększy zużycie o utylizację z powodu złej jakości czy przekroczenia okresu ważności serii), korzystając ze standardowych wzorów na zapas bezpieczny i rotujący, biorących pod uwagę odchylenie standardowe zużycia, oraz (jeśli występuje wzrost zużycia) korygując te wartości o trend rosnący zużycia (według prognozy liniowej na danych zagregowanych, np. do miesiąca).

Trzeci tryb (najczęściej stosowany) to system ciągniony. Prognoza, po uwzględnieniu zapasów bezpiecznych na możliwe błędy prognozy, wyznacza wielkości produkcji, z kolei wielkość produkcji, po uwzględnieniu zapasów bezpiecznych na możliwe zmiany planów produkcji, wyznacza wielkość sumy koniecznych do zamówienia surowców, po uwzględnieniu przeliczników, czyli formuł składników (ang. *BOM – Bill Of Materials*) wyznaczających wielkość zużycia danego surowca w procesie produkcyjnym.

Tabela *BOM* występuje zwykle w układzie produkt–liczba sztuk produktu–surowiec–ilość surowca, która pokazuje, ile produktów powstaje z danej wielkości surowca. Biorąc pod uwagę straty dla niektórych surowców, np. wynikające z rozruchów maszyn ubytki materiałów opakowaniowych (kalibracja kartoniarki oznacza utratę kilkudziesięciu kartoników, a na rozruch blistrzarki trzeba zużyć nieraz kilkaset metrów folii aluminiowej), formuły podaje się więc w formacie np. 1010 kartoników na 1000 sztuk produktu (przelicznik to iloraz, czyli: 1,01). Niektóre surowce czy półprodukty mają dla wygody użytkownika jednostki miary w postaci tysięcy sztuk, co oznacza konieczność ujednolicania jednostek (np. przeliczenie sztuk w przypadku produktu na tysiące sztuk w przypadku surowców w postaci półproduktów, takich jak tabletki, czy surowców, takich jak kapsułki puste).

Przy systemie ciągnionym popytem na surowiec jest popyt zależny wobec produkcji (wielkość produkcji razy przelicznik na każdy produkt zużywający dany surowiec, gdyż przelicznik uwzględnia straty produkcyjne).

Główną zmienną jest więc trudna przewidywalność planów produkcji opracowywanych na podstawie prognozy popytu. Jednocześnie do zużycia zaplanowanego na podstawie popytu zależnego należy doliczyć planowane zużycia na przyszłe zamówienia klienta, które nie są ujęte w prognozie (typu *MTO*). Jeśli tego typu zamówienia nie zwiększają w znaczącym stopniu zużycia na podstawie planów do prognozy (zamówienia bezpośrednie są sporadyczne), wtedy wystarczy zbadać poziom zużycia historycznego wynikający tylko z zamówień *MTO*, uśrednić na miesiąc i dodać go (wraz z planowanym zwiększeniem poziomu zamówień) do popytu zależnego wynikającego z planów produkcji.

Systemy *ERP* wyposażone w moduły planistyczne, takie jak *ASCP*³, integrują plany produkcyjne wraz z formułami, tworząc tym samym bazę danych popytów zależnych wynikających z planów produkcji. Po dodaniu danych o częstotliwości przeglądu zapasów (*R*) w dziale zaopatrzenia oraz informacji o czasie przychodzenia dostawy surowców (*Lead Time*), oraz czasie potwierdzenia jego jakości (czas badań działu Kontroli Jakości) – system planistyczny wylicza przesunięte (o *LT+R*) zapotrzebowanie na surowiec, formułując tzw. rekomendacje zakupowe, które mogą być przesyłane bezpośrednio do kontrahenta. Jednak w praktyce, ze względu na zmienność niektórych parametrów, takich jak zmieniające się nieustannie plany produkcji⁴, konieczność uwzględnienia pokrycia surowcowego dla zamówień specjalnych⁵ oraz konieczność uwzględnienia możliwych nadzwyczajnych opóźnień dostawy od danego dostawcy surowców (a także ze względu na cenniki zakupowe, które obniżają ceny jednostkowe po integracji wielkości wielu potencjalnych zamówień), rekomendacje zakupowe wpraw są przesyłane do działu Zaopatrzenia, gdzie są analizowane i zatwierdzane, a czasami poprawiane ręcznie i przetwarzane na zamówienia w systemie *ERP*⁶.

Baza planów produkcyjnych jest uzupełniana przez koordynatorów łańcucha dostaw, by wraz z formułami (*BOM*) przełożyć się na zapotrzebowanie surowców na produkty typu *MTS* oraz *SEMI MTS*. Z kolei zapotrzebowanie *MTO* jest zasilane z zewnętrznej pomocniczej tabeli (system planistyczny nie może brać pod uwagę zamówień, których jeszcze nie złożył klient). Zewnętrzna tabela stworzona np. w *MS Excel* (Alexander, Kusleika, 2014) integruje formuły z historycznymi wielkościami zamówień *MTO* na produkty wraz z mnożnikiem przewidywanego wzrostu bądź spadku poziomu i wielkości zamówień. Innymi słowy zużycie na surowiec z poprzedniego roku i mnożnik wyznacza planowane zużycie surowców w roku bieżącym na produkcję wykonywaną na zamówienia. Wydzielenie zużycia surowców na produkty *MTO* odbywa się w oparciu o bazę zrealizowanych zamówień z zeszłego roku przemnożonych przez formuły⁸.

3 *Advanced Supply Chain Planner*.

4 Okres „mrożenia” planów produkcyjnych, czyli czas, w którym plany nie powinny się już zmieniać, to zaledwie kilka tygodni, harmonogram produkcyjny nie powinien być zmieniany na bieżący i najbliższy miesiąc (od połowy miesiąca bieżącego), jednak większość najważniejszych surowców (takich jak *API*) ma czasy dostaw od złożenia zamówienia przekraczające dwa miesiące (zwykle są to cztery miesiące dla towarów sprowadzanych z Dalekiego Wschodu – Chin oraz Indii) (Jia, Rutherford, 2010).

5 Krótkoterminowe wysoce zyskowne zamówienia realizowane dla bardzo ważnego klienta.

6 Stabilność zapotrzebowania na surowce, obejmuje powszechnie wykorzystywane wypełniacze (tutaj zmienność planów produkcyjnych nie ma większego wpływu na zapotrzebowanie, bo jeśli nie ten, to inny produkt będzie używał ten same składniki wypełniające) oraz *API* wchodzące w skład wielu różnych produktów (z tych samych powodów, co wypełniacze).

7 Przedrostek *SEMI* oznacza, że produkt będzie produkowany na *STOCK* (utrzymywany będzie dla niego zapas bezpieczny) tylko w sezonie, a nie w ciągu całego roku.

8 Produkcja odnotowuje wykonanie harmonogramu, nie ma więc bazy danych w systemie *ERP* mogącej wskazać, które surowce były zużyte na zamówienia, a które na produkcję produktów z zapasem bezpiecznym.

Tabelaryczne zestawienie zamówień *MTO* z zeszłego roku przy użyciu funkcji SUMA.JEŻELI() przekładane jest na horyzontalną sumę na indeks produktowy (z każdym miesiącem w kolejnej kolumnie) i wymnażane przez planowany poziom wzrostu liczby zamówień (kolumna D to indeksy produktów, a kolumny od G⁹ to kolejne miesiące z wartościami zamówień *MTO*). Żeby przeliczyć produkty na składniki, potrzebujemy tabelę przeliczników w oparciu o formuły, w układzie indeks produktu, indeks surowca, przelicznik. Następnie przy użyciu funkcji INDEKS() oraz PODAJ.POZYCJĘ() wyszukujemy wartości zamówień *MTO* odpowiadające indeksowi produktu, w kolejnych kolumnach podając wartości zamówień z zeszłego roku na produkt wymnożone przez przelicznik składnika.

9 Tabela pomocnicza ukazująca wielkości zamówień *MTO*, produkt pod produktem, gdzie każdy miesiąc to liczba opakowań wyprodukowanych w zeszłym roku na zamówienie.

SUMA ▼ ⊗ ✓ fx ≡ JEŻELI.BŁĄD(INDEKS(MTOIG\$3:G\$14000;PODAJ.POZYCJE(\$A2;MTOIG\$3:\$D\$14000;0)))0)*\$G2									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
PRODUKT	JM. PRODUKTU	ILOSC. PRODUKTU	SKŁADNIK	JM. SKŁADNIKA	ILOSC. SKŁADNIKA	Przelicznik	2022-03	2022-04	2022-05
2	Produkt 1	szt	1000	Składnik 3160	kg	5,0000	=JEŻELI.BŁĄD(0,0050)	165	251
3	Produkt 1	szt	1000	Składnik 4452	ts	1,0250	0,0010	34	51
4	Produkt 1	szt	1000	Składnik 4024	szt	7,6000	0,0076	251	381
5	Produkt 1	szt	1000	Składnik 5164	ts	1,0250	0,0010	34	51
6	Produkt 1	szt	1000	Składnik 0087	ts	28,0000	0,0280	924	1 404
7	Produkt 2	szt	1000	Składnik 1433	ts	0,0076	0,0000	0	0
8	Produkt 2	szt	1000	Składnik 3354	kg	1,4000	0,0014	15	38
9	Produkt 2	szt	1000	Składnik 3160	kg	5,0000	0,0050	54	100
10	Produkt 2	szt	1000	Składnik 4025	kg	0,6000	0,0006	6	12
11	Produkt 2	szt	1000	Składnik 4453	ts	1,0250	0,0010	11	21
12	Produkt 2	szt	1000	Składnik 4024	szt	7,6000	0,0076	82	208
13	Produkt 2	szt	1000	Składnik 5164	ts	1,0250	0,0010	11	21
14	Produkt 2	szt	1000	Składnik 0084	ts	28,0000	0,0280	301	561
									766

Wzór 41. Przeliczanie liczby sztuk produktu na składnik

Źródło: opracowanie własne.

W kolumnach od H do J mamy więc zestawienie duplikatów zużycia na dany produkt (każdy powtarzający się produkt w tej tabeli pobiera te same wartości, a występować w niej będą powtórzenia – inaczej wiele wierszy z tymi samymi wartościami, bo zwykle jeden produkt ma wiele składników).

W kolejnych kolumnach (kolumn będzie tyle, ile miesięcy analizy) od K do M stworzymy zestawienie duplikatów zużycia na dany składnik (każdy powtarzający się składnik w tej tabeli sumuje te same wartości, a występować w niej będą powtórzenia, bo zwykle jeden składnik jest częścią wielu produktów).

SUMA ▼ ⌂ ✕ ✓ f₁ =SUMA.JEŻELI(SD\$2:\$D\$9001;SD2:H\$2;H\$9001)													
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
PRODUKT	JM_PRODUKTU	ILOSC_PRODUKTU	SKLADNIK	JM_SKLADNIKA	ILOSC_SKLADNIKA	Przelicznik	2015-03	2015-04	2015-05	Duplikaty 2022-03	Duplikaty 2022-04	Duplikaty 2022-05	
1	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	
2	Produkt 1	szt	1000 Skladnik 3160	kg	5,0000	0,0050	189	165	251	=SUMA.JEŻELI(	265,12	387,55	
3	Produkt 1	szt	1000 Skladnik 4452	ts	1,0250	0,0010	39	34	51	38,75	33,83	51,41	
4	Produkt 1	szt	1000 Skladnik 4024	szt	7,6000	0,0076	287	251	381	369,08	402,99	589,08	
5	Produkt 1	szt	1000 Skladnik 5164	ts	1,0250	0,0010	39	34	51	49,78	54,35	79,45	
6	Produkt 1	szt	1000 Skladnik 0087	ts	28,0000	0,0280	1 058	924	1 404	1 058,40	924,00	1 404,48	
7	Produkt 2	szt	1000 Skladnik 1433	ts	0,0076	0,0000	0	0	0	0,08	0,15	0,21	
8	Produkt 2	szt	1000 Skladnik 3354	kg	1,4000	0,0014	15	28	38	15,07	28,03	38,29	
9	Produkt 2	szt	1000 Skladnik 3160	kg	5,0000	0,0050	54	100	137	242,81	265,12	387,55	
10	Produkt 2	szt	1000 Skladnik 4025	kg	0,6000	0,0006	6	12	16	6,46	12,01	16,41	
11	Produkt 2	szt	1000 Skladnik 4453	ts	1,0250	0,0010	11	21	28	11,03	20,53	28,03	
12	Produkt 2	szt	1000 Skladnik 4024	szt	7,6000	0,0076	82	152	208	369,08	402,99	589,08	
13	Produkt 2	szt	1000 Skladnik 5164	ts	1,0250	0,0010	11	21	28	49,78	54,35	79,45	
14	Produkt 2	szt	1000 Skladnik 0084	ts	28,0000	0,0280	301	561	766	301,35	560,68	765,81	

Wzór 42. Sumowanie zużycia na składnik

Źródło: opracowanie własne.

Wykorzystanie w tym celu funkcji SUMA.JEŻELI() (zestawienia formuł dużego zakładu farmaceutycznego zawierają zwykle wiele tysięcy wierszy) pozwala zsynchronizować z kolumny zużycia na produkt każde zużycie na składnik, którego produkt występuje w zestawieniu tabeli pomocniczej produktów *MTO*.

Po wykonaniu tego zadania powyższe zestawienie posłuży jako źródło danych do finalnej tabeli. Finalna tabela będzie składać się z samych składników, do której pobieramy popyt zależny z użyciem funkcji INDEKS oraz PODAJ.POZYCJE() na końcowe zestawienie, dzięki czemu otrzymujemy przełożenie zużycia surowców na podstawie listy produktów, czyli na podstawie pierwszej tabeli zamówień *MTO*.

Żeby przeliczyć produkty na surowce przy wytwarzaniu produktów farmaceutycznych, powyższą metodę trzeba zastosować co najmniej¹⁰ dwa razy, rekurencyjnie. To znaczy pojedyncze przeliczenie na bazie formuł w przypadku materiałów opakowaniowych jest wystarczające, natomiast w przypadku surowców chemicznych plany produktów zostaną przeliczone dopiero na zużycie półproduktów takich jak *bulki*. Formuły zawierają bowiem powiązanie materiał opakowaniowy – produkt, lecz nie zawierają powiązania głębszego, np. wypełniacz – produkt czy substancja aktywna – produkt. Dopiero *bulki* składają się z poszczególnych surowców. Lista formuł będzie posiadać wiersze zawierające produkt i *bulk*, lecz ten *bulk* jest również produktem dla surowca, na liście formuł znajdują się więc również wiersze zawierające *bulk* i składnik aktywny albo *bulk* i wypełniacz.

W rezultacie indeks *bulku* w kolumnie składników będzie również występować w kolumnie produktów, ponieważ jest on produktem dla surowców jako produkcyjny etap pośredni. Dlatego wyliczone zużycie półproduktu musi być rekurencyjnie także źródłem danych (tak jak źródłem danych była początkowa tabela zamówień *MTO*) dla kolejnych 24 kolumn (2 razy po 12, gdyż dopiero druga 12 to surowcowe duplikaty) wyliczających zużycia niższego poziomu. Finalna tabela podająca zużycia na podstawie planów *MTO* musi zawierać regułę pobierania zużycia z poziomu 0 dla materiałów opakowaniowych, a dla wypełniaczy oraz *API* z poziomu (-1). Finalna tabela powinna porównywać dla danego miesiąca wynik w kolumnach poziomu 0 oraz poziomu (-1), pobierając dla surowca większą wartość.

Powyższa metoda pozwala uzyskać dodatkowe zużycia *MTO* ponad popyt zależny produktów typu *MTS*, co pozwala zbudować widok ryzyka braku surowców. Tego typu widok jest szczególnie przydatny dla logistyka zaopatrzenia (Waters, 2007), gdyż systemy *ERP* pozwalają oceniać tylko jeden towar jednocześnie, a osoba zajmująca się zaopatrzeniem ma ich pod opieką około kilkuset¹¹. Dlatego przeglądanie po kolei każdego z towarów nie pozwala na codzienny przegląd zapasów

10 Czasami surowce przetwarzają się na masę tabletkową, którą dodatkowo się mieli w celu osiągnięcia docelowej średnicy cząstek. Masa tabletkowa jest surowcem dla tabletek, a tabletki dopiero stają się surowcem dla finalnego produktu.

11 Wyjątkiem jest jedynie zaopatrzenie *API*, gdzie pod opieką jednej osoby jest maksymalnie kilkadziesiąt surowców, ze względu na dużą odpowiedzialność finansową (Hull, 2015), bo ich ceny dochodzą do kilkuset tysięcy złotych za kilogram.

bez wspomagania się analizą ryzyka braku surowców umożliwiającą kompleksowe wyliczenie zapotrzebowania na surowiec.

Żeby zbudować widok zarządzania ryzykiem braku surowców, potrzebujemy zintegrować informacje o przyszłym zużyciu (popyt zależny powiększony o planowane zużycie *MTO*) ze stanami magazynowymi oraz zamówieniami w drodze. Na podstawie tych trzech czynników podejmuje się bowiem decyzje o wielkości zamówienia. Wszystkie te informacje powinny być dostępne jako „odświeżalne”, czyli pobierane automatycznie z systemu *ERP* kwerendą bazy danych, a nie wklejane ręcznie¹². Plik po połączeniu z bazą powinien pobierać najnowsze zamówienia zakupu, popyt zależny oraz stany magazynowe aktualizowane codziennie (zarówno stan łączny, jak i stan dostępny, czyli zapas po przeprowadzeniu kontroli jakości) i zawierać w sobie dane o prognozowanym zużyciu *MTO*, aktualizowane raz na rok bądź raz na pół roku.

Integracja tych danych na jednym widoku polega na ukazaniu zamawianych surowców w kolejnych wierszach, kolejne kolumny zawierać mają kluczowe informacje. Najważniejszą z nich jest stan magazynowy dostępny (bo jego wielkość decyduje o możliwości rozpoczęcia produkcji), następnie trzeba ukazać ogólny stan magazynowy – łączna wielkość stanu ze wszystkimi statusami działu Kontroli Jakości (dopiero co przyjęte dostawy będą w trakcie badań kontroli jakości, więc ich stan musi być wzięty pod uwagę, gdyż wkrótce te serie będą „zwolnione”) (Kumar, Jha, 2018). Następnie trzeba ukazać rotację rzeczywistą stanu w dniach, która odniesiona do popytu zależnego (popyt rozumiany łącznie jako wynikający z planów produkcji *MTS* oraz planowanego zużycia *MTO*) na kolejne miesiące pokaże poziom zapasu wobec potrzeb. Rotacja rzeczywista w całej kolumnie powinna mieć formatowanie warunkowe, które uczyni komórkę tym bardziej widoczną, im mniejszą liczbę dni rotacji ukazuje. Liczba dni rotacji odniesiona do daty dzisiejszej wyznaczy datę, po której zabraknie surowca. Następna konieczna kolumna to pozycja zapasu dodająca do stanu obecnego wszystkie dostawy w drodze. Pozycję zapasu również trzeba odnieść do planowanego zużycia za pomocą dni rotacji oraz daty potencjalnego braku.

Następnie trzeba wyznaczyć zapas odniesienia dynamicznie porównywany z obecnym zapasem, wyznaczając przez to poziom ryzyka¹³. W najprostszym przypadku będzie to zapas zużywający się w trakcie przychodzenia dostawy (liczony do przyszłego zużycia jako suma prognozy w czasie reakcji)¹⁴. Zapas odniesienia

12 Ponieważ przegląd zapasów powinien być przeprowadzany codziennie, występuje bardzo duże ryzyko wprowadzenia błędnych danych (prosta operacja kopiuj-wklej przeprowadzana w taki sam sposób trzy razy dziennie, co dzień, bardzo szybko prowadzi do rutyny i ryzyka błędu).

13 Ryzyko nie może bazować na prostej kalkulacji – dużo zapasu dobrze, mało zapasu źle – zawsze bowiem trzeba porównywać. Dlatego aktualny poziom zapasu musi być ryzykowny bądź bezpieczny w stosunku do „czegoś” – punktem odniesienia jest właśnie zapas odniesienia.

14 Innymi słowy zakładamy, że kolejna, najbliższa dostawa zabezpieczy zapotrzebowanie, trzeba jedynie zadbać, by zapasu nie zabrakło do momentu przyścia dostawy (dokładny dzień powinien być jeszcze opóźniony o czas badania kontroli jakości). Zapas obecny będzie więc porównany z zapasem wymaganym do czasu dostawy – jeśli oba zapasy są równe, wtedy stan magazynowy będzie zredukowany do zera dokładnie w dniu dostępności kolejnej dostawy.

może być również zapasem bezpiecznym, liczonym metodą klasyczną bądź bardziej skomplikowanymi metodami.

Zapas odniesienia będzie powiązany z zapasem obecnym za pomocą formatowania warunkowego na zasadzie proporcji wielkości zapasu obecnego do poszczególnych decyli zapasów odniesienia (gdzie zapas odniesienia wynosi 100%). Komórka z wartością zapasu powinna być tym bardziej widoczna, np. tym bardziej czerwona, im (procentowo) zapas ten będzie niższy od zapasu odniesienia. Zakresem do formatowania będzie zapas mający dynamicznie zmieniać np. kolor oraz procentowe poziomy zapasu odniesienia (10% zapasu odniesienia, 20% zapasu odniesienia itp.). Każdy wiersz będzie miał inne wartości, dlatego formatowanie warunkowe musi posiadać zakresy dynamiczne (od kolumny ZAPAS aż do kolumny 100%, bez znaków dolara blokujących zakres komórek), tak aby każdy wiersz był formatowany oddzielnie.

Tabela 11. Formatowanie warunkowe zapasu

ZAPAS	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	Zapas bezpieczny
190,1	75	150	225	300	375	449	524	599	674	749	312,5
258,3	29	58	88	117	146	175	205	234	263	292	269,6
196,1	38	76	113	151	189	227	264	302	340	378	148,7
1 149,3	870	1 740	2 610	3 479	4 349	5 219	6 089	6 959	7 829	8 699	4 078,0
1 972,1	88	176	264	352	441	529	617	705	793	881	931,5
3 039,0	231	461	692	923	1 154	1 384	1 615	1 846	2 076	2 307	1 413,2
24 731,7	1 812	3 623	5 435	7 246	9 058	10 869	12 681	14 492	16 304	18 115	22 631,4
13,8	6	12	18	24	31	37	43	49	55	61	30,5
302,7	61	122	183	244	305	366	427	488	549	610	335,3
110,2	36	71	107	142	178	213	249	284	320	355	186,2
2 847,2	524	1 048	1 573	2 097	2 621	3 145	3 670	4 194	4 718	5 242	2 338,6
81,7	15	29	44	58	73	87	102	116	131	145	95,3
6 168,9	362	725	1 087	1 449	1 812	2 174	2 536	2 898	3 261	3 623	4 526,3
70,5	38	76	114	152	190	228	266	304	342	380	396,2
2 585,3	269	538	807	1 076	1 344	1 613	1 882	2 151	2 420	2 689	1 333,1
52,0	8	15	23	30	38	45	53	61	68	76	104,7
310,0	8	16	24	32	41	49	57	65	73	81	43,6
223,1	31	61	92	123	154	184	215	246	276	307	275,1

Źródło: opracowanie własne.

Formuła wyliczająca wartość komórek w kolumnach procentowych zapasów odniesienia może odwoływać się do nagłówków kolumn, to pozwoli przeciągnąć formułę na kolejne wiersze (z zablokowanym odwołaniem do wiersza nagłówka za pomocą znaku dolaru). Z kolei sam zapas odniesienia możemy zwiększać bądź zmniejszać, odwołując się do zdefiniowanego procentowo mnożnika (np. $10\% * \text{Zap. odniesienia} + \text{Mnożnik} * \text{Zap. odniesienia}$).

Mnożnik blokujemy (dwoma znakami \$) całkowicie (zarówno wiersz, jak i kolumnę), odwołania do nagłówków blokujemy na poziomie wiersza (\$ przed liczbą), z kolei zapas odniesienia blokujemy na poziomie kolumny (\$ przed literą). Jeżeli mnożnik będzie w komórce M1, otrzymujemy formułę w komórce B2, którą możemy przeciągnąć w prawo do kolumny K, a następnie na wszystkie wiersze poniżej (tyle wierszy, ile surowców posiadamy), bez zmiany wzoru.

SUMA												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	ZAPAS	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	Zap. bezpieczny
1												
2	190,1	=JEŻELI	150	225	300	375	449	524	599	674	749	312,5

Wzór 43. Wzór na zapas odniesienia do formatowania
Źródło: opracowanie własne.

Po zgrupowaniu i ukryciu kolumn z wartościami procentowymi widok ukaże zapas na tym bardziej czerwonym tle, im mniejszy on jest w porównaniu z zapasem odniesienia (w powyższym przykładzie jest to zużycie w czasie *Lead Time*, które odwołuje się do kolumny z czasami dostaw w dniach oraz do zużycia przyszłego).

Kolejnymi kolumnami widoku zarządzania zapasami powinna być strefa zarządzania dostawami. Na przykład przy założeniu, że dla każdego surowca śledzimy nie więcej niż dwie dostawy w drodze, będziemy ukazywać wielkość dostawy i datę przyścia ostatniego i przedostatniego zamówienia (czyli przyszłej i kolejnej dostawy) oraz liczbę dostaw w drodze i łączną ilość surowca ze wszystkich dostaw w drodze (SUMA.JEŻELI()) dla wszystkich dostaw niezamkniętych, czyli jeszcze niekompletnie zrealizowanych), gdyby było ich więcej niż dwie. Aby pobrać do indeksu surowca ostatnie zamówienie, pobieramy jego maksymalny numer, a jeśli zamówienia w systemie nie są numerowane chronologicznie, największy utworzony dodatkowo numer porządkowy z tabeli zamówień, która sortowana musi być od najstarszych do najnowszych za wyjątkiem numerów porządkowych (uzyskujemy to nie wpisując numerów na sztywno, ale wykorzystując funkcję WIERSZ() podającą numer wiersza¹⁵).

¹⁵ Jeżeli w pierwszy wiersz wpisujemy funkcję =WIERSZ(A1) (wynik funkcji: 1) i przeciągniemy w dół formułę do kolejnych wierszy, wtedy kolejny wiersz wypełni funkcja =WIERSZ(A2) (wynik funkcji: 2) itd., przez co w takiej opisaniej funkcjami kolumnie numerowanie zawsze

Liczba dostaw nieprzyjętych, czyli łączna wielkość surowca ze wszystkich dostaw w drodze, powiększona o stan zapasu – wyznacza wartość pozycji zapasu. Pomocniczymi kolumnami są mnożniki dostaw (jeśli dostawa przyjdzie niepełna, można wstawić mnożnik np. 80% wielkości dostawy, który ograniczy o 20% wielkość zamówienia¹⁶) oraz kolumna potwierdzenia przyjęcia dostawy¹⁷. Ta ostatnia pobiera wartość oznaczenia dostawy jako potwierdzonej (w tabeli zamówień oznaczonej np. Y) z systemu ERP. Jeśli ta wartość występuje, pojawia się napis: POTWIERDZONE, najlepiej z dodatkowym formatowaniem warunkowym zmieniającym kolor tła np. na zielony, jeśli to słowo (POTWIERDZONE) w komórce występuje.

```
=JEŻELI(JEŻELI.BŁĄD(INDEKS(ZamówieniaPotwierdzenia;PODAJ.POZYCJĘ  
(Indeks;ZamówieniaIndeksy;0));"")="Y";"POTWIERDZONE";"")
```

Wzór 44. Formuła pokazująca tylko potwierdzone zamówienia

Źródło: opracowanie własne.

Ostatnie kolumny powinny porządkować listę, umożliwiając sortowanie surowców od najważniejszych do najmniej ważnych. Jedna kolumna powinna ukazywać przyszłe zużycie średnie – kolejna przyszłe zużycie łączne. Lecz najważniejszym wyznacznikiem istotności surowca jest jego cena, dlatego na widoku powinna znajdować się także kolumna COGS oraz kolejna przeliczająca zużycie łączne z wielkości na wartości (na podstawie kosztu jednostkowego).

będzie od 1 do maksymalnej wielkości bez względu na sortowanie tabeli, w której się kolumna znajduje.

16 Co oznacza, że z wpisanego do systemu zamówienia spodziewamy się otrzymać jedynie 80% jego wielkości.

17 Po kontakcie z kontrahentem, kiedy przysyła on e-mail (kontakt telefoniczny nie jest wystarczający do ewentualnych roszczeń) potwierdzający wysyłkę oraz datę dostawy, czyli że dostawa dojdzie zgodnie z harmonogramem, wtedy pracownik działu Zaopatrzenia manualnie oznacza dostawę jako potwierdzoną, co pozwala na łatwiejszą filtrację zagrożeń.

Tabela 12. Widok zarządzania surowcami

[illegible]

Źródło: opracowanie własne.

Powyższy widok pozwala zarządzać tysiącami surowców, gdyż przy codziennym przeglądzie zapasów – każdego dnia przeglądamy tylko czerwone pozycje spośród wierszy, które mają rotację pozycji zapasu niższą od wybranej wartości (filtracja listy). Standardowa procedura pracy z takim widokiem zakłada ponadto przejrzanie listy czerwonych pozycji, które nie mają dostaw w drodze (filtr dostaw ustawiony na wartość równą zero). W trzecim kroku przegląda się listę wedle dni pozycji zapasu od najkrótszych, by na końcu przejrzeć listę dni zapasu od najkrótszych, sprawdzając, czy dostawy w drodze mają potwierdzenia (filtracja na kolumnie ukazującej potwierdzone zamówienia z warunkiem: niezawierające słowa „POTWIERDZONE”).

W praktyce przy normalnej pracy zakładu farmaceutycznego na mniej więcej na tysiąc towarów wykonuje się około 10 czy 20 zamówień w dniu roboczym, dlatego przejrzanie powyższej listy oraz wpisanie do systemu *ERP* nowych zamówień nie zajmuje więcej niż połowę etatu wraz z analizą przypadków wyjątkowych. Pozostały czas osoby zajmującej się zaopatrzeniem w surowce przeznaczany jest na „pilnowanie” zamówień w drodze (np. na ponowne „potwierdzanie potwierdzenia” dostawy, przy kontrahentach sprawiających problemy, czy na korygowanie poziomu procentowej wielkości, jaka została wysłana, czy spędzany jest na upewnianiu się, że poszczególne etapy dostawy przebiegają bezproblemowo – statek może mieć problemy z załadunkiem, czy mogą występować problemy biurowe np. w trakcie clenii) oraz na utrzymywaniu „zażyłych”¹⁸ kontaktów z dostawcami.

4.2. Popyt zależny jako czynnik ryzyka braku produktu

Przedstawienie popytu zależnego jako czynnika ryzyka braku produktu polega na przeniesieniu wyliczeń popytu zależnego na poziom planowania produkcji, czyli koordynację łańcucha dostaw. Planista produkcji wyznaczający poziom wielkości produkcji na dany miesiąc musi być pewny, że wielkości, jakie planuje, będą miały pokrycie w surowcach¹⁹.

18 W relacjach z kontrahentami bardzo ważne są kontakty międzyludzkie, dzięki którym uzyskuje się priorytetyzację dostaw czy szybsze ostrzeżenie przed problemami w zaopatrzeniu.

19 W przypadku produkcji małej ilości produktów wystarczy, że koordynator łańcucha dostaw „odwiedzi” pracownika działu Zaopatrzenia, ustalając z nim możliwości pokrycia w surowcach planu zwiększenia harmonogramu produkcji. Jednak w przypadku opieki koordynatora nad setkami produktów potrzeba coraz bardziej rozwiązań systemowych automatycznie ostrzegających, że właśnie zaplanowana dodatkowa produkcja nie będzie mieć na czas dostarczonych surowców.

W przemyśle farmaceutycznym część surowców takich jak materiały opakowaniowe posiada krótkie czasy dostawy. Folie z nadrukiem dostarczane są w ciągu dwóch tygodni²⁰, *Lead Time* maksymalnie trzech tygodni występuje tylko, gdy sprowadza się je z innych krajów Europy. W przypadku kartoników i ulotek czas od zamówienia do dostawy nie przekracza dwóch tygodni, zwykle jest to tydzień (materiały zadrukowane papierowe są na tyle prostym procesem wytwarzania, że zawsze produkowane są w kraju wytwarzania). Ponadto fabryka powinna mieć dodatkowego dostawcę awaryjnego, który za dwukrotność bądź trzykrotność ceny jednostkowej będzie w stanie wykonać i dostarczyć pilną niewielką²¹ partię w ciągu dwóch dni roboczych od zamówienia. Stąd też tego typu surowce nie muszą znajdować się na stanie magazynowym na kolejny okres planowania (na kolejną serię produkcji danego preparatu). Nawet gdyby planista wprowadzał korektę zwiększającą drastycznie produkowaną wielkość, zmieniając harmonogram np. na następny miesiąc, to na podstawie rekomendacji popytu zależnego zaopatrzeniowiec będzie w stanie dostarczyć zwiększone liczby sztuk materiałów opakowaniowych na czas.

W przypadku tzw. wypełniaczy, czyli substancji chemicznych tworzących lek, lecz niemających działania terapeutycznego, czasy dostaw mogą być dłuższe niż trzy tygodnie, lecz ze względu na fakt, że surowce te wchodzi w wiele różnych produktów, zwiększenie zapotrzebowania na jeden z nich nie wpływa znacząco na popyt zależny. Innymi słowy tego typu wahania planów z nawiązką pokrywa zapas bezpieczny. Nie ma więc dużego ryzyka braku takiego surowca.

Natomiast w przypadku substancji aktywnych *API*, czyli najdroższych substancji sprowadzanych zwykle z krajów Dalekiego Wschodu (Huq, Pawar, Rogers, 2016) (z Indii przez Kanał Sueski czy z Chin przez Cieśninę Malakka, gdzie sam czas transportu na morzu to ponad 34 dni²²), czasy dostaw mogą osiągać cztery miesiące (Bucalo, Jereb, 2017; Deselnicu, Negoita, Purcarea, 2018), dlatego planowanie większych wielkości produkcyjnych może być ograniczone dostępnością takich składników. Stąd też osoba planująca powinna mieć informację o pokryciu surowcowym w widoku planowania, aby wiedzieć, czy podjęcie decyzji o zwiększeniu wolumenu produkcji wiąże się z ryzykiem wyczerpania zapasu bezpiecznego na kluczowych surowcach.

Widok ryzyka pokrycia surowcowego zakłada dwie wartości, które należy śledzić, pierwszą z nich jest zużycie w okresie *Lead Time* surowców na ten konkretny produkt, drugim jest przeliczenie każdej innej planowanej w tym czasie produkcji na zużycie tych samych surowców, co te służące do wyprodukowania danego leku. Pierwsza wartość przełoży się na ryzyko braku surowców unikatowych dla

20 Dwa tygodnie to czas dostawy w przypadku druku nowego wzoru, czasy dostaw obejmują około 1 tydzień, gdy jest to produkcja seryjna (kolejna partia folii drukowana zgodnie z tym samym wzornikiem).

21 Jedna lub dwie palety – do 5 tysięcy kartoników przewożone bussem natychmiast po wyprodukowaniu, także w nocy.

22 Wykorzystanie północnego szlaku morskiego wokół Syberii (*Northern Sea Route* – *NSR*) skracają ten czas do 23 dni.

tego produktu (dla nowych planów na dany produkt), np. materiałów opakowaniowych. Druga przełoży się na ryzyko braku pozostałych surowców, które będą używane także w innych produkcjach przez inne zlecenia.

Żeby ukazać zużycie surowców w okresie *Lead Time*, trzeba stworzyć tabelę pomocniczą formuł w układzie: wyróżnik – produkt – składnik – przelicznik – licznik, gdzie „przelicznik” to proporcja zużycia surowca na każdą sztukę produktu, z kolei „licznik” wyznacza, który kolejny raz indeks produktu powtarza się na liście. Dzięki licznikowi możemy stworzyć „wyróżnik” do wyszukiwania (za pomocą funkcji ZŁĄCZ.TEKSTY) – identyfikujący pierwszy składnik produktu, drugi składnik produktu itp.

=LICZ.JEŻELI(B\$2:B2;B2)

Wzór 45. Tabela pomocnicza formuł do widoku zużycia planowanej produkcji

Źródło: opracowanie własne.

Dzięki zablokowaniu wiersza tylko w początku zakresu (od B2 do B2), po przeciągnięciu formuły w kolumnie E, wartość funkcji LICZ.JEŻELI(), zliczającej występowania w powiększającym się zakresie, poda liczbę powtórzeń danego produktu w kolumnie B, nawet jeśli lista nie będzie posortowana po produktach. Mając w kolumnie A wyróżnik w postaci unikatów wierszy, w których znajdują się kolejne składniki dla tego samego produktu, możemy pobierać (z użyciem funkcji INDEKS() oraz PODAJ.POZYCJĘ()) indeksy składników do widoku planowania (wyszukując pierwszy składnik produktu 1, drugi składnik produktu 1 itd.).

Widok tego rodzaju ukazuje do przeglądu tylko jeden towar jednocześnie, identyfikując go indeksem produktowym, który będzie wyszukiwał odpowiednie składniki na powyższej liście. Jeżeli tabelę pomocniczą nazwiemy: FORMUŁY, a zakres wierszy tabeli ustalimy np. na 15 000 wierszy (większy zakres danych niż długość źródła to przy funkcji dobra praktyka²³, dzięki której nie trzeba poprawiać formuły po zwiększeniu się liczby wierszy w źródle danych²⁴), wtedy formuła wyszukująca pierwszy indeks składnika będzie następująca:

=JEŻELI.BŁĄD(INDEKS(FORMUŁY!\$C\$2:\$C\$15000;PODAJ.POZYCJĘ(ZŁĄCZ.TEKSTY(WIERSZ(A1);\$A\$1);FORMUŁY!\$A\$2:\$A\$15000;0));"")

Wzór 46. Formuła wyszukująca składniki dla produktów

Źródło: opracowanie własne.

23 Odwołanie się do zakresu całej kolumny spowalnia plik, ponieważ formuła przeszukuje wszystkie wiersze, co w najnowszej wersji MS Excel oznacza konieczność analizy ponad miliona wierszy.

24 Można także formatować źródło danych jako tabelę danych, przez co odwołanie będzie do nazwy kolumny w tabeli, i będzie ono aktualne także, gdy tabela zwiększy liczbę wierszy (automatycznie powiększając zakres).

Funkcja WIERSZ() podaje numer wiersza, dlatego użycie funkcji WIERSZ dla komórki A1 daje w efekcie wartość równą 1. Stąd po przeciągnięciu formuły w dół wyszukiwać będzie kolejne składniki, wyróżniane w tabeli FORMUŁY kolejnymi wyróżnikami, czyli kolejnymi liczbami porządkowymi składników i indeksami konkretnego produktu. W kolejnej kolumnie powinny wyszukiwać się przeliczniki mówiące, ile składnika zużyje jedna sztuka produktu (wartości przeliczników to kolumna D).

```
=JEŻELI.BŁĄD(INDEKS(FORMUŁY!$D$2:$D$15000;PODAJ.POZYCJĘ(
ZŁĄCZ.TEKSTY(WIERSZ(A1);$A$1);FORMUŁY!$A$2:$A$15000;0));"")
```

Wzór 47. Formuła wyszukująca przeliczniki dla składników
Źródło: opracowanie własne.

Żeby przeliczyć zużycie surowców w czasie *Lead Time* na produkt, trzeba dysponować wartością planowanej produkcji na konkretny produkt. Ponieważ okres *Lead Time* jest w dniach i przesuwają się wraz z kolejnymi datami pobieranymi z funkcji DZIŚ() (datą końca okresu jest DZIŚ() + *Lead Time*), dane na temat planowanych produkcji powinny być ułożone wertykalnie²⁵ (ang. *long format*). Następnie z użyciem funkcji tablicowej²⁶ {SUMA()} pobieramy sumę wszystkich planowanych wielkości produkcji, poczynając od daty wczorajszej (nie dzisiejszej, ponieważ zakładamy, że opóźnienia uzupełnienia dokumentów w systemie ERP mogą dochodzić do jednego dnia) do daty końca okresu.

Jeśli przelicznik produktu na surowiec znajduje się w komórce C30, daty przechowywane są w kolumnie N, a data końca okresu w komórce J1, z kolei wartości planowanych produkcji w kolumnie P, wtedy formuła podająca zużycie jednego składnika na podstawie planów produkcji (dla stu wierszy) przybierze postać:

```
{=JEŻELI.BŁĄD((SUMA(((N$3:N$103)<J1)*((N$3:N$103)>(DZIŚ()-1))*P$3:P$103))*C30;"")}
```

Wzór 48. Formuła podająca zużycie surowca na plany w okresie
Źródło: opracowanie własne.

25 Ponieważ horyzontalnie (ang. *wide format*), czyli w kolejnych kolumnach, najlepiej przeglądać równe okresy czasowe, takie jak tygodnie czy miesiące, z kolei daty produkcji, czyli nierówne okresy czasowe są czytelniejsze, gdy ułożą się one w kolejnych wierszach w tej samej kolumnie.

26 Funkcje tablicowe MS Excel, oznaczane nawiasami klamrowymi i zatwierdzane z użyciem kombinacji klawiszy Ctrl+Shift+Enter zamiast tylko klawisza Enter zatwierdzającego zwykłe funkcje, tworzą wirtualne tabele porównawcze komórek, do których się odwołują, przez co są znacznie bardziej zasobochłonne, dlatego należy używać ich oszczędnie.

W powyższym przykładzie formuła zlicza produkcję na zakresie od wiersza 3 do 100, bo zakładamy, że dla danego produktu można wyznaczyć maksymalnie 100 dat produkcji. Po przeciągnięciu powyższej formuły w kolumnie będzie ona podawała zużycie dla kolejnych przeliczników. Gdy wyliczymy planowane zużycie na produkt, musimy jeszcze porównać je ze stanami magazynowymi surowców, zarówno z zapasem łącznym, jak i tylko tym dostępnym do użycia na produkcji (o potwierdzonej jakości, czyli w statusie „ZWOLNIONE”).

Ostatnią kolumną w widoku ryzyka surowcowego będzie kolumna łącznego zużycia surowca w okresie²⁷, wyliczana dla wszystkich produktów planowanych w tym czasie, zużywających te same surowce. Żeby takie zestawienie uzyskać, w pomocniczej tabeli FORMUŁY tworzymy kolejną kolumnę duplikatów, w której zastosujemy formułę podającą zużycie surowca na plany danego wyrobu gotowego w okresie. Jej źródłem danych nie będzie plan produktu konkretnego wyrobu gotowego, lecz wszystkie plany produkcji (ulożone datami wertykalnie). Utworzy to kolumnę duplikatów (plan produkcji na produkt znajdują się w każdym wierszu, w którym ten produkt występuje, wielkości będą się więc powtarzały), które będą wymnożone przez przelicznik surowca. Jeżeli plany produkcji przechowujemy w zakładce „Plan” w kolumnie F, indeksy produktów w kolumnie B (poczynając od B2), datę końca okresu planowania w komórce A1, ograniczającą zakres dat przechowywanych w kolumnie I, wtedy wzór na wyliczenie łącznej wielkości produkcji na składnik będzie iloczynem przelicznika (kolumna D poczynając od D2) i sumy planów produkcji (suma warunków) warunkowanej zakresami dat oraz indeksem produktowym. W rezultacie formuła umieszczona w drugim wierszu zaraz po nagłówku (która może być skopiowana do pozostałych wierszy kolumny), pozwalająca na obliczenie odpowiednich iloczynów będzie na-

```
=SUMA.WARUNKÓW(Plan!$F$5:$F$14000;Plan!$B$5:$B$14000;B2;Plan!$I$5:$I$14000;  
">="&DZIŚ()-1;Plan!$I$5:$I$14000;"<="&$A$1)*D2
```

Wzór 49. Wzór pobierający plany produkcji i wyliczający dla nich zużycie surowca

Źródło: opracowanie własne.

stępująca:

Do ostatniej kolumny widoku ryzyka pobieramy wartości duplikatów łącznego zużycia na surowiec w okresie, czyli popyt zależny, przy użyciu funkcji SUMA.JEŻELI(). Dane o zużyciu na produkt w okresie powinno porównać się procentowo ze stanem magazynowym oraz stanem dostępnym (gdzie wartości powyżej 100% oznaczają, że jest wystarczająco dużo surowca na produkcję, czyli

```
{=JEŻELI.BŁĄD((SUMA(((($N$3:$N$103)<J$1))*((($N$3:$N$103)>(DZIŚ()-1))*$P$3:$P$103))*C30;"")}
```

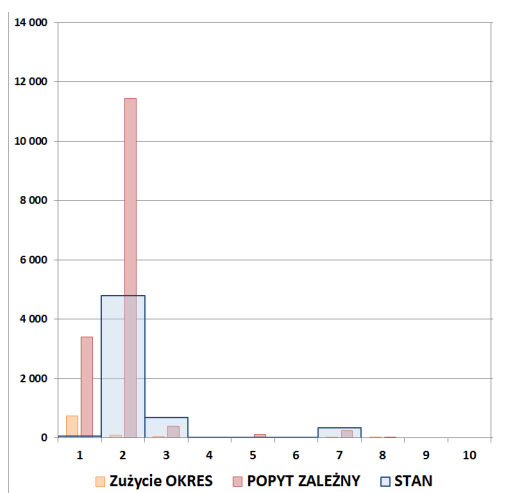
Wzór 50. Formuła podająca zużycie surowca na plany w okresie

Źródło: opracowanie własne.

²⁷ Długość okresu będzie wyznaczać okno planowania dla najbliższej partii produkcyjnej.

że stan magazynowy jest większy od skumulowanego popytu zależnego, jaki jest planowany).

Widok ryzyka surowcowego integruje kluczowe informacje, czyli stan magazynowy surowca (STAN) odniesiony do zużycia w okresie na konkretny produkt (Zużycie OKRES) oraz do zużycia łącznego w okresie na wszystkie produkty (POPYT ZALEŻNY), w tym ten w postaci wykresu pociskowego. Wykres pociskowy umieszcza słupki danych o zużyciu na produkt oraz zużycia na wszystkie produkty na tle poziomu zapasu surowca (małe słupki nie mogą wykraczać ponad słupek tło – jeśli wykraczają oznacza to, że zapas nie pokrywa zagregowanego popytu na surowce na wszystkie indeksy produktowe). Na poniższym wykresie przedstawiono poziom zużycia wobec zapasu dla poszczególnych surowców



Wykres 10. Widok ryzyka surowcowego poziomu zero

Źródło: opracowanie własne.

poziomu 0 (oś pozioma), czyli pierwszego poziomu zagnieżdżenia surowców (np. kartoniki, ulotki czy bulki produktowe).

Na powyższym wykresie widzimy, że rozpatrywany na wykresie przykładowy towar jest dosyć ważny, gdyż odpowiada za dużą część łącznego zużycia wielu surowców (w tym około 1/3 zużycia surowca głównego).

Żeby zbudować wykres pociskowy, węższe słupki zużyć i popytów zależnych muszą odnosić się do osi pomocniczej wykresu, którą trzeba usunąć, żeby skala stanu i zużyć była taka sama. Następnie dla zużyć trzeba zwiększyć szerokość przerwy pomiędzy słupkami, co sprawi, że będą one węższe niż słupki stanów magazynowych.

Powyższy widok odnosi się do zużyć surowców poziomu 0, czyli pierwszych składników produktu. Surowce poziomu -1, czyli surowce składające się na półprodukty, np. *bulki*, można ukazać na kolejnych wykresach ryzyka surowcowego poziomu -1, korzystając z wyliczonej wartości zużycia półproduktu, która zastąpi

wartości planów produkcji produktu. Można też pobierać listę planów bezpośrednio z systemu *ERP*, po indeksie składnika będącego półproduktem, jeśli system planuje produkcję półproduktów z zapasem bezpiecznym na zapotrzebowanie wyrobu gotowego. Zasada budowania kolejnych list – dla wszystkich składników będących półproduktami, poza innym źródłem wielkości produkcji, jest analogiczna, a z powodu zagnieżdżenia także rekurencyjna.

4.3. Kalendarz dostaw i harmonogramu produkcji

Widok planów produkcyjnych w postaci listy zleceń produkcji, czyli pojedynczych dat przedstawianych w kolejności chronologicznej, nie jest wystarczająco czytelny. Pojedyncze daty prezentujące daty zakończenia produkcji (koniec harmonogramu produkcji powiększony np. o 14 dni na kontrolę jakości i zwolnienie na rynek) oraz daty dostaw dla towarów zamawianych (daty przyjęcia powiększone np. o 14 dni na kontrolę jakości i zwolnienie na rynek) powinny być przedstawiane także na kalendarzu. Efektem jest nie tylko zwiększenie czytelności, lecz również lepsza komunikacja pomiędzy działami, dzięki możliwości przesyłania informacji z wklejonymi kalendarzami produkcji (dostaw) do e-maili dotyczących konkretnych wyrobów w postaci obrazów (zrzutów ekranów z widoku *MS Excel*).

Żeby zbudować system kalendarzy, który będzie umożliwiał rozpoczęcie kalendarza pierwszego miesiąca od dowolnej daty, najpierw budujemy tablicę

Tabela 13. Tablica zakresu kalendarza

	A	B	C
1	Rok	Miesiąc	Numer
2	2015	Styczeń	1
3	2016	Luty	2
4	2017	Marzec	3
5	2018	Kwiecień	4
6	2019	Maj	5
7	2020	Czerwiec	6
8	2021	Lipiec	7
9	2022	Sierpień	8
10	2023	Wrzesień	9
11	2024	Październi	10
12	2025	Listopad	11
13	2026	Grudzień	12

Źródło: opracowanie własne.

pomocniczą dat (zakładka DATY), które chcemy mieć do wyboru, czyli zakres kalendarza.

W nowej zakładce kalendarza budujemy listy wyboru roku (powinny to być lata poprzedzające oraz najbliższe – tak aby kalendarz spełniał funkcje analizy przeszłości oraz prognozy) oraz miesiąca, czerpiąc wartości z zakresów A1:A13 oraz B1:B13 oraz C1:C13 w zakładce „DATY”. Następnie tworzymy formułę na datę początkową kalendarza, która będzie brać pod uwagę datę dzisiejszą, chyba że pola wyboru roku (C1) i miesiąca (C2) nie są puste, wtedy będziemy brać pod uwagę pierwszy dzień

```
=JEŻELI(LUB(C1="";C2="");"Wybierz kalendarz";"Kalendarz na "&TEKST  
(JEŻELI.BŁĄD(DATA(C1;JEŻELI.BŁĄD(INDEKS(DATY!$C$2:$C$13;PODAJ.POZYCJĘ(  
B2;DATY!$B$2:$B$13;0));"";1);"";"mmmm rrrr"))
```

Wzór 51. Formuła daty początkowej kalendarza

Źródło: opracowanie własne.

wybranego z listy roku i miesiąca (taki układ umożliwia tworzenie kalendarzy dla lat innych niż rok bieżący i manipulację początkowymi miesiącami).

Tytuł kalendarza powinien pobierać wartości z pola wyboru lub informować, że data początkowa może być ręcznie zmieniona, wyświetlając: „wybierz kalendarz”. Domyślnie w komórce powinien być przedstawiony okres kalendarza, np. jeśli w polach C1 jest wartość „2021”, a w C2 jest wartość „Styczeń”, wyświetlając: „Kalendarz na styczeń 2021”. Odpowiedni format wyświetlania okresu uzyskujemy

```
=JEŻELI(LUB(C1="";C2="");"Wybierz kalendarz";"Kalendarz na "&TEKST  
(JEŻELI.BŁĄD(DATA(C1;JEŻELI.BŁĄD(INDEKS(DATY!$C$2:$C$13;PODAJ.POZYCJĘ(  
B2;DATY!$B$2:$B$13;0));"";1);"";"mmmm rrrr"))
```

Wzór 52. Formuła tytułu kalendarza

Źródło: opracowanie własne.

dzięki formule TEKST() (np. w formacie: mmmm rrrr, który oznacza miesiąc w postaci tekstowej oraz rok).

Formuły dat początkowych kolejnych miesięcy będą większe o miesiąc od daty początkowej kalendarza. Jeśli data początkowa kalendarza znajduje się w komórce E2, wtedy formuła rekurencyjna pozwalająca kopiować kalendarze (zakres komórek z pierwszym miesiącem) i automatycznie zamieniać je na kolejne miesiące

```
=JEŻELI(MIESIĄC(E2)=12;DATA(ROK(E2)+1;1;1);DATA(ROK(E2);MIESIĄC(E2)+1;1))
```

Wzór 53. Formuła rekurencyjna daty początkowej kalendarza

Źródło: opracowanie własne.

(komórki po skopiowaniu będą odwoływały się już do miesiąc późniejszej daty) będzie następująca:

Tworząc kalendarz na dany miesiąc, trzeba zbudować formułę tablicową, która będzie odwoływać się do daty początkowej i ukazywać kolejne dni w komórkach tablicy. Datą początkową pierwszego miesiąca jest data początkowa kalendarza, a datami początkowymi dla kolejnych miesięcy są powiększone o miesiąc daty poprzedniego kalendarza. Na koniec pozostaje wkleić jako tablicową poniższą formułę (odnoszącą się do komórki E2 jako przechowującej datę początkową), na

```
{=JEŻELI(JEŻELI(MIESIĄC(DATA(ROK(E2);MIESIĄC(E2);1))<>MIESIĄC(DATA(ROK(E2);MIESIĄC(E2);1)-(DZIEŃ.TYG(DATA(ROK(E2);MIESIĄC(E2);1);2)-1)+{0\1\2\3\4\5}*7+{1;2;3;4;5;6;7}-1);"";DATA(ROK(E2);MIESIĄC(E2);1)-(DZIEŃ.TYG(DATA(ROK(E2);MIESIĄC(E2);1);2)-1)+{0\1\2\3\4\5}*7+{1;2;3;4;5;6;7}-1)="";"-";JEŻELI(MIESIĄC(DATA(ROK(E2);MIESIĄC(E2);1))<>MIESIĄC(DATA(ROK(E2);MIESIĄC(E2);1)-(DZIEŃ.TYG(DATA(ROK(E2);MIESIĄC(E2);1);2)-1)+{0\1\2\3\4\5}*7+{1;2;3;4;5;6;7}-1);"";DATA(ROK(E2);MIESIĄC(E2);1)-(DZIEŃ.TYG(DATA(ROK(E2);MIESIĄC(E2);1);2)-1)+{0\1\2\3\4\5}*7+{1;2;3;4;5;6;7}-1)))}
```

Wzór 54. Formuła kalendarza

Źródło: opracowanie własne.

zakresie komórek kalendarza pojedynczego miesiąca (np. D5:H11 w przykładzie poniżej).

Powyższe rozumowanie wydawać się może nadmiernie zawiłe, jednak wymagane jest tutaj zintegrowanie opóźnienia o dzień każdej kolejnej komórki w jednej formule, na podstawie daty odniesienia, dlatego, że cały kalendarz miesiąca musi być zawarty w jednym algorytmie zmiany daty. Powyższa formuła oszczędza konieczności tworzenia dużo prostszej formuły, ale dla każdej z komórek miesiąca oddzielnie, co pozwala kopiować kalendarz całymi miesiącami (jeśli chcemy ukazać na jednym widoku więcej miesięcy). Główną trudność stanowi dynamiczne przypisanie znaku myślnika: (-) dla każdej z dat, która nie występuje w danym miesiącu. W rezultacie otrzymujemy kalendarz na dowolnym zakresie dat.

Tabela 14. Kalendarz dla dowolnego zakresu dat

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Rok: 2021			Kalendarz na styczeń 2021			
2		Miesiąc: Styczeń			2021-01-01			
3								
4		Kalendarz na styczeń 2021						
5		Poniedziałek	-	04	11	18	25	
6		Wtorek	-	05	12	19	26	
7		Środa	-	06	13	20	27	
8		Czwartek	-	07	14	21	28	
9		Piątek	01	08	15	22	29	
10		Sobota	02	09	16	23	30	
11		Niedziela	03	10	17	24	31	
12								
13		Kalendarz na luty 2021						
14		Poniedziałek	01	08	15	22	-	
15		Wtorek	02	09	16	23	-	
16		Środa	03	10	17	24	-	
17		Czwartek	04	11	18	25	-	
18		Piątek	05	12	19	26	-	
19		Sobota	06	13	20	27	-	
20		Niedziela	07	14	21	28	-	

Źródło: opracowanie własne.

W każdym polu znajduje się pełna data wyświetlana w formacie ukazującym tylko wartość dni, czyli: dd.

Samo zbudowanie kalendarza staje się przydatne przy zarządzaniu informacją produkcyjną, gdy dodamy formatowanie warunkowe (ustanawiając reguły dla całego obszaru kalendarza) porównujące wartość każdego pola daty z datami dostaw bądź zakończenia produkcji.

Wpisane do systemu ERP wartości zleceń produkcyjnych automatycznie podświetlają przez to kolorem właściwe pola, jeśli każde z nich jest sformatowane warunkowo na zmianę koloru, jeśli wartość z komórki kalendarza równa jest wartości daty w polach zleceń produkcji. Warunków musi być tyle, ile pól wyświetlania dat zleceń bądź dat dostaw, lecz ponieważ jeden produkt nie ma zbyt wielu zaplanowanych produkcji czy wpisanych dat dostaw, warunków może być np. tylko kilkanaście (kalendarz będzie bowiem wyświetlał informacje tylko dla jednego produktu jednocześnie, natomiast komórki dat produkcji mogą pobierać dynamicznie wartości²⁸ po zmianie indeksu analizowanego). Dodatkowym polem

²⁸ Z użyciem złączenia funkcji INDEKS() i PODAJ POZYCJĘ().

Tabela 15. Kalendarz dowolnego zakresu dat

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Rok: 2021			Kalendarz na styczeń 2021			
2		Miesiąc: Styczeń			2021-01-01		Dzisiaj: 2021-01-05	
3								
4		Kalendarz na styczeń 2021						
5		Poniedziałek	-	04	11	18	25	
6		Wtorek	-	05	12	19	26	
7		Środa	-	06	13	20	27	
8		Czwartek	-	07	14	21	28	
9		Piątek	01	08	15	22	29	
10		Sobota	02	09	16	23	30	
11		Niedziela	03	10	17	24	31	
12								
13		Kalendarz na luty 2021						
14		Poniedziałek	01	08	15	22	-	
15		Wtorek	02	09	16	23	-	
16		Środa	03	10	17	24	-	
17		Czwartek	04	11	18	25	-	
18		Piątek	05	12	19	26	-	
19		Sobota	06	13	20	27	-	
20		Niedziela	07	14	21	28	-	

Źródło: opracowanie własne.

zaznaczanym innym kolorem, np. czerwonym, powinno być przyrównanie do komórki, w której wyświetlana jest data dzisiejsza.

Jedyną wadą powyższego widoku jest brak możliwości ukazania całego roku w jednym obrazie (w celu wklejenia go do komunikacji e-mail), nie ma w nim także klarownie zaznaczonych dni wolnych (sobót i niedziel) oraz świąt (w przypadku wielu aktywności innych niż daty produkcji i dostaw²⁹ – wszystkie dni inne niż dni robocze nie mają znaczenia). Dlatego alternatywą dla powyższego widoku jest kalendarz ukazujący poszczególne dni w kolejnych kolumnach, który miesiące przedstawia w kolejnych wierszach.

²⁹ Zarówno produkcja, jak i przyjmowanie dostaw odbywa się także w weekendy i święta (za wyjątkiem świąt Bożego Narodzenia, ponieważ pod koniec roku sprzedaż zapełnia nadmiarowo hurtownie, próbując na ostatnią chwilę wykonać cel roczny sprzedaży i z powodu braku zamówień produkcja może mieć przerwę pod koniec roku).

[illegible]

Wzór 55. Formuła tworząca kalendarz horyzontalny

Źródło: opracowanie własne.

Źródło: opracowanie własne.

Powyższa formuła może być przekopiiowana na wszystkie komórki dat (I3:AM14 jak w przykładzie powyżej) i przedstawia zawsze bieżący rok. Format daty w postaci MM-DD pozwala na skompresowanie horyzontalne widoku. Formatowanie warunkowe automatycznie oznacza na żółto daty, które odpowiadają datom w tabeli akcji (od wiersza 16 kolumny F). Z kolei data dzisiejsza wyświetlana jest zawsze na czerwono (porównanie daty w komórce F3 z datami komórek kalendarza). Daty świąt w danym roku (wprowadzane ręcznie) wyświetlają się na zielono. Numery miesięcy, które upłynęły, wyświetlane są na czerwono, pozostałe na białym.

Takie dynamiczne kalendarze mogą być łatwo skopiowane i wklejone do różnych dokumentów czy prezentacji, stając się dynamicznym źródłem danych w komunikacji e-mailowej. Takich zestawień nie trzeba przygotowywać, gdyż po wyborze produktu tworzą się automatycznie, eliminuje się więc możliwość pomyłki.

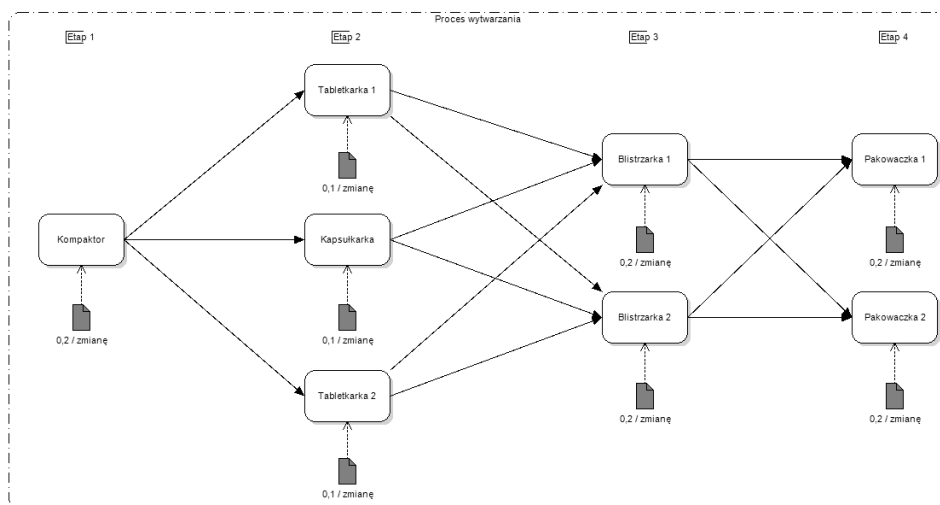
Generalnie historię przyjęć czy prognozę zakończenia przyszłych produkcji rejestruje się z dodatkowymi informacjami i jest wiele innych metod wizualizacji tego typu rejestrów. Jedną z najlepszych jest wykres Gantt'a ukazujący czas (zwykle w postaci dni) od lewej do prawej, gdzie poszczególne wydarzenia są liniami pionowymi. Za pomocą programu będącego częścią pakietu *MS Office* o nazwie *MS Project* można łatwo ukazywać tego typu zestawienia (Tomanek, Juricek, 2015).

Jednakże posługiwanie się kalendarzem pozwala na wysłanie informacji o danych i tylko o nich, co ułatwia komunikację zewnętrzną, w której nie chcemy udostępniać danych wrażliwych, czy jakichkolwiek innych danych wewnętrznych. Unikamy przez to ryzyka wycieku danych poufnych. Nie trzeba więc ukrywać czy zamazywać fragmentów takich rejestrów np. czarnymi kwadratami, czy usuwać z niego inne indeksy produktowe, gdyż oznaczający odpowiednie daty jaskrawymi kolorami kalendarz dotyczy tylko jednego konkretnego produktu będącego tematem konwersacji z kontrahentem.

4.4. Ryzyko przekroczenia maksymalnego obciążenia linii produkcyjnej

Linie wytwarzania produktów leczniczych i wyrobów medycznych składają się z maszyn o różnych wydajnościach oraz różnych sposobach przetwarzania substancji, co przy największym obciążeniu linii prowadzi do sytuacji 100% utylizacji najwolniejszej maszyny w najpowolniejszej części procesu – przy niewystarczającym obciążeniu pracą pozostałych. Można mitygować to ryzyko, dostawiając kolejną, taką samą maszynę w miejscu o najniższej wydajności, lecz spowoduje to powstanie „wąskiego gardła” w innym miejscu. Dlatego z punktu widzenia planowania harmonogramu produkcji linia ma taką wydajność, jak jej najwolniejszy element.

Wartość wydajności najwolniejszego elementu prowadzi do wyliczeń maksymalnej wydajności przetwarzania linii w czasie np. godziny, której pochodną jest wydajność zmiany (po wyliczeniu czasu przerw technologicznych, np. 15 minut na założenie rolek folii dla blistrzerek i pół godziny na wymaganą kodeksem pracy przerwę socjalną zmiany, w rezultacie maksymalna wydajność zmiany to 7 godzin i 15 minut ciągłej pracy maszyny³⁰).



Ilustracja 11. Układ maszyn i wydajności

Źródło: opracowanie własne.

W powyższym uproszczonym schemacie (pozbawionym etapu naważenia i mieszania składników, brak etapu powlekania tabletek) do każdej maszyny przypisana jest wydajność w postaci ułamka serii danego leku możliwego do przetworzenia w trakcie jednej zmiany. Wartości te będą unikatowe dla danego rodzaju wyrobu gotowego. Każdy proces technologiczny wyznacza określony bowiem unikatowy zestaw wykorzystywanych maszyn i charakteryzuje go określona możliwość maksymalnego nastawienia obrotów maszyn.

W powyższym przykładzie kompaktor jest jedyną maszyną dla etapu procesu wytwarzania granulatu do tabletek. Z kolei kapsułkarka będzie jedyną maszyną dla wyrobu gotowego składającego się z kapsułek. W rezultacie przy podanych powyżej wydajnościach maksymalna wydajność produkcji wyrobu gotowego w tabletkach będzie oparta o wydajność kompaktora, w kapsułkach zaś będzie oparta o wydajność kapsułkarki. Jeśli moce przetwarzania dwóch etapów są takie same jak przy tabletkach, wtedy bierzemy pod uwagę ten etap, który ma mniej maszyn, co zwiększa prawdopodobieństwo przestoju.

³⁰ Bez mycia, czyli gdy wyprodukowanie kilku serii tego samego leku przekracza czas pracy jednej zmiany.

Po określeniu, która maszyna będzie punktem odniesienia, dzielimy przez jej wydajność plany produkcji na dany okres, wyliczając liczbę zmian koniecznych do wyprodukowania danego wyrobu w wymaganej wielkości. Liczba zmian odniesiona do maksymalnej liczby zmian w okresie np. miesiąca pozwala wyliczyć, czy plany produkcji mogą zmieścić się w maksymalnych wydajnościach, drugiej, trzeciej czy czwartej³¹ zmiany linii produkcyjnej.

Tempo produkcji będzie uzależnione od wydajności wytwarzania na dany produkt, a także od produkcji na innych liniach, jeśli niektóre maszyny (na przykład te pakujące) są dla nich wspólne (np. jeśli maszyna pakująca zbiera blistry z dwóch wolno pracujących blistrzerek, to one są najwolniejszymi elementami linii, lecz gdy te same blistrzarki pracują na wyższych obrotach przy innym produkcie, wtedy najwolniejszym elementem jest maszyna pakująca). Jednocześnie należy brać pod uwagę przerwy konserwacyjne związane z daną maszyną, np. z konkretnym czasem od ostatniego przeglądu (choć dla większości maszyn przeglądy okresowe przeprowadza się tylko raz w roku – w czasie postoju linii produkcyjnej).

Testy serii walidacyjnych, czyli pierwszych serii nowego produktu, pozwalają obliczyć konkretne maksymalne tempo pracy maszyny w danym procesie technologicznym, czyli przy wytwarzaniu konkretnego produktu. Na przykład tempo blistrowania zależy nie tylko od wielkości blistra, lecz również od liczby tabletek czy kapsułek w blistrze, a także od ich wielkości³². Przelicznik maksymalnej wydajności na godzinę będzie więc różnił się w zależności od indeksu wyrobu produkowanego. Na przykład tempo powlekania może przebiegać w zakresie od 30 do 250 blistrów na minutę, czyli od 1800 do 15 000 blistrów na godzinę.

Na tej podstawie powstaje opracowanie walidacyjne procesu wytwarzania, które zawiera informację, w jakim czasie przetwarzano dany produkt w konkretnej maszynie (np. tabletki są mierzone w tysiącach sztuk, a opakowania w sztukach) oraz jaki był czas mycia maszyny po wytwarzaniu danego produktu wraz z koniecznym minimalnym okresem higieny dla produkcji ciągłej. Na podstawie tych trzech elementów można wyliczyć czas wytwarzania danego produktu w czasie godziny.

W celu obliczenia ryzyka przeciążenia linii produkcyjnej potrzebujemy bazy produktów, która zawiera podstawowe informacje technologiczne. Baza produktów zawiera w sobie unikatowe indeksy, które będą określały wyrób gotowy (np. zmiana wielkości kartonika przy tym samym leku czy zmiana prezentacji determinuje konieczność założenia nowego indeksu produktowego). Baza ta będzie tworzona z formuł technologicznych, gdzie znajduje się informacja, jaki produkt zawiera w sobie jaki surowiec. Z listy surowców wyfiltrowane zostaną materiały opakowaniowe, które zdeterminują liczbę blistrów (grubość złożonego kartonika). Z bazy produktów pobrana zostanie informacja o tzw. prezentacji produktu, czyli łącznej zawartości tabletek czy kapsułek w opakowaniu jednostkowym, co pozwoli wyliczyć liczbę kapsułek albo tabletek w blistrze.

31 Czwartą zmianą są wszystkie dni wolne w trybie 24-godzinny (soboty, niedziele i święta).

32 A także rodzaju folii, jednak ten czynnik jest zwykle standardowy i dobrze poznany.

Tabela 16. Baza produktów do wyliczania obciążeń

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Numer zlecenia	Data zlecenia	Indeks produktu	Rodzaj	Blistrów	Tabletek / Kapsulek	Prezentacja	Priorytet produkcyjny	Kolejność priorytetu 1	Kolejność priorytetu 2	Kolejność priorytetu 3	Kolejność produkcyjna	Indeksy w kolejności
2	1	2019-01-01	Indeks 1	Tabletki	2	7	14		1	1	4	7	1 Indeks 1
3	2	2019-01-02	Indeks 2	Tabletki	4	7	28		2	1	5	7	4 Indeks 4
4	3	2019-01-03	Indeks 3	Kapsułki	1	14	14		3	1	5	8	7 Indeks 7
5	4	2019-01-04	Indeks 4	Kapsułki	3	10	30		1	2	5	8	10 Indeks 10
6	5	2019-01-05	Indeks 5	Tabletki	2	7	14		2	2	6	8	2 Indeks 2
7	6	2019-01-06	Indeks 6	Tabletki	4	5	20		3	2	6	9	5 Indeks 5
8	7	2019-01-07	Indeks 7	Tabletki	6	7	42		1	3	6	9	8 Indeks 8
9	8	2019-01-08	Indeks 8	Tabletki	2	8	16		2	3	7	9	3 Indeks 3
10	9	2019-01-09	Indeks 9	Tabletki	5	8	40		3	3	7	10	6 Indeks 6
11	10	2019-01-10	Indeks 10	Tabletki	2	10	20		1	4	7	10	9 Indeks 9

Źródło: opracowanie własne.

Pola szare wyliczają się automatycznie, np. poprzez wymnożenie liczby blisterów przez liczbę kapsułek albo tabletek powstaje kolumna „Prezentacja”. Drugim składnikiem bazy jest tabela maszyn, która zawiera podstawowe informacje, takie jak wydajność średnia oraz rodzaj jednostki miary wykorzystywanej przez maszynę. Niezbędna jest również wiedza o rodzaju produktu wytwarzanego przez maszynę, tak aby móc przeliczyć wydajność linii, sprowadzając wszystkie wydajności maszyn do wspólnego mianownika, czyli najmniejszej jednostki wytwarzania (w poniższym przykładzie będą to tabletki albo kapsułki).

Tabela 17. Baza parametrów maszyn produkcyjnych

A	B		C	D	E	F	G	H	I	J
	Maszyna	Opis	Jednostka maszyn	Typ jednostki maszyn	Etap produkcji	Technologia	Proces	Wydajność maksimum	Wydajność minimum	Wydajność średnia na h
1										
2	IP-010-080	Kompaktor	ts	Kapsułki/Tabletki	1	1	1.1	150 000	150 000	150 000
3	IP-010-070	Tabletkarka 2	ts	Tabletki	2	1	2.1	59 000	42 000	51 000
4	IP-010-060	Kapsułkarka	ts	Kapsułki	2	2	2.2	50 000	48 000	49 000
5	IP-010-050	Tabletkarka 1	ts	Tabletki	2	1	2.1	73 000	59 000	65 000
6	IP-010-040	Blistrzarka 2	szt	Blistry	3	1	3.1	15 000	8 000	11 000
7	IP-010-030	Blistrzarka 1	szt	Blistry	3	1	3.1	18 000	9 000	13 000
8	IP-010-020	Pakowaczka 2	szt	Opakowania	4	1	4.1	30 000	19 000	24 000
9	IP-010-010	Pakowaczka 1	szt	Opakowania	4	1	4.1	38 000	29 000	33 000

Źródło: opracowanie własne.

Wyliczenia dotyczące maksymalnej, minimalnej i średniej wydajności maszyny pochodzą z trzeciej bazy danych: wydajności wytwarzania, która pokazuje wydajność wytwarzania na dany indeks produktowy. Średnia wydajność wyliczana jest z użyciem funkcji ŚREDNIA.JEŻELI(), w której parametrem wyróżniającym jest indeks maszyny z zaokrągleniem do tysiąca. Jeżeli wartości wydajności na produkt przechowywane są w kolumnie B, a indeksy maszyn w kolumnie I, wtedy wzór na wydajność średnią przyjmuje postać:

$$=LICZBA.CAŁK(ŚREDNIA.JEŻELI(\$B\$2:\$B\$100;Z2;\$I\$2:\$I\$100)/1000)*1000$$

Wzór 56. Formuła wyliczania średniej wydajności dla danego produktu z zaokrągleniem

Źródło: opracowanie własne.

Maksymalna wydajność maszyny na produkt wykorzystuje funkcję tablicową MAX().

$$\{=MAX((\$B\$2:\$B\$100=Z2)*\$I\$2:\$I\$100)\}$$

Wzór 57. Formuła wyliczania maksymalnej wydajności maszyny dla danego produktu

Źródło: opracowanie własne.

Z kolei minimalna wydajność maszyny na produkt wykorzystuje funkcję tablicową MAX.K, gdzie parametr k wliczany jest jako częstość występowania indeksu maszyny w tablicy. Częstość występowania to największa możliwa wartość k, dla k-tej największej wartości.

$$\{=MAX.K((\$B\$2:\$B\$100=Z2)*\$I\$2:\$I\$100;LICZ.JEŻELI(\$B\$2:\$B\$100;Z2))\}$$

Wzór 58. Formuła wyliczania minimalnej wydajności maszyny dla danego produktu

Źródło: opracowanie własne.

Dysponując trzema powyższymi bazami danych, wliczamy ryzyko przekroczenia dopuszczalnych możliwości wytwarzania na podstawie planów produkcyjnych. Plany produkcyjne muszą być przeliczone na każdy rodzaj jednostki wytwarzania (opakowania, blistry, tabletki/kapsułki). Następnie muszą być wysłane do bazy wydajności wytwarzania, funkcją pobierającą wartości planów z kolumny planów produkcji dla maszyn procesujących opakowania, kolumny blistrów dla maszyn przetwarzających blistry itd. (tak aby plan produkcji był w jednostkach odpowiadających danym na temat wydajności wytwarzania na daną maszynę).

Tabela 18. Plany produkcyjne

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Indeks produktu	Blistrów	Tabletek / Kapsulek	Prezentacja	Plany produkcji	Data zlecenia produkcji	Numer zlecenia	Blistry	Tabletki / Kapsułki
2	Indeks 1	2	7	14	200 000	2018-01-01	1	400 000	2 800 000
3	Indeks 2	4	7	28	250 000	2018-01-02	2	1 000 000	7 000 000
4	Indeks 3	1	14	14	350 000	2018-01-03	3	350 000	4 900 000
5	Indeks 4	3	10	30	45 000	2018-01-04	4	135 000	1 350 000
6	Indeks 5	2	7	14	80 000	2018-01-05	5	160 000	1 120 000
7	Indeks 6	4	5	20	180 000	2018-01-06	6	720 000	3 600 000
8	Indeks 7	6	7	42	120 000	2018-01-07	7	720 000	5 040 000
9	Indeks 8	2	8	16	300 000	2018-01-08	8	600 000	4 800 000
10	Indeks 9	5	8	40	72 000	2018-01-09	9	360 000	2 880 000
11	Indeks 10	2	10	20	280 000	2018-01-10	10	560 000	5 600 000

Źródło: opracowanie własne.

Jeżeli maszyny będą obciążane równomiernie, wtedy do obciążeń nie jest potrzebny harmonogram produkcji, tylko dzielnik alternatyw procesu podający liczbę alternatywnych procesów wytwarzania. Jego wartość to liczba maszyn, na jaką możemy podzielić plany produkcji przy tym samym procesie, czyli tej samej technologii i tym samym etapie. Powstaje on ze złączenia etapu produkcji (np. tworzenie tabletek to etap pierwszy, blistrowanie to drugi, pakowanie to trzeci) wraz z numerem technologii. Alternatywne maszyny, na jakich dany etap można wykonać (np. Blistrzarka nr 1 i Blistrzarka nr 2), będą mieć ten sam numer technologii. Dzielnik alternatyw procesu obliczamy funkcją LICZ.JEŻELI(), która podaje liczbę duplikatów numeru procesu w bazie parametrów maszyn produkcyjnych. Plany produkcji na dany indeks produktowy równomiernie obciążają każdą alternatywną maszynę (np. Blistrzarkę 2 i Blistrzarkę 1), gdyż obciążenie produkcją dzielimy za każdym razem przez dzielnik alternatyw procesu.

Tabela 19. Baza wydajności wytwarzania na dany produkt

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
Indeks produktu	Maszyna	Opis	Jednostka maszyn	Rodzaj	Proces	Indeks maszyn nadrzędnej	Dzielnik alternatyw	Wydajność średnia na h	Wydajność 1 zmiany	Wydajność 2 zmiany	Wydajność 3 zmiany	Wydajność 4 zmiany	Kolejność produkcyjna	Obciążenie produkcją	Robocizogodzin maszyn	Obciążenie 1 zmiany	Obciążenie 2 zmiany	Obciążenie 3 zmiany	Obciążenie 4 zmiany
1																			
2	Indeks 1	IP-010-040	Blistrzarka 2 szt	Blistry	3.1	IP-010-040	2	12 000	1 914 000	3 828 000	5 742 000	8 091 000	1	400 000	33	21%	10%	7%	5%
3	Indeks 1	IP-010-030	Blistrzarka 1 szt	Blistry	3.1	IP-010-040	2	13 000	2 073 500	4 147 000	6 220 500	8 765 250	1	400 000	31	19%	10%	6%	5%
4	Indeks 1	IP-010-020	Pakowaczka 1 szt	Opakowania	4.1	IP-010-010	2	25 000	3 987 500	7 975 000	11 962 500	16 856 250	1	200 000	8	5%	3%	2%	1%
5	Indeks 1	IP-010-010	Pakowaczka 2 szt	Opakowania	4.1	IP-010-010	2	35 000	5 582 500	11 165 000	16 747 500	23 598 750	1	200 000	6	4%	2%	1%	1%
6	Indeks 1	IP-010-070	Tabletarka 1 ts	Tabletki	2.1	IP-010-050	2	51 000	8 131 500	16 263 000	24 394 500	34 386 750	1	2 800 000	55	34%	17%	11%	8%
7	Indeks 1	IP-010-050	Tabletarka 2 ts	Tabletki	2.1	IP-010-050	2	65 000	10 367 500	20 735 000	31 102 500	43 826 250	1	2 800 000	43	27%	14%	9%	6%
8	Indeks 1	IP-010-080	Tabletarka 2 ts	Kapsulki/Tabletki	1.1	IP-010-080	1	150 000	23 925 000	47 850 000	71 775 000	101 137 500	4	1 000 000	19	12%	6%	4%	3%
9	Indeks 2	IP-010-040	Blistrzarka 2 szt	Blistry	3.1	IP-010-040	2	10 000	1 595 000	3 190 000	4 785 000	6 742 500	4	1 000 000	100	63%	31%	21%	15%
10	Indeks 2	IP-010-030	Blistrzarka 1 szt	Blistry	3.1	IP-010-040	2	11 000	1 754 500	3 509 000	5 263 500	7 416 750	4	1 000 000	91	57%	28%	19%	13%
11	Indeks 2	IP-010-020	Pakowaczka 1 szt	Opakowania	4.1	IP-010-010	2	23 000	3 668 500	7 337 000	11 005 500	15 507 750	4	250 000	11	7%	3%	2%	2%
12	Indeks 2	IP-010-010	Pakowaczka 2 szt	Opakowania	4.1	IP-010-010	2	33 000	5 263 500	10 527 000	15 790 500	22 250 250	4	250 000	8	5%	2%	2%	1%
13	Indeks 2	IP-010-070	Tabletarka 1 ts	Tabletki	2.1	IP-010-050	2	48 000	7 656 000	15 312 000	22 968 000	32 364 000	4	7 000 000	146	91%	46%	30%	22%
14	Indeks 2	IP-010-050	Tabletarka 2 ts	Tabletki	2.1	IP-010-050	2	62 000	9 889 000	19 778 000	29 667 000	41 803 500	4	7 000 000	113	71%	35%	24%	17%
15	Indeks 2	IP-010-080	Kompaktor ts	Kapsulki/Tabletki	1.1	IP-010-080	1	150 000	23 925 000	47 850 000	71 775 000	101 137 500	4	7 000 000	47	29%	15%	10%	7%
16	Indeks 3	IP-010-040	Blistrzarka 2 szt	Blistry	3.1	IP-010-040	2	11 000	1 754 500	3 509 000	5 263 500	7 416 750	7	350 000	32	20%	10%	7%	5%
17	Indeks 3	IP-010-030	Blistrzarka 1 szt	Blistry	3.1	IP-010-040	2	11 500	1 834 250	3 668 500	5 502 750	7 753 875	7	350 000	30	19%	10%	6%	5%
18	Indeks 3	IP-010-020	Pakowaczka 1 szt	Opakowania	4.1	IP-010-010	2	22 000	3 509 000	7 018 000	10 527 000	14 833 500	7	350 000	16	10%	5%	3%	2%
19	Indeks 3	IP-010-010	Pakowaczka 2 szt	Opakowania	4.1	IP-010-010	2	32 000	5 104 000	10 208 000	15 312 000	21 576 000	7	350 000	11	7%	3%	2%	2%
20	Indeks 3	IP-010-060	Kapsulkarka ts	Kapsulki	2.2	IP-010-060	1	50 000	7 975 000	15 950 000	23 925 000	33 712 500	7	4 900 000	98	61%	31%	20%	15%
21	Indeks 3	IP-010-080	Kompaktor ts	Kapsulki/Tabletki	1.1	IP-010-080	1	150 000	23 925 000	47 850 000	71 775 000	101 137 500	7	4 900 000	33	20%	10%	7%	5%

Źródło: opracowanie własne.

Wartości równomiernych obciążeń na maszynę po podzieleniu przez wydajność godzinową wyliczają liczbę roboczogodzin maszyny (ile czasu maszyna musi pracować, by wykonać plan produkcji). Ostatnia kolumna powyższej tabeli przedstawia obciążenie godzinowe planów produkcji w danym okresie na indeks produktu – np. plany produkcji na przyszły miesiąc na maszynę w roboczogodzinach (w powyższej grafice ostatnia kolumna zsumowana za pomocą funkcji SUMA.JEŻELI(), gdzie wyróżnikiem sumy będzie indeks maszyny poda nam obciążenie w roboczogodzinach na maszynę). Jeśli są to plany produkcyjne miesięczne, wtedy możemy porównywać je z liczbą godzin przypadających łącznie na daną zmianę w danym okresie (ponieważ miesiące nie zawierają tej samej liczby dni i nie przypada w nich ta sama liczba dni wolnych, posiadają różną łączną długość zmiany na dany miesiąc – mierzoną w godzinach, np. wszystkie zmiany pierwsze³³ bądź wszystkie zmiany czwarte w miesiącu).

Tabela 20. Baza obciążenia produkcją maszyn

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	Maszyna	Okres	Opis	Jednostka maszyny	Rodzaj	Plan produkcji	Wydajność 1 zmiany	Wydajność 2 zmiany	Wydajność 3 zmiany	Wydajność 4 zmiany	7,25
1											
2	IP-010-010	sty-18	Pakowaczka 2	szt	Opakowania	28	160	319	479	674	
3	IP-010-010	lut-18	Pakowaczka 2	szt	Opakowania	43	160	319	479	674	
4	IP-010-020	sty-18	Pakowaczka 1	szt	Opakowania	40	160	319	479	674	
5	IP-010-020	lut-18	Pakowaczka 1	szt	Opakowania	60	160	319	479	674	
6	IP-010-030	sty-18	Blistrzarka 1	szt	Blistry	201	160	319	479	674	
7	IP-010-030	lut-18	Blistrzarka 1	szt	Blistry	301	160	319	479	674	
8	IP-010-040	sty-18	Blistrzarka 2	szt	Blistry	229	160	319	479	674	
9	IP-010-040	lut-18	Blistrzarka 2	szt	Blistry	344	160	319	479	674	
10	IP-010-050	sty-18	Tabletkarka 2	ts	Tabletki	252	160	319	479	674	
11	IP-010-050	lut-18	Tabletkarka 2	ts	Tabletki	379	160	319	479	674	
12	IP-010-060	sty-18	Kapsułkarka	ts	Kapsułki	126	160	319	479	674	
13	IP-010-060	lut-18	Kapsułkarka	ts	Kapsułki	189	160	319	479	674	
14	IP-010-070	sty-18	Tabletkarka 1	ts	Tabletki	328	160	319	479	674	
15	IP-010-070	lut-18	Tabletkarka 1	ts	Tabletki	491	160	319	479	674	
16	IP-010-080	sty-18	Kompaktor	ts	Kapsułki/Tabletki	261	160	319	479	674	
17	IP-010-080	lut-18	Kompaktor	ts	Kapsułki/Tabletki	391	160	319	479	674	

Źródło: opracowanie własne.

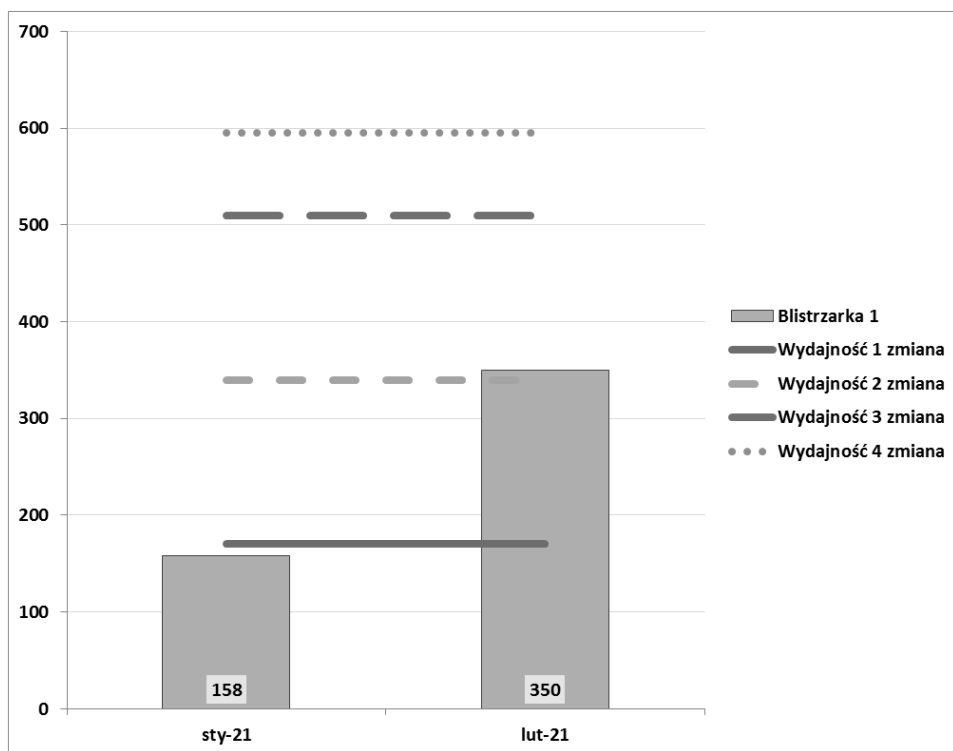
Czas 7 godzin i 15 minut, czyli wartość 7,25 dla zmiany, to największe technologicznie możliwe obciążenie produkcyjne maszyny blistrującej³⁴ w trakcie zmiany (15 minut to czas na zmiany zużytych rolek folii bazowej i aluminiowej). Wartość ta będzie obniżana o czasy napraw, konserwacji oraz przede wszystkim o przestoje związane z higieną linii wytwarzania – czasy mycia. Oprócz tego każdy zakład farmaceutyczny ma planowany na około dwa tygodnie w roku czas całkowitego przestoju linii produkcyjnej, w trakcie którego rozhermetyzowywana (na produkcji utrzymywane jest wyższe ciśnienie, przez co zanieczyszczenia takie jak kurz nie

33 Zmiana druga i trzecia ma taką samą łączną liczbę godzin, co pierwsza, tylko czwarta ma mniejszą.

34 Dla powyższej linii produkcyjnej „wąskim gardłem” są maszyny blistrujące, dlatego tylko ich obciążenie z całej bazy obciążeń jest szczegółowo analizowane.

dostają się do strefy czystej) jest linia produkcyjna. Wtedy instalowane są nowe maszyny, dodawane lub wymieniane są ich elementy oraz przeprowadzane są poważne naprawy (wymagające zabrudzenia pomieszczenia smarami czy opiłkami metalu), w rezultacie zmieniany jest stary układ linii produkcyjnej.

Po dodaniu kolejnego okresu planów produkcji³⁵ do powyższej bazy danych, przy równomiernie rozłożonych na alternatywne maszyny obciążeniach produkcyjnych, wszystkie obciążenia produktowe maszyn możemy ukazać na wykresie roboczegodzin, pokazując planowane czasy wytwarzania wraz z wydajnością maksymalną³⁶ maszyny (dla maszyn będących „wąskim gardłem” linii produkcyjnej) przy każdej ze zmian.



Wykres 11. Porównanie planów produkcji na maszynę

Źródło: opracowanie własne.

W celu wyliczenia maksymalnej wydajności na zmianę wylicza się łączne wydajności blistrów na zmianę (poprzez znalezienie mnożnika owocującego wartością

³⁵ Wykres liniowy wyznaczający poziom jest czytelniejszy od kropki, stąd też potrzebujemy minimum dwóch punktów danych.

³⁶ Każdy zestaw produktowy określa inną maksymalną wartość ze względu na fakt, że jedne produkty można wykonywać wolniej, a inne szybciej – przy szybszych obrotach blistrzarki ze względu na sprzyjającą wielkość, liczbę i rodzaj blistrów.

liczby dni roboczych w miesiącu razy 8 roboczogodzin dla znajdującego się w planach zestawu produktów), ale uśrednia się wartości przerw pomiędzy produkcjami. Można także w uproszczonej wersji stworzyć tabelę przeliczającą maksymalną wydajność pracy maszyny³⁷ przy maksymalnym czasie pracy na zmianę (czyli 7 godzin 15 minut, jako pół godziny przerwy śniadaniowej operatora oraz 15 minut na przerwy technologiczne) na łączne roboczogodziny każdej ze zmian (mnożąc je przez liczbę dni roboczych w okresie), wyznaczając pułap maksymalny wydajności każdej ze zmian.

O ile mając zestaw produktów i proporcję pomiędzy nimi (dla tych samych jednostek, np. liczby blistrów), można dokładnie wyliczyć maksymalne obciążenie bez przerw pomiędzy produkcjami, o tyle same przerwy będą uzależnione od kolejności wytwarzania. Lepiej jest wytwarzać po sobie produkty z tym samym API, bo pomiędzy poszczególnymi prezentacjami czy innymi nazwami handlowymi chemicznie tych samych leków trzeba poświęcić mniej czasu na mycie. Z drugiej strony konieczność pilnego wyprodukowania danego leku powoduje, że nie zawsze możliwa jest do utrzymania optymalna z punktu widzenia wytwarzania kolejność. Ponieważ baza danych nie podaje kolejności, stąd też łączne czasy mycia wpływające na wydajności maksymalne zmian muszą³⁸ pozostać uśrednione.

Łączny czas przerwy w okresie może wynosić 1/12 (ponieważ okresem jest miesiąc) łącznego historycznego czasu przestojów linii (np. z ostatnich dwóch lat) podzieloną przez liczbę zmian. Inną metodą na wyliczenie średniego czasu przestoju maszyny jest uwzględnienie liczby produkowanych indeksów w okresie. Związane jest to z koniecznością mycia maszyny przy przezbieraniu linii do nowej substancji aktywnej. Czas mycia wynosi zwykle od 30 do 180 minut, w wyjątkowych przypadkach nawet do 5 godzin, więc różni się w zależności od rodzaju API³⁹. Przyjmując np. godzinę przestoju na każdy indeks produktowy wytwarzany w okresie, odejmujemy tę liczbę godzin od wydajności każdej ze zmian. Zakładamy w tym momencie najgorszy przypadek, że substancje aktywne zmieniają się za każdym razem przy zmianie wytwarzanego produktu, natomiast często zdarzają się sytuacje, że produkowane są po sobie te same leki, lecz w różnych prezentacjach (np. inna liczba blistrów w kartoniku), co oznacza, że nie jest wymagane pełne mycie maszyny oraz pomieszczeń.

Okresowy czas higieny jest jednak obowiązkowy, czyli po pewnym czasie wytwarzania nawet tego samego produktu następuje mycie i trwa ono zawsze określonej długości czasu na produkt, bo czas mycia zależy od stopnia stabilności i poziomu

37 Mierzoną jako uśrednioną liczbę blistrów wyprodukowanych w ciągu godziny przy produkcji ciągłej.

38 W bardziej skomplikowanej bazie danych można automatycznie wyliczać kolejność na podstawie kolejności wytwarzania znajdującej się w harmonogramie produkcji, jednak taka struktura danych ze względu na poziom zawłości nie została tutaj opisana (każda zmiana harmonogramu musiałaby w niej automatycznie odzwierciedlać zmianę obciążeń krytycznych z punktu widzenia wydajności całej linii maszyn).

39 Niektóre substancje aktywne są bardziej toksyczne w małych stężeniach, inne silniej barwią, stąd też niektóre substancje trzeba dużo dokładniej zmywać.

osadzania się na powierzchniach maszyn danego API. Pewne substancje aktywne daje się wyczyścić szybko, inne bardziej przywierają do powierzchni. Dlatego czas mycia może obniżać wydajność godzinową produkcji na danej maszynie. Jeśli na przykład dana maszyna wytwarza produkt w hipotetycznym tempie 100 opakowań na godzinę i wymaga mycia trwającego dwie godziny po tygodniu wytwarzania, wtedy pomniejszamy wydajność tygodniową, czyli 16 800 opakowań (7 razy 24 razy 100) o 200 opakowań. Wydajność 16 600 dzielimy przez 168, czyli przez liczbę godzin w tygodniu, otrzymując tempo 98,81 opakowań na godzinę. Jeśli produkt realnie wytwarzany będzie w czasie 24 godzin, otrzymujemy tempo 91,66 $((2400-200)/24)$. Dysponując czasem wytwarzania planowanej produkcji (realna produkcja do tempa maksymalnego równego 100), można umieścić już czasy mycia w przeliczniku obniżonej wydajności godzinowej (w rezultacie po wyliczeniu wydajności na zmianę nie będzie już trzeba niczego odejmować), na podstawie tabeli w układzie produkt, częstotliwość mycia, czas mycia.

Czas przestoju linii, czyli tak zwane przezbrowienie, zależy od rodzaju zmiany procesu wytwarzania. Małe przezbrowienie obejmuje brak konieczności mycia, a więc przede wszystkim to samo API, ten sam blister i kartonik, ale np. zmiana ulotki i kodów kreskowych (czas przestoju w okolicach 20 minut). Średnie przezbrowienie to wobec powyższego dodatkowa zmiana wielkości kartonika czy kartonu zbiorczego (czas przestoju to kolejne 30 minut, łącznie 50 minut). Średnie przezbrowienie może oznaczać również całkowitą wymianę materiałów opakowaniowych i konieczność mycia (w tym wielkości blistra, co wymaga kalibracji tempa pracy maszyny). Powoduje to czasy przestoju rzędu 300 minut (ze względu na fakt, że wiele operacji, np. dostosowanie maszyny do innego blistra oraz innej wielkości kartonika – odbywa się równolegle. Trudno jest więc oszacować faktyczny okres przestoju bez dużej próby doświadczalnej, czyli analizy czasów przezbrowień historycznych). Duże przezbrowienie, dodatkowo utrudnione zmianą API, które bardzo dobrze przywiera do powierzchni, może zajmować trzy razy więcej czasu (około 1000 minut).

Aby wyeliminować odejmowanie czasu przezbrowień od wyliczeń wydajności dla pracy non-stop, realne tempo wytwarzania na godzinę z uwzględnieniem czasu przezbrowienia dodawane jest do bazy wydajności wytwarzania na dany produkt, zastępując dla danego indeksu produktu zwykłą wydajność godzinową (mierzoną doświadczalnie jako liczba blisterów produkowanych w godzinę – przy pracy ciągłej).

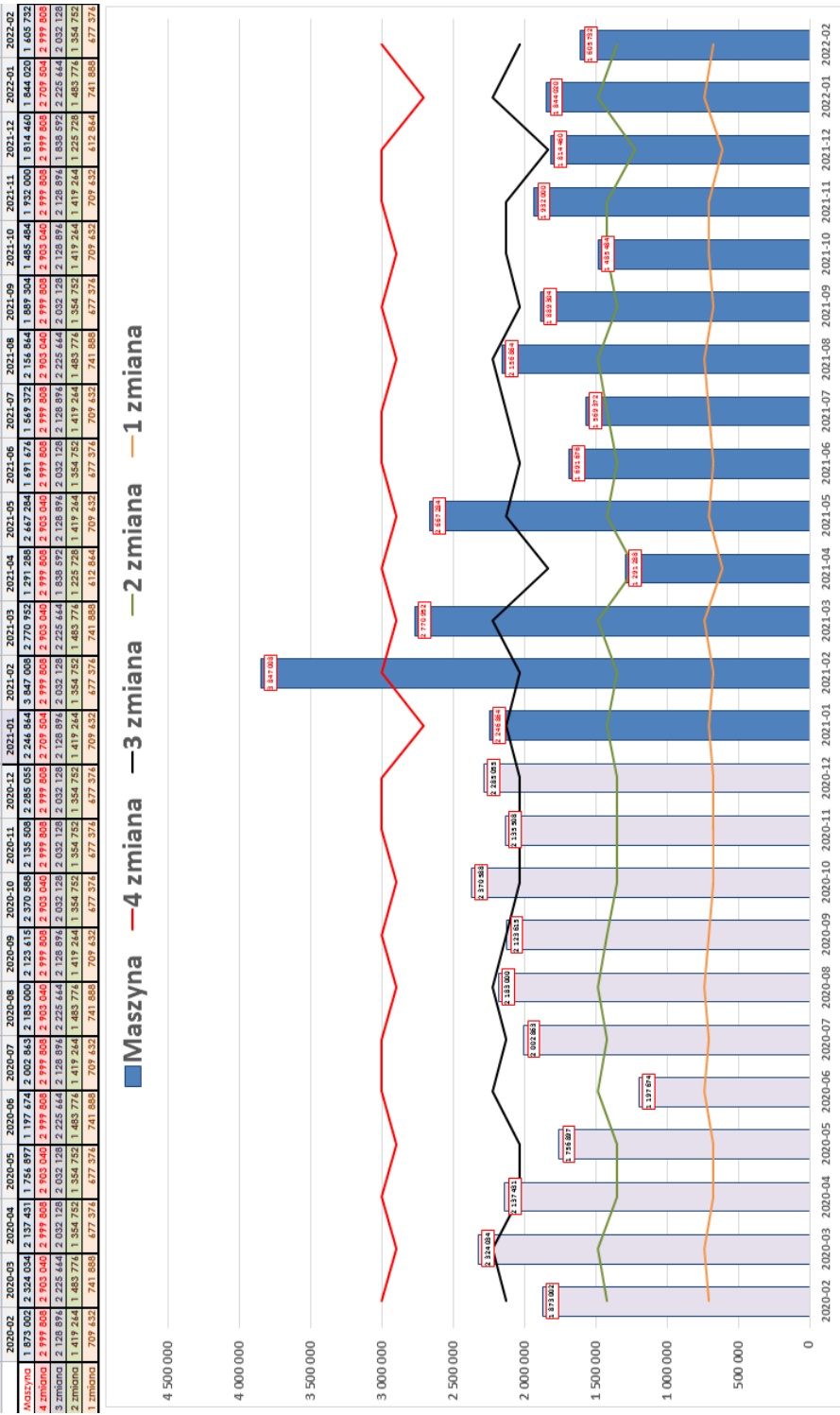
Pierwsza zmiana to dni robocze pomiędzy 6:00 a 14:00, druga zmiana to dni robocze pomiędzy 14:00 a 22:00, trzecia zmiana to dni robocze pomiędzy 22:00 a 6:00, czwarta zmiana to dni wolne, czyli soboty, niedziele i święta przy pracy przez 24 godziny. Ostatnia, czwarta zmiana liczona jest dynamicznie jako różnica pomiędzy liczbą dni w miesiącu a liczbą dni roboczych. Liczbę dni roboczych wyznacza funkcja DNI.ROBOCZE(), która podaje liczbę dni roboczych pomiędzy dwiema datami (są nimi początki sąsiednich okresów miesięcznych) wraz z manualnie wprowadzaną listą świąt w danym roku. Z kolei liczba dni w danym okresie przechowywanym, np. w komórce A1, w formacie rok-miesiąc (RRRR-MM) wyznacza funkcja:

=JEŻELI(MIESIĄC(A1)=12;31;DZIEŃ(DATA.WARTOŚĆ(ROK(A1)&"-"&MIESIĄC(A1)+1&"-1")-1))

Wzór 59. Formuła wyliczania liczby dni w okresie

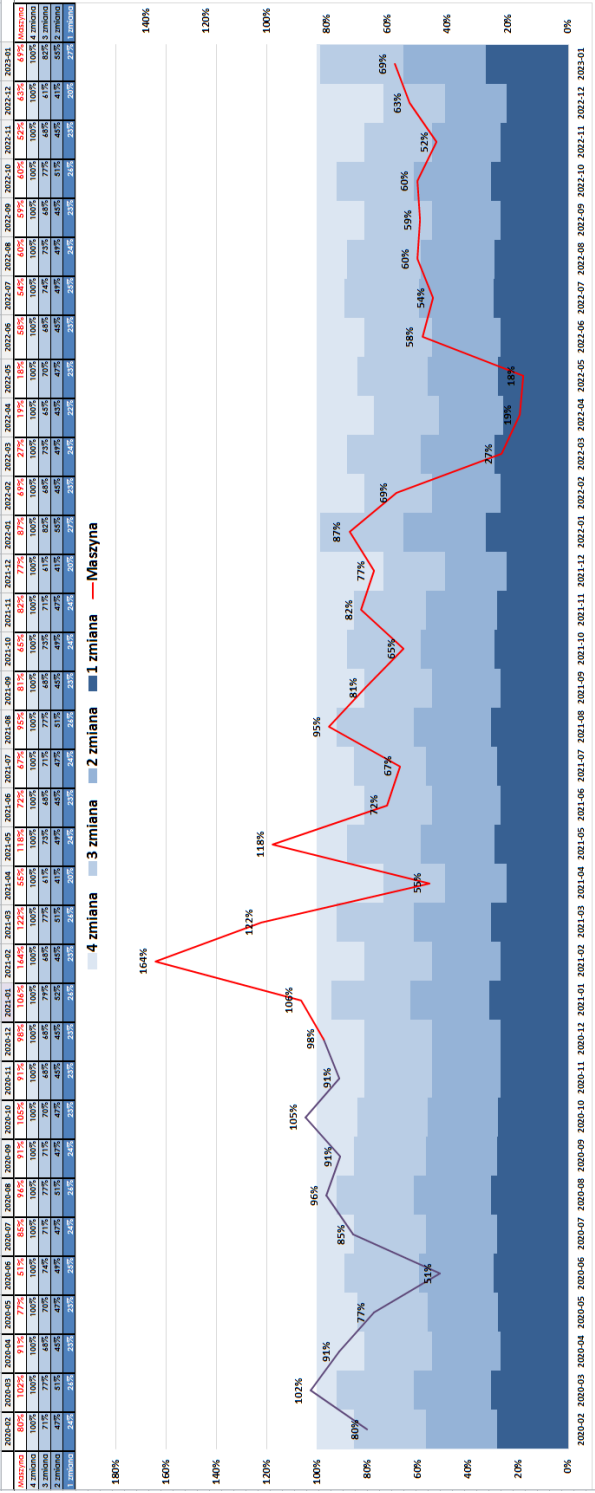
Źródło: opracowanie własne.

Czwarta zmiana wyliczana jest przy założeniu pracy przez 24 godziny w dniach wolnych. Wydajność czwartej zmiany jest różna w różnych okresach w zależności od liczby dni wolnych.



Wykres 12. Porównanie obciążeń produkcyjnych
Źródło: opracowanie własne.

W powyższej wizualizacji przydział produkcji na maszynę rozkładany jest równomiernie, co pozwala ukazać obciążenie produkcji bez znajomości harmonogramu, czyli kolejności wytwarzania, i jest ono stosowane do obliczania ryzyka długoterminowego przekroczenia obciążenia maszyny.



Wykres 13. Obciążenia produkcyjne
Źródło: opracowanie własne.

Powyższe porównanie słupków (pasów wydajności poszczególnych zmian) do planowanego obciążenia produkcją w stosunku do wydajności każdego z okresów może być ukazane w zestawieniu zbiorczym na wiele maszyn (kolejne maszyny będą kolejnymi wykresami linowymi), co pozwala zbiorczo określić, która z maszyn linii produkcyjnej będzie „wąskim gardłem” (przy obciążeniu planem przekraczającym 100% lub przekraczającym wydajność danej zmiany). Takie zestawienie można też ukazywać tabelarycznie (jeśli za punkt odniesienia, czyli za 100% przyjmujemy wydajność 2, 3 czy 4 zmiany). Wtedy dla większej czytelności należy posłużyć się formatowaniem warunkowym czyniącym komórkę tym bardziej widoczną (np. tym bardziej czerwoną), im większą ma wartość, czyli im bardziej linia jest narażona na przekroczenie swoich maksymalnych wydajności.

Tabela 21. Porównanie planów produkcji do wydajności

Maszyna	2021-01	2021-02	2021-03	2021-04	2021-05	2021-06	2021-07	2021-08	2021-09	2021-10	2021-11	2021-12
IP-010-080	3%	3%	2%	2%	2%	3%	1%	3%	3%	2%	1%	2%
IP-010-070	49%	29%	44%	71%	43%	47%	21%	52%	68%	36%	2%	34%
IP-010-060	33%	52%	51%	42%	48%	40%	29%	44%	60%	46%	46%	32%
IP-010-050	97%	104%	69%	50%	69%	48%	68%	42%	76%	93%	60%	33%
IP-010-040	26%	47%	67%	30%	56%	20%	38%	38%	56%	66%	40%	2%
IP-010-030	9%	9%	11%	2%	6%	8%	7%	14%	15%	12%	11%	1%
IP-010-020	23%	15%	26%	29%	11%	23%	12%	27%	33%	17%	19%	7%
IP-010-010	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Źródło: opracowanie własne.

Do obliczenia krótkoterminowego ryzyka przekroczenia możliwości produkcyjnych potrzebna jest znajomość kolejności wytwarzania, gdyż te same produkty powstają w różnym tempie w zależności od maszyny. Do tego, jeśli preferujemy używanie którejś z maszyn w danym procesie (np. szybszej⁴⁰, a nie wolniejszej kartoniarki), zmienia to również wartości obciążeń produkcji.

Taka analiza jest możliwa do przeprowadzenia tylko w okresie krótkim, ponieważ tylko dla bieżącego, najbliższego i maksymalnie kolejnego miesiąca ustala się szczegółowe harmonogramy produkcji (przydział do linii produkcyjnej oraz kolejność wytwarzania z orientacyjną datą wytwarzania). Plany produkcyjne na najbliższe np. półtora roku są z kolei dużo prostszym zestawieniem, pokazującym tylko, który produkt i w jakiej wielkości będzie w danym okresie wytwarzany (gdzie produkt jest definiowany indeksem).

40 Preferencja maszyny polega na przykład na zasadzie, że z dwóch maszyn, z których jedna jest wolniejsza (starsza), a druga szybsza (nowsza), wybieramy maszynę preferowaną, przez co dla obciążenia na daną zmianę najpierw będzie wytwarzać ta pierwsza, a dopiero gdy obciążenie przekroczy jej możliwości, dodatkowo będzie pracować też druga rezerwowa maszyna.

4.5. Ryzyko przekroczenia maksymalnego obciążenia linii produkcyjnej w strukturze hierarchicznej

Obciążenia produkcyjne mogą być rozkładane równomiernie na maszyny w procesie albo hierarchicznie powyżej pełnego obciążenia zmiany. Jeśli dana maszyna pracuje szybciej, może mieć priorytet domyślny ze względu na szybkość wytwarzania. Albo wprost przeciwnie, gdy wytwórnia dąży do jak najszybszego zużycia i utylizacji starej maszyny, wtedy bardziej zużyta i wolniejsza maszyna będzie mieć priorytet domyślny, dzięki czemu będzie częściej obciążona produkcją. Obciążenia produkcyjne będą się więc rozkładały w kolejności priorytetów maszyn.

Najprostszym rozwiązaniem dla takiego scenariusza jest ustanowienie preferencji maszyny (zamiast produktu do maszyny) przy tym samym etapie produkcji. Wizualizacja przepływu obciążeń w takim hierarchicznym podziale obciążeń przypomina płyn wypełniający zbiornik możliwości wytwarzania maszyny pierwszej, który na szczycie połączony jest z kolejnym zbiornikiem reprezentującym drugą maszynę.

W bazie danych, jeśli na danym etapie produkcji mamy więcej niż dwie alternatywne maszyny, wskazanie dla każdego etapu maszyny preferowanej wyznaczy kolejność obciążania ich produkcją. Zwiększając plany produkcji, dojdziemy w końcu do obciążenia 100% pierwszej maszyny na pierwszej zmianie, i dopiero wtedy uruchomimy drugą maszynę na pierwszej zmianie. Gdy obciążenia produkcyjne przekroczą liczbę roboczogodzin pierwszej zmiany w obu maszynach, nadwyżka obciążeń przejdzie na domyślną maszynę w kolejnej zmianie itd. Tego typu podejście pozwala zmniejszać obsadę pracowników, gdyż kolejne obsady będą uruchomiane tylko w razie konieczności.

Na przykład jeśli obciążenie w miesiącu wynosi 2,5 zmiany w danym procesie dla dwóch alternatywnych maszyn o tym samym tempie wytwarzania, wtedy linia będzie pracować na dwóch maszynach od 6:00 do 22:00, a w nocy, czyli między 22:00 a 6:00, będzie pracować przez cały czas tylko na preferowanej – jednej maszynie. Unikamy przez to sytuacji, w której trzecia zmiana pracuje na obu maszynach tylko przez połowę czasu trzeciej zmiany pracowników. Obciążenie do około 90% czasu pracy zmiany (nie 100% z powodu możliwości nieosiągnięcia pełnej zakładanej wydajności przez zmianę – mierzonej obrotami maszyny np. dla danego rodzaju blistra czy folii) powinno dotyczyć tylko pierwszej maszyny, druga zostanie uruchomiona dopiero, gdy obciążenie Tabletkarki 1 przekroczy około 90%, na podstawie zwiększania planów produkcji o kolejny indeks produktu w danym okresie.

Żeby obliczyć procentowe obciążenia produkcji dla wielu zmian, trzeba ułożyć harmonogram wytwarzania. Pierwszym kryterium będzie data i numer zlecenia produkcyjnego ustalane przez koordynatora łańcucha dostaw. Z poziomu

koordynacji łańcucha dostaw analizuje się obciążenie w okresie na całą fabrykę, ale planowaniem konkretnej linii produkcyjnej zajmuje się harmonogramista produkcji (przy założeniu, że jedna wytwórnia posiada wiele linii produkcyjnych⁴¹).

Kolejnym kryterium będzie priorytet produkcyjny. Przy trzystopniowej skali priorytetów: priorytet pierwszy może uzyskać indeks, który „jest obecnie na braku” (którego nie ma w magazynie fabryki) albo którego liczba dni rotacji (liczona jako zapas do prognozy bieżącego miesiąca razy 30) jest mniejsza niż np. 10 dni; priorytet drugi może uzyskać indeks, który przynosi największy dochód firmie, np. z największych 30 wartości marży w roku lub należący do grupy A, licząc wielkości sprzedaży w roku po cenach (a nie po kosztach wytwarzania); trzeci poziom to najniższy priorytet – domyślny. W rezultacie do listy indeksów zaplanowanych do produkcji w danym okresie dokładamy kolumnę priorytetów produkcyjnych. Po ułożeniu listy od pierwszego zlecenia do ostatniego, jeśli numery zleceń tworzą numery porządkowe w kolejności chronologicznej, trzeba znaleźć w takiej tabeli pierwszy (licząc od początku tabeli) indeks z priorytetem pierwszym, nadając mu numer pierwszy kolejności wytwarzania, potem drugi z priorytetem pierwszym, następnie po przydzieleniu numerów wytwarzania do wszystkich pierwszych priorytetów⁴² – przydzielić do pierwszego z priorytetem drugim jedynkę plus maksymalną liczbę z priorytetu wyższego itd.

Jeżeli numery zlecenia przechowujemy w kolumnie A, a wartości priorytetów produkcyjnych przechowywane są w kolumnie E, a numery wytwarzania dla priorytetu pierwszego w kolumnie B, wtedy wzór na przydzielenie numerów wytwarzania dla priorytetu drugiego przyjmuje postać:

$$=LICZ.JE\acute{Z}ELI(F\$2:F2;2)+MAX(\$B\$2:\$B\$110)$$

Wzór 60. Formuła wyliczania numerów kolejności wytwarzania

Źródło: opracowanie własne.

Kolumn musi być tyle, ile jest priorytetów produkcyjnych, w powyższym przypadku trzy (np. B, C, D). Następnie łączymy wartości z wszystkich trzech kolumn do harmonogramu produkcji. Kryterium wyszukiwania jest kolejny numer zlecenia produkcji, na podstawie którego tworzymy numery kolejności wykonania harmonogramu produkcji z użyciem dwukrotnego zagnieżdżenia funkcji JEŻELI.BŁĄD(), która wyszukuje kolejne pozycje priorytetu pierwszego, potem drugiego, a na końcu trzeciego domyślnego. Analogicznie utworzenie harmonogramu dla czterech priorytetów wymaga utworzenia kolejnej kolumny (np. E) o nazwie „Kolejność priorytetu 4” oraz trzykrotnego zagnieżdżenia funkcji JEŻELI.BŁĄD(). Poniżej wzór, jaki należy umieścić w pierwszym wierszu kolumny E.

41 Jedno fizyczne miejsce wytwarzania (jeden budynek wytwórni) zwykle posiada wiele linii wytwarzania przynajmniej jednego etapu produkcji (np. dwie linie pakujące w strefie pakowni).

42 Zakłada się tutaj, że kolejność zleceń produkcyjnych ma znaczenie i stanowi ona o kolejności wytwarzania, gdyby priorytety wszystkich produktów były takie same.

```
=JEŻELI.BŁĄD(PODAJ.POZYCJĘ(A2;$B$2:$B$11;0);
JEŻELI.BŁĄD(PODAJ.POZYCJĘ(A2;$C$2:$C$11;0);
JEŻELI.BŁĄD(PODAJ.POZYCJĘ(A2;$D$2:$D$11;0);0)))
```

Wzór 61. Automatyczny harmonogram produkcyjny w okresie

Źródło: opracowanie własne.

Dysponując powyższą kolejnością wytwarzania, tworzy się macierz obciążeń maszyn produkcyjnych, która pokazuje procentowe obciążenia maszyny danym produktem na daną zmianę. Żeby wyliczyć dane procentowe, do bazy wydajności wytwarzania na dany produkt trzeba dodać teoretyczną zdolność wytwarzania na danej maszynie na dany produkt na 1 zmianę (np. 7,25 razy liczba dni roboczych razy wydajność godzinowa), na 2 zmianę (1 zmiana razy 2), na 3 zmianę (1 zmiana razy 3) oraz na 4 zmianę (3 zmiana plus liczba dni wolnych razy 3 razy 7,25 razy wydajność godzinowa), a następnie podzielić te wartości przez wielkość zaplanowaną na danej maszynie do produkcji.

Aby zwiększyć czytelność wizualizacji obciążeń produkcyjnych, następujące po sobie produkcje danych indeksów układane są horyzontalnie, z kolei poszczególne maszyny podlegające obciążeniom – wertykalnie. Dane dotyczące obciążeń muszą być ułożone w czterech wariantach, ze względu na to, że procentowe obciążenie wydajności każdej zmiany będzie inne. Wartości procentowe do macierzy pobierane są z użyciem funkcji SUMA.WARUNKÓW(), która pobiera wartość obciążenia dla danego indeksu na daną maszynę, czyli obciążenie danej maszyny produkcją konkretnego leku.

Tabela 22. Tabela obciążeń maszyn wytwarzania produktu

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1		Maszyna	Indeks 1	Indeks 2	Indeks 3	Indeks 4	Indeks 5	Indeks 6	Indeks 7	Indeks 8	Indeks 9	Indeks 10
2	1 zmiana	IP-010-080	12%	5%	20%	29%	15%	12%	20%	21%	23%	6%
3		IP-010-070	34%	15%	52%	91%	44%	31%	0%	60%	84%	0%
4		IP-010-060	0%	0%	0%	0%	0%	0%	61%	0%	0%	18%
5		IP-010-050	27%	12%	42%	71%	35%	25%	0%	46%	60%	0%
6		IP-010-040	21%	11%	29%	63%	38%	15%	20%	41%	44%	6%
7		IP-010-030	19%	10%	24%	57%	33%	13%	19%	32%	39%	6%
8		IP-010-020	5%	2%	7%	7%	5%	2%	10%	3%	9%	1%
9		IP-010-010	4%	2%	5%	5%	3%	1%	7%	2%	6%	1%
10	2 zmiana	IP-010-080	6%	2%	10%	15%	8%	6%	10%	11%	12%	3%
11		IP-010-070	17%	7%	26%	46%	22%	15%	0%	30%	42%	0%
12		IP-010-060	0%	0%	0%	0%	0%	0%	31%	0%	0%	9%
13		IP-010-050	14%	6%	21%	35%	17%	12%	0%	23%	30%	0%
14		IP-010-040	10%	6%	14%	31%	19%	8%	10%	21%	22%	3%
15		IP-010-030	10%	5%	12%	28%	17%	6%	10%	16%	20%	3%
16		IP-010-020	3%	1%	3%	3%	2%	1%	5%	2%	5%	1%
17		IP-010-010	2%	1%	3%	2%	2%	1%	3%	1%	3%	0%
18	3 zmiana	IP-010-080	4%	2%	7%	10%	5%	4%	7%	8%	8%	2%
19		IP-010-070	11%	5%	17%	30%	15%	10%	0%	20%	28%	0%
20		IP-010-060	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%	0%	0%	6%
21		IP-010-050	9%	4%	14%	24%	12%	8%	0%	15%	20%	0%
22		IP-010-040	7%	4%	10%	21%	13%	5%	7%	14%	15%	2%
23		IP-010-030	6%	3%	8%	19%	11%	4%	6%	11%	13%	2%
24		IP-010-020	2%	1%	2%	2%	2%	1%	3%	1%	3%	0%
25		IP-010-010	1%	1%	2%	2%	1%	0%	2%	1%	2%	0%
26	4 zmiana	IP-010-080	3%	1%	5%	7%	4%	3%	5%	5%	6%	1%
27		IP-010-070	8%	4%	12%	22%	10%	7%	0%	14%	20%	0%
28		IP-010-060	0%	0%	0%	0%	0%	0%	15%	0%	0%	4%
29		IP-010-050	6%	3%	10%	17%	8%	6%	0%	11%	14%	0%
30		IP-010-040	5%	3%	7%	15%	9%	4%	5%	10%	10%	1%
31		IP-010-030	5%	2%	6%	13%	8%	3%	5%	8%	9%	1%
32		IP-010-020	1%	1%	2%	2%	1%	0%	2%	1%	2%	0%
33		IP-010-010	1%	0%	1%	1%	1%	0%	2%	1%	1%	0%
34			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Źródło: opracowanie własne.

Powyższa wizualizacja pokazuje poziom obciążenia maszyny danym produktem (tylko jednym produktem). Indeksy produktów (10 indeksów przykładowych) ułożone są w kolejności wytwarzania od lewej do prawej. Sumowanie obciążeń kolejnych indeksów kumulowane jest więc również od lewej do prawej, co tworzy poniższą tabelę obciążeń skumulowanych na maszynę.

Tabela 23. Tabela obciążeń skumulowanych na maszynie

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
	Indeks maszynowy	Ile do 100%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1																						
2	IP-010-080	6	12%	16%	36%	66%	81%	93%	113%	134%	158%	163%	12%	16%	36%	66%	81%	93%	113%	134%	158%	163%
3	IP-010-050	2	34%	49%	101%	193%	237%	268%	288%	327%	411%	411%	52%	143%	188%	218%	278%	278%	361%	361%	361%	361%
4	IP-010-060	10	0%	0%	0%	0%	0%	0%	61%	61%	61%	79%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	61%	61%	61%	79%
5	IP-010-050	3	27%	39%	80%	151%	186%	211%	211%	257%	317%	317%	27%	39%	80%	151%	186%	211%	211%	257%	317%	317%
6	IP-010-040	3	21%	32%	61%	124%	161%	176%	196%	237%	281%	287%	21%	32%	61%	124%	161%	176%	196%	237%	281%	287%
7	IP-010-040	3	19%	29%	53%	110%	143%	156%	175%	207%	246%	252%	57%	90%	103%	122%	154%	193%	199%	199%	199%	199%
8	IP-010-010	10	5%	7%	14%	21%	25%	27%	37%	40%	49%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
9	IP-010-010	10	4%	5%	10%	15%	18%	20%	26%	29%	35%	36%	4%	5%	10%	15%	18%	20%	26%	29%	35%	36%
10	IP-010-080	10	6%	8%	18%	33%	40%	46%	57%	67%	79%	82%	6%	8%	18%	33%	40%	46%	57%	67%	79%	82%
11	IP-010-050	4	17%	25%	51%	96%	118%	134%	164%	205%	205%	205%	22%	37%	37%	67%	109%	109%	109%	109%	109%	109%
12	IP-010-060	10	0%	0%	0%	0%	0%	0%	31%	31%	31%	40%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	31%	31%	31%	40%
13	IP-010-050	5	14%	19%	40%	76%	93%	105%	105%	129%	158%	158%	14%	19%	40%	76%	93%	105%	105%	129%	158%	158%
14	IP-010-040	7	10%	16%	30%	62%	81%	88%	98%	119%	141%	144%	10%	16%	30%	62%	81%	88%	98%	119%	141%	144%
15	IP-010-040	7	10%	15%	26%	55%	72%	78%	87%	104%	123%	126%	16%	36%	38%	38%	38%	38%	38%	38%	38%	38%
16	IP-010-010	10	3%	4%	7%	10%	13%	13%	18%	20%	25%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
17	IP-010-010	10	2%	3%	5%	8%	9%	10%	13%	14%	17%	18%	2%	3%	5%	8%	9%	10%	13%	14%	17%	18%
18	IP-010-080	10	4%	5%	12%	22%	27%	31%	38%	45%	53%	54%	4%	5%	12%	22%	27%	31%	38%	45%	53%	54%
19	IP-010-050	7	11%	16%	34%	64%	79%	89%	109%	137%	137%	137%	20%	48%	48%	48%	48%	48%	48%	48%	48%	48%
20	IP-010-060	10	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%	20%	20%	26%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%	20%	20%	26%
21	IP-010-050	8	9%	13%	27%	50%	62%	70%	70%	86%	106%	106%	9%	13%	27%	50%	62%	70%	70%	86%	106%	106%
22	IP-010-040	10	7%	11%	20%	41%	54%	59%	65%	79%	94%	96%	7%	11%	20%	41%	54%	59%	65%	79%	94%	96%
23	IP-010-040	10	6%	10%	18%	37%	48%	52%	58%	69%	82%	84%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
24	IP-010-010	10	2%	2%	5%	7%	8%	9%	12%	13%	16%	17%	1%	2%	3%	5%	6%	7%	9%	10%	12%	12%
25	IP-010-010	10	1%	2%	3%	5%	6%	7%	9%	10%	12%	12%	1%	2%	3%	5%	6%	7%	9%	10%	12%	12%
26	IP-010-080	10	3%	4%	9%	16%	19%	22%	27%	32%	37%	39%	3%	4%	9%	16%	19%	22%	27%	32%	37%	39%
27	IP-010-050	10	8%	12%	24%	46%	56%	63%	77%	77%	97%	97%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
28	IP-010-060	10	0%	0%	0%	0%	0%	0%	15%	15%	15%	19%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	15%	15%	15%	19%
29	IP-010-050	10	6%	9%	19%	36%	44%	50%	50%	61%	75%	75%	6%	9%	19%	36%	44%	50%	50%	61%	75%	75%
30	IP-010-040	10	5%	8%	14%	29%	38%	42%	46%	56%	68%	68%	5%	8%	14%	29%	38%	42%	46%	56%	68%	68%
31	IP-010-040	10	5%	7%	12%	26%	34%	37%	41%	49%	58%	60%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
32	IP-010-010	10	1%	2%	3%	5%	6%	6%	9%	9%	12%	12%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
33	IP-010-010	10	1%	1%	2%	4%	4%	5%	6%	7%	8%	8%	1%	1%	2%	4%	4%	5%	6%	7%	8%	8%

Źródło: opracowanie własne.

Wizualizacja obciążeń pokazuje jasnoszarym wypełnieniem obciążenie powyżej 100% możliwości maszyny na danej zmianie. Jednocześnie przy użyciu funkcji LICZ.JEŻELI() w trzeciej kolumnie ukazywana jest wartość w wierszu nadal mniejsza niż 100%, a więc liczba indeksów obciążających maszynę mniej niż 100%. Jest to informacja, ile produktów zdołamy wyprodukować w okresie.

Wadą powyższego zestawienia jest brak możliwości współdzielenia obciążeń przez maszyny. Na powyższej tabeli uwidocznione są obciążenia zduplikowane dla alternatywnych maszyn, czyli np. Tabletkarka 1 i Tabletkarka 2 są obciążone dwa razy tymi samymi produktami (podczas gdy obciążenie jednej ujmować będzie obciążenia drugiej). Preferowana, nadrzędna maszyna robi część produkcji, aż osiągnie graniczą wydajność w danej zmianie, a następne w kolejności produkty w danej zmianie robi maszyna o niższym priorytecie, więc powyższe obciążenia należy ułożyć hierarchicznie. Żeby obciążenia podzielić wedle preferencji maszyn, do powyższego zestawienia musimy dołączyć kolumnę maszyn preferowanych (w przypadku braku alternatyw dla maszyny, np. gdy chodzi o jeden kompaktor lub o jedną kapsułkarkę, indeks maszyny preferowanej będzie taki sam jak indeks maszyny w kolumnie drugiej).

Na podstawie oznaczeń maszyny nadrzędnej tworzy się ostateczną wizualizację ryzyka przekroczenia maksymalnego obciążenia maszyny, która będzie budowana jako suma obciążeń kolejnych indeksów z dynamicznym zakresem sumy dla maszyn podrzędnych, czyli tych posiadających maszyny nadrzędne (część z nich nie posiada maszyn nadrzędnych, ponieważ nie ma alternatyw w danym etapie wytwarzania). Dynamika zakresu sumy jest konieczna, gdyż obciążenie dla maszyn podrzędnych wystąpi dopiero wtedy, gdy maszyna nadrzędna osiągnie 100% swojego obciążenia dla danej zmiany. Jeśli nadrzędna maszyna zdoła wyprodukować w okresie np. trzy leki, wtedy kolejną maszynę zaczniemy obciążać od czwartej kolumny tabeli obciążeń maszyn.

W zależności od wartości numeru kolumny (zwiększonej o jeden, gdyż produkcja na maszynie podrzędnej rozpocznie się od kolejnego leku) zmiana ulegnie nazwa początku zakresu sumowania (wartość literowa) kolumny startowej w sumie skumulowanej, co wymaga zbudowania pomocniczej tabeli przypisującej konkretne nazwy kolumn do numerów.

Tabela 24. Tabela parująca numery i litery kolumny

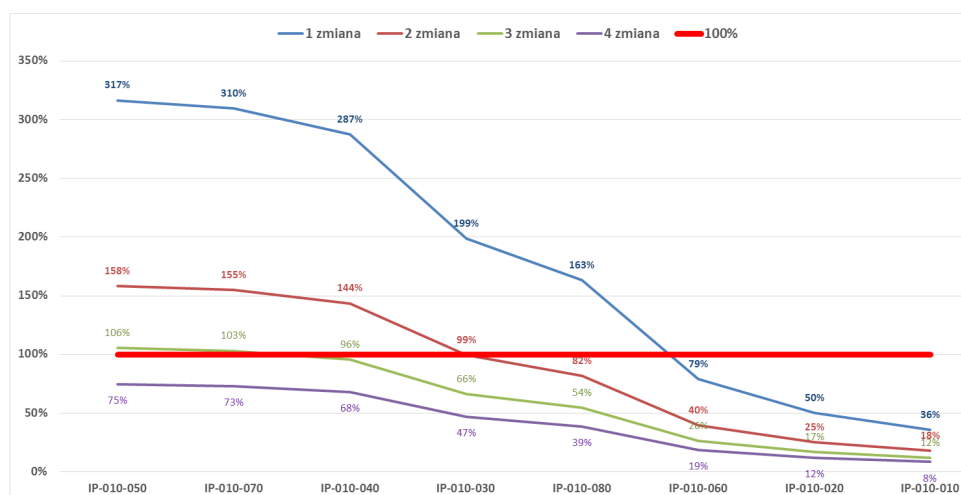
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Litery kolumn	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
2	Liczba wykonanych produkcji	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Źródło: opracowanie własne.

Przy użyciu funkcji ADR.POŚR() uzyskujemy dynamiczne przyporządkowanie adresowe funkcji SUMA(), w zależności od liczby, jaka pojawia się w kolumnie liczby wykonanych produkcji (o nazwie: „Ile do 100%”, zliczającej, ile produkcji nie przekroczy 100% obciążenia, w praktyce zliczającej, ile kolumn w danym wierszu jest poniżej 100%).

Powyższa wizualizacja jest finalnym produktem bazy danych, ukazującym obciążenia dla maszyn dla jednej linii produkcyjnej w zależności od indywidualnej prędkości wytwarzania na dany lek, automatycznie tworzonej kolejności wytwarzania w zależności od wyboru preferowanych maszyn, dla tych samych etapów wytwarzania.

Pomimo zachowania pewnego poziomu czytelności powyższego tabelarycznego zestawienia, dzięki zastosowaniu formatowania warunkowego ukazującego dane wyróżniającym się czerwonym kolorem, po przekroczeniu granicznej wartości (100% obciążenia), powyższe dane lepiej jest ukazywać na wykresie (szeregując maszyny od najbardziej obciążonych do najmniej obciążonych maszyn w danym okresie, w wariantach obciążeń w zależności od liczby uruchomionych zmian).

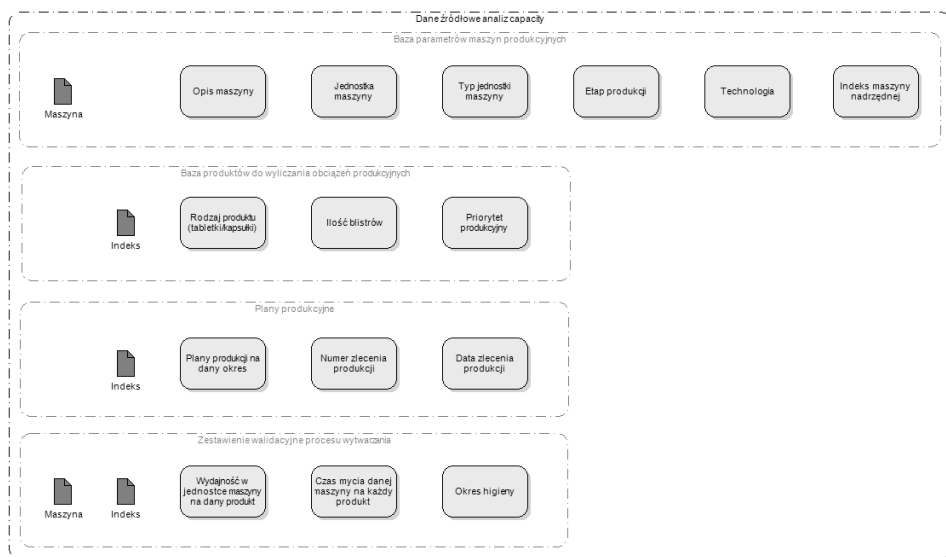


Wykres 14. Wykres sortowany obciążen maszyn
Źródło: opracowanie własne.

Przy tworzeniu wykresu obciążeń ukazujemy ostatnią kolumnę tabeli ryzyka jako różne wartości procentowe obciążeń linii produkcyjnej, w zależności od liczby uruchomionych zmian, w kolejności od najbardziej obciążonej maszyny. Ustawienie maszyn w pozycji horyzontalnej pozwala tworzyć bardzo długie wykresy wszystkich maszyn linii produkcyjnej, z „wąskim gardłem” jako pozycją pierwszą z lewej.

Dane konieczne do zbudowania powyższych analiz obejmują informacje gromadzone przez wiele działów. Dział koordynacji łańcucha dostaw opracowuje plany produkcji, które mogą być następnie zamienione (przez koordynatora lub harmonogramistę linii produkcyjnej) na konkretne zlecenia produkcyjne. Na poziomie dyrekcji łańcucha dostaw podejmowane są decyzje dotyczące kryteriów priorytetyzowania produkcji. Na podstawie kryteriów priorytetyzacji – wartości priorytetów wytwarzania (od 1 do 3) są przydzielane do indeksów produktów automatycznie.

Na podstawie dat zleceń produkcyjnych tworzą się plany produkcji na dany okres. Dział technologiczny określa informacje dotyczące rodzaju produkowanego leku, liczby tabletek albo kapsułek, liczby blistrów itp. Dział produkcji określa parametry maszyn, czyli jednostkę maszyny (np. sztuki albo tysiące sztuk), typ jednostki maszyny (liczenie wydajności w opakowaniach albo blistrach albo kapsułkach lub tabletkach), etap produkcji, czyli umiejscowienie w kolejności procesu wytwarzania, rodzaj technologii wytwarzania (np. tabletki czy kapsułki). Technologia wytwarzania to także preferencja maszyn, co odpowiada na pytanie, która z alternatywnych maszyn na danym etapie produkcji ma być już w 100% obciążona zanim uruchomimy drugą, czyli rozpoczniemy wytwarzanie na maszynie podrzędnej. Lecz najważniejsze dane pochodzą z działu walidacji, który (z powodu wymogów prawnych) robi testy prędkości wytwarzania na każdym produkcie, dzięki czemu zakład farmaceutyczny dysponuje wyliczeniami tempa wytwarzania na każdy indeks produktowy. Jednocześnie dział walidacji mierzy czasy mycia maszyny po każdym produkcie, dzięki czemu prędkość wytwarzania na godzinę (przy dodatkowej informacji o okresie obowiązkowej higieny dla produkcji ciągłej) może być dynamicznie korygowana w zależności od wielkości planowanej produkcji danego leku.



Ilustracja 12. Dane do opracowania tabeli ryzyka

Źródło: opracowanie własne.

Rodzaje danych, ukazane w powyższym rysunku jako elementy procesu, muszą być wprowadzane do bazy danych ryzyka przeciążenia (tzw. ang. *overcapacity*) ręcznie przez pracowników poszczególnych działów.

Do obciążeń produkcyjnych wynikających z planów produkcji należy dodać obciążenia z zamówień dedykowanych (*MTO*). Roczne zapotrzebowanie każdego klienta trzeba rozdzielić na miesiące i zwiększyć miesięczne zapotrzebowanie

np. o połowę, gdyż klient powinien mieć możliwość przyspieszania bądź opóźniania niektórych zamówień (np. przyspieszania w sezonie sprzedażowym). Suma wszystkich zaplanowanych zamówień (plany produkcji dla towarów prognozowanych wytwarzanych na zapas, czyli *MTS*) powiększona o średnie nieplanowane obciążenie miesięczne na indeks produktowy, z powodu zamówień *MTO*, wyznacza plany produkcyjne w danym okresie.

Tak wyliczony poziom planowanej produkcji trzeba odnieść przede wszystkim do możliwości wytwarzania trzeciej zmiany (omawiając to np. w ramach procesu *S&OP*⁴³). Wejście linii produkcyjnej na czwartą zmianę jest niezalecane, gdyż wiąże się z dodatkowymi kosztami pracy pracowników w dni wolne, czyli przy wyższym wynagrodzeniu godzinowym dla pracownika.

4.6. Ryzyko przekroczenia dopuszczalnego wypełnienia magazynu

W każdej wytwórni istnieje ryzyko, że magazyn surowców i wyrobu gotowego może zostać całkowicie⁴⁴ wypełniony (Friemann, Schönsleben, 2016). Jeżeli ryzyko takie dotyczy przekroczenia liczby składowanych palet⁴⁵, jedynym rozwiązaniem jest budowa lub wynajem kolejnego magazynu, co wiąże się z poważnymi kosztami, a w przypadku budowy nowego własnego magazynu wymaga dodatkowo planowania długoterminowego.

Dlatego ryzyko tego rodzaju, także ze względu na konieczność przystosowania miejsc magazynowania do warunków farmaceutycznych (warunki przechowywania w temperaturze pokojowej, czyli od 15 do 25 stopni Celsjusza, wilgotność od 30 do 70%, przy ograniczeniu fizycznego dostępu do materiałów opakowaniowych

43 *Supply and Operations Planning* to szereg ustrukturyzowanych agendą spotkań odbywających się cyklicznie, przy długości cyklu około miesiąca, omawiający plany sprzedaży przełożone na plany produkcji i tworzące strumienie konsekwencji dla produkcji i zaopatrzenia. Spotkania realizowane są od ogółu do szczegółu (plan produkcji przekładający się na harmonogram, przekładający się na popyt zależny zaopatrzenia i obciążenia maszyn), a problemy eskalowane są globalnie od szczegółu do ogółu (brak możliwości wykonania przez stronę operacyjną najpierw mitygowany jest na poziomie linii produkcyjnej, potem strefy produkcyjnej, następnie wytwórni, by na najwyższym poziomie wyrównywać obciążenie produkcją pomiędzy wytwórniami).

44 Chociaż magazyn staje się afunkcjonalny dużo wcześniej z powodu braku możliwości transferu palet, co uniemożliwia optymalizację dostępu poprzez bliższą alokację rotującego towaru oraz sortowanie.

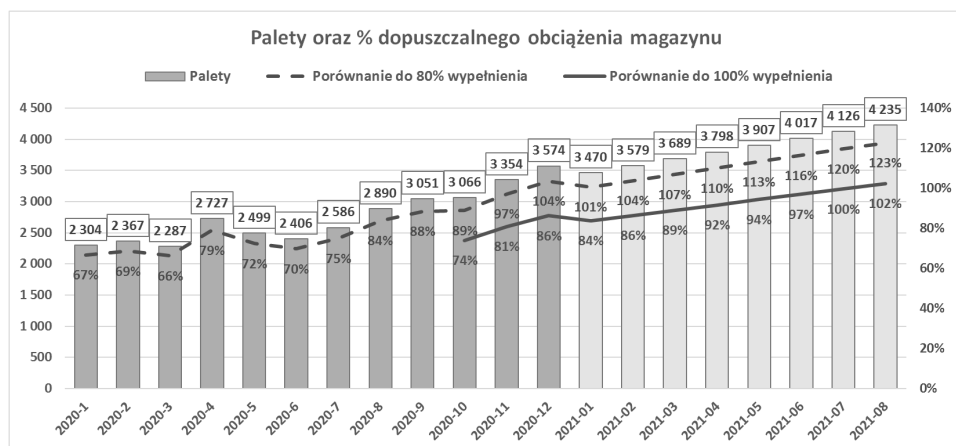
45 W przeciwieństwie do magazynu beczek i innych substancji, które mogą być składowane pod namiotem czy zamkniętą wiatą, np. na placu manewrowym wytwórni, gdyż nie wymagają warunków kontrolowanych przechowywania.

oraz wydzielenie specjalnej strefy chłodnej, gdzie panuje temperatura od 2 do 8 stopni Celsjusza) jest na tyle poważne, że problematyka ta wymaga zarządzania ryzykiem z nią związanym (Hager, 2011).

Jeżeli magazyn nieautomatyzowany⁴⁶ ma wypełnionych więcej niż około 80% miejsc paletowych, możliwości sortowania palet już są ograniczone. W przypadku magazynów automatycznych dopuszczalny poziom zajętości jest wyższy, gdyż dostęp do wszystkich regałów określa konstrukcja suwnicy, która jest zwykle szybsza w działaniu od operatora wózka widłowego (Millward, 2017). Taka sytuacja przepełnienia przekłada się na utrudnione grupowanie. Innymi słowy serie tego samego produktu czasami nie mogą być składowane koło siebie. Co więcej, często pobierane palety nie mogą znajdować się w dogodnych, łatwo dostępnych lokalizacjach (o najszybszym dostępie). Ponadto spełnienie wymogów składowania materiałów opakowaniowych w specjalnie wydzielonych i dodatkowo zabezpieczonych strefach⁴⁷ jest praktycznie niemożliwe. Dlatego magazyn farmaceutyczny wyznacza swój próg maksymalnego obciążenia np. na 80% i uznaje tę wartość za punkt odniesienia do wyliczania ryzyka przekroczenia dopuszczalnego obciążenia magazynu (w takiej sytuacji owe 80% pokrycia miejsc paletowych będzie podstawowym punktem odniesienia, czyli dla wizualizacji będzie reprezentować 100% dopuszczalnego poziomu zajęcia dostępnych lokalizacji). W oparciu o powyższe założenie budowany jest wykres zajętości miejsc paletowych w ujęciu ilościowym, a przy porównywaniu z punktem odniesienia, także w ujęciu procentowym.

46 Do magazynów zautomatyzowanych można stosować lepsze algorytmy odkładcze palet, przez co potrzeba mniejszej rezerwy wolnych miejsc do optymalizacji czasu dostępu do najczęściej pobieranych palet.

47 Strefy ograniczonego dostępu związane są z możliwością wynoszenia kartoników i sprzedawania podrobionych leków w oficjalnych opakowaniach producenta (Schapranow *et al.*, 2012). Jest to tym większe zagrożenie dla pacjentów, że oszustwo korzysta z rozpoznawalności marki i wiarygodności wytwórcy leków (od 2019 roku oszustwo tego rodzaju będzie utrudnione z powodu procedury sprawdzania dwuwymiarowego unikalnego kodu *Data Matrix* na każdym z opakowań, z centralnym rejestrem Unii Europejskiej, zasilanym przez producenta po wyprodukowaniu kolejnej serii leku. Kontrola będzie obowiązkowa podczas sprzedaży detalicznej w aptekach).

**Wykres 15.** Wykres liczby palet składowanych w okresach**Źródło:** opracowanie własne.

Trend wzrostu obciążenia lokalizacji jest następnie prognozowany np. ekstrapolowany liniowo, gdzie pierwszy trend liniowy budowany jest na danych ostatniego roku, a drugi na danych z ostatniego półrocza. Powyższa analiza zajętości miejsc paletowych w ujęciu historycznym jest zwykłym zapytaniem do bazy systemu magazynowego o liczbę wolnych miejsc paletowych na końcówki miesiący, jest więc ona bardzo prosta do przeprowadzenia. Jednakże do wyliczeń przyszłej zajętości miejsc paletowych same analizy trendów liniowych są za mało dokładne.

Powyższa analiza w przypadku wielu magazynów, należących do tej samej firmy, powinna być przeprowadzana na danych o stanach magazynowych, w jednostkach indeksów (np. kilogramach czy sztukach). Wielkości stanów magazynowych powinny być następnie przemnażane przez przeliczniki palet, czyli informację o tym, jaka wielkość wyrobu mieści się na europalecie.

Przeliczniki palet powinny być zaszyte w systemie *ERP* jako kategoria indeksu. Pozwala to zastąpić zwykły trend liniowy kombinacją przyszłych obciążeń produkcyjnych na podstawie długoterminowych planów produkcji (w minimalnym oknie najbliższych 18 miesięcy, gdyż budowanie nowego magazynu może trwać nawet dwa lata). Indeksy wyrobów gotowych mają zwykle względnie stały mnożnik wymaganego dla nich obciążenia lokalizacji surowcami, przez co plany produkcyjne można przełożyć na zajętość palet surowców do produkcji. Potrzeba do takich surowcowych wyliczeń jedynie dokładnego przelicznika miejsc paletowych (odpowiadającego na pytanie: ile średnio utrzymywano zapasu surowców wobec danej historycznej produkcji?) – na podstawie powyższego zakładać można także wolumen dla tych wyrobów gotowych, które nie były jeszcze produkowane. Produktywne wyliczenia z kolei są oparte na zapasie bezpiecznym utrzymywanym na każdym produkcie typu *MTS* (przeliczonym na palety), powiększonym odpowiednio o bufor dystrybucyjny produktów *MTO* oraz o wahania samego zapasu typu *MTS*.

W przypadku surowców przeliczniki palet wolumenu surowca są pobierane od dostawców materiałów wyjściowych, lecz w przypadku wyrobów gotowych muszą być one samodzielnie opracowane przez firmę farmaceutyczną. Wytwórca eksportujący swoje wyroby gotowe przy małym asortymencie lub przy dużych wolumenach produkcji, gdy dana seria wyrobu gotowego zajmuje więcej niż jedną paletę, zwykle wypracowuje takie przeliczniki podczas wysyłek swoich wyrobów. Wystarczy policzyć liczbę kartonów zbiorczych na pełnej palecie przed wysłaniem produktu do klienta. Jednak jeśli liczba wyrobów gotowych jest bardzo duża, kłopoty z poprawnością zbioru danych zarządzanego ręcznie zaczynają się, gdy liczba rekordów zbliża się do około tysiąca⁴⁸, a co gorsza: większość wysyłek do hurtowni odbywa się na niepełnych paletach, przeliczniki palet opracowywane ręcznie są więc niepraktyczne.

Dlatego podstawą narzędzia do określania ryzyka przekroczenia dopuszczalnego obciążenia magazynu musi być narzędzie algorytmiczne, które przelicza liczbę palet na podstawie parametrów wyrobu gotowego. Parametrami wyrobu gotowego są: wielkość kartonika oraz indeks kartonu zbiorczego, do którego przypisane są wymiary jego wykrojnika (determinującego jego wymiary zewnętrzne⁴⁹ po złożeniu). Zwykle jest to 12 mm przy najdłuższym wymiarze i po 7 mm przy pozostałych. Kartony zbiorcze mają również przekładki, których grubość zmniejsza pojemność kartonu zbiorczego, lecz ich grubości są standardowe dla wszystkich rodzajów kartonów zbiorczych i łatwo uwzględnia się je w kalkulacji. Tak samo standardowe są grubości kartonów zbiorczych, przez co wszystkie ich rodzaje mają te same naddatki objętości, czyli zwiększone wymiary długości, szerokości i wysokości, ponieważ są one składane w ten sam sposób. Wymiary europalety są również standardowe, czyli 1200 na 800 mm przy 144 mm wysokości podstawy drewnianej. Przy czym dopuszczalne wysokości łączne różnić się będą w zależności od wysokości przęseł w miejscach składowania (czasami w jednym magazynie stosuje się kilka wysokości przęseł).

Na podstawie wszystkich powyższych danych za pomocą algorytmu wyliczamy nie tylko przelicznik palety, a więc maksymalną liczbę opakowań jednostkowych na jednostce składowania, lecz również liczbę kartonów zbiorczych na palecie, liczbę warstw kartonów zbiorczych oraz liczbę kartonów zbiorczych w warstwie na palecie. Jednocześnie kartony zbiorcze można ułożyć „po długości” (kartony zbiorcze ułożone na dłuższym boku palety dłuższym bokiem) lub „po szerokości” (czyli są dwie możliwości), stąd też najpierw wyliczane jest ich optymalne ułożenie, gdzie kryterium wyboru będzie to, które zawiera większą liczbę kartonów zbiorczych. Taka sama optymalizacja dotyczy ułożenia kartoników w kartonie zbiorczym. Wymiary kartonika mierzone są po złożeniu. Jego wymiary zewnętrzne powstają z powiększenia wzornika kartonika (należy dodać 0,5 milimetra do wewnętrznych wymiarów

48 Jest to umowna granica dla zbioru utrzymywanego ręcznie bez zachowania procedur powyżej, której nawarstwienie błędów wprowadzania sprawia, że na zbiorze nie można polegać.

49 Wymiary zewnętrzne determinują liczbę kartoników w opakowaniu zbiorczym.

wysokości i szerokości oraz 1,5 mm do wewnętrznego wymiaru długości). Definicją długości kartonika jest jego najdłuższy bok, definicją wysokości kartonika jest jego najkrótszy bok, definicją szerokości kartonika jest jego wymiar środkowy (pomiędzy skrajnymi).

Kartoniki w kartonie zbiorczym można ułożyć na sześć sposobów. Poziomo, czyli największą powierzchnią kartonika przylegającą do dna kartonu zbiorczego (po długości i po szerokości wobec długiego boku kartonu zbiorczego) lub pionowo, najmniejszą powierzchnią kartonika przylegającą do dna kartonu zbiorczego (po długości i po szerokości wobec długiego boku kartonu zbiorczego), bokiem, czyli środkową powierzchnią kartonika przylegającą do dna kartonu zbiorczego (po długości i po szerokości, wobec długiego boku kartonu zbiorczego), czyli trzy rodzaje ułożenia razy dwa, bo każdy z nich po długości i szerokości.

Najpierw wylicza się wartości liczby opakowań w warstwie, potem liczbę warstw w kartonie zbiorczym, potem liczbę warstw kartonów zbiorczych na palecie (we wspomnianych uprzednio dwóch wersjach ułożenia kartonów zbiorczych), by na końcu wyliczyć liczbę kartonów zbiorczych na palecie (wysokość przęsła wyznacza liczbę warstw kartonów zbiorczych, biorąc pod uwagę ich wysokość). Która wersja ułożenia jest optymalna (sumuje się do największej liczby opakowań jednostkowych), ta staje się przelicznikiem palety. Jednocześnie informacje o optymalnym ułożeniu nowych wykrojników wysyłane są na produkcję w celu przeszkolenia personelu pakującego, aby tak właśnie pakować do kartonów zbiorczych dany wyrób gotowy.

Wymiary kartoników jednostkowych są kategorią indeksu surowcowego (kartonika) w systemie *ERP*, ponieważ wymiary te ustala wytwórca, lecz niekiedy wymiary kartonów zbiorczych są dostępne jako ciąg znaków (np. 300x209x265)⁵⁰ – zaszyte jedynie w opisie. Żeby wyekstrahować określony ciąg znaków z ciągu tekstowego, można posłużyć się funkcją `FRAGMENT.TEKSTU()`, która pobiera określoną liczbę znaków od liczby znaku początkowego. Z kolei liczbę znaku początkowego podaje funkcja wyszukiująca charakterystyczny fragment opisu. Na przykład jeśli tym wyróżnikiem będzie dwukropek dla ciągu znaków „Karton zbiorczy wym.: 300x209x265”, przy opisie indeksu znajdującego się w komórce A2, wtedy funkcja przyjmie następującą postać:

=JEŻELI.BŁĄD(FRAGMENT.TEKSTU(A2;2+SZUKAJ.TEKST(":";A2);DŁ(A2)-SZUKAJ.TEKST(":";A2));"")

Wzór 63. Formuła pobierająca wymiary z opisu

Źródło: opracowanie własne.

Pobranie z ciągu znaków każdego z wymiarów z osobna wymaga odnalezienia w ciągu znaków pierwszej wartości „x” i pobrania znaków od początku ciągu znaków do oddzielającej je wartości. Jeśli wymiar znajduje się w komórce B2, formuła będzie następująca:

⁵⁰ W przypadku bębnow teksturowych czy beczek plastikowych największy z wymiarów to wysokość, drugi z wymiarów będzie powtórzony jako długość i szerokość.

=JEŻELI.BŁĄD(LICZBA.CAŁK(FRAGMENT.TEKSTU(B2;1;SZUKAJ.TEKST("x";B2;1)-1));0)

Wzór 64. Formuła pobierająca pierwszy wymiar z opisu wymiarów kartonu zbiorczego

Źródło: opracowanie własne.

Powyższa formuła pobiera wymiary nie tylko trzyznakowe, lecz również cztero- czy pięciznakowe (co występuje, gdy wymiary podane są w ułamkach milimetra, np. pięć dziesiątych). W przypadku wymiaru środkowego trzeba odnaleźć wartość „x”, rozpoczynając poszukiwanie od pierwszego znaku „x”, i pobierać wszystkie znaki pomiędzy nimi.

=JEŻELI.BŁĄD(LICZBA.CAŁK(FRAGMENT.TEKSTU(B2;SZUKAJ.TEKST("x";B2;1)+1;
SZUKAJ.TEKST("x";B2;SZUKAJ.TEKST("x";B2;1)+1)-SZUKAJ.TEKST("x";B2;1)-1));0)

Wzór 65. Formuła pobierająca drugi wymiar z opisu wymiarów kartonu zbiorczego

Źródło: opracowanie własne.

Ostatnia formuła pobierająca trzeci wymiar musi odnosić się do drugiego występowania wartości oddzielającej „x” oraz łącznej długości ciągu znaków z wykorzystaniem funkcji DŁ() podającej liczbę znaków w komórce.

=JEŻELI.BŁĄD(LICZBA.CAŁK(FRAGMENT.TEKSTU
(B2;SZUKAJ.TEKST("x";B2;SZUKAJ.TEKST("x";B2;1)+1)+1;DŁ(B2)-
SZUKAJ.TEKST("x";B2;SZUKAJ.TEKST("x";B2;1)+1)));0)

Wzór 66. Formuła pobierająca trzeci wymiar z opisu wymiarów kartonu zbiorczego

Źródło: opracowanie własne.

Następnie z użyciem funkcji FRAGMENT.TEKSTU() pobieramy kolejne wartości cyfrowe oddzielone jednym znakiem w kolejnych trzech kolumnach (wartości pobierane jako symbole muszą być zamienione na liczby z użyciem funkcji LICZBA.CAŁK()), by następnie wykonać w kolejnych trzech kolumnach wyszukiwania (w każdym wierszu oddzielne) długości z użyciem funkcji MAX.K(), dla k równego 1, szerokości dla k równego 2 i wysokości dla k równego 3. Wszystkie powyższe funkcje muszą dodawać do wymiaru odpowiednią grubość kartonika albo kartonu zbiorczego, np. 12 mm do wymiaru długości kartonu zbiorczego. Jeśli wydzielone i nieuporządkowane wymiary kartonu zbiorczego znajdują się w kolumnach od S do U, wtedy formuła porządkująca dla długości, czyli największego wymiaru, przyjmuje postać:

=JEŻELI.BŁĄD(MAX.K(\$S2:\$U2;1)+12;"")

Wzór 67. Formuła pobierająca największy wymiar z opisu wymiarów kartonu zbiorczego

Źródło: opracowanie własne.

Formuła porządkująca dla szerokości, czyli drugiego największego wymiaru, przyjmuje postać:

=JEŻELI.BŁĄD(MAX.K(\$S2:\$U2;2)+12;"")

Wzór 68. Formuła pobierająca drugi największy wymiar z opisu wymiarów kartonu zbiorczego

Źródło: opracowanie własne.

Trzecia formuła dla wysokości jest analogiczna (z indeksem 3).

Aby zautomatyzować wyliczenia przelicznika palety dla pliku wyliczającego przyszłe obciążenie magazynu do już przeprowadzonych obliczeń, trzeba jeszcze podłączyć formuły technologiczne (*BOM-y*) z systemu *ERP*, które będą definiowały przydział kartoników do wyrobów gotowych.

Formuły, czyli *BOM-y*, to lista składników wyrobów gotowych w formie bazy danych, gdzie indeks wyrobu gotowego powtarza się na liście w tylu wierszach, ile ma składników. Następnie wśród formuł trzeba wyróżnić indeksy wyrobów gotowych (pomijając półprodukty, które również będą występowały w zestawieniu formuł) oraz odpowiadające im indeksy kartoników (za pomocą zdefiniowanych cech indeksu, wyróżnikiem zwykle jest przedrostek indeksu surowca bądź produktu, gdyż indeksy tworzy się w oparciu o strukturę wyróżniającą rodzaje wyrobów, jakie definiują) oraz indeksy kartonów zbiorczych. Następnie kolejna tabela musi zawierać listę indeksów kartoników wraz z kolumną ich wymiarów wewnętrznych (tworzonych w Dziale Opakowań w trakcie opracowywania wzornika materiału opakowaniowego). Wymiary kartonów zbiorczych mogą być zorganizowane w taki sam sposób, jak baza danych dla kartoników, lub mogą być po prostu pobierane z opisów indeksów kartonów zbiorczych (opisaną wcześniej metodą).

Każdy indeks wyrobu gotowego musi być powtórzony w tabeli 12 razy, gdyż są dwie możliwości ułożenia kartonów zbiorczych i sześć możliwości ułożenia kartonika. Przy użyciu kolumny z typem ułożenia kartonika (od 1 do 6) i kolejnej kolumny z rodzajem ułożenia kartonu zbiorczego (od 1 do 2) tworzymy algorytm, który musi obcinać wszystkie niepełne wielokrotności wymiarów powiększonych o grubości kartoników⁵¹, wykorzystując do tego funkcję zaokrąglania w dół, czyli ZAOKR.DÓŁ().

51 Niepełna wielokrotność oznacza po prostu, że kolejny karton czy kartonik się nie zmieści.

SUMA												
=>JEZELI(B7&D7;JEZELI(G7=1;ZAOKR.DÓŁ(D7/B7;0)*ZAOKR.DÓŁ(E7/A7;0); JEZELI(G7=2;ZAOKR.DÓŁ(D7/A7;0)*ZAOKR.DÓŁ(E7/B7;0); JEZELI(G7=3;ZAOKR.DÓŁ(D7/B7;0)*ZAOKR.DÓŁ(E7/C7;0); JEZELI(G7=4;ZAOKR.DÓŁ(D7/C7;0)*ZAOKR.DÓŁ(E7/B7;0); JEZELI(G7=5;ZAOKR.DÓŁ(D7/A7;0)*ZAOKR.DÓŁ(E7/C7;0); JEZELI(G7=6;ZAOKR.DÓŁ(D7/C7;0)*ZAOKR.DÓŁ(E7/A7;0)))))) *JEZELI(LUB(G7=1;G7=2);ZAOKR.DÓŁ(F7/C7;0);JEZELI(LUB(G7=3;G7=4);ZAOKR.DÓŁ(F7/A7;0);JEZELI(LUB(G7=5;G7=6);ZAOKR.DÓŁ(F7/B7;0)))) *JEZELI(K7=1;ZAOKR.DÓŁ(H7/D7;0)*ZAOKR.DÓŁ(H7/E7;0);JEZELI(K7=2;ZAOKR.DÓŁ(H7/E7;0) *ZAOKR.DÓŁ(I7/D7;0;0)) *ZAOKR.DÓŁ(I7-144)/F7;0;0)												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	Długość	Szerokość	Wysokość	Długość	Szerokość	Wysokość	Typ ułożenia kartonika	Długość palety	Szerokość palety	Prześło	Typ ułożenia kartonu zbiorczego	Przelicznik palety
1												
2	108,5	50,5	12,5	399	357	224	1	1200	800	1400	1	10 710
3	108,5	50,5	12,5	399	357	224	2	1200	800	1400	1	10 710
4	108,5	50,5	12,5	399	357	224	3	1200	800	1400	1	11 760
5	108,5	50,5	12,5	399	357	224	4	1200	800	1400	1	13 020
6	108,5	50,5	12,5	399	357	224	5	1200	800	1400	1	10 080
7	108,5	50,5	12,5	399	357	224	6	1200	800	1400	1	*ZAOKR.DÓŁ

Wzór 69. Formuła wyliczająca przelicznik palety

Źródło: opracowanie własne.

Przelicznik jest wymnożeniem czterech elementów: liczby kartoników w warstwie, liczby warstw w kartonie zbiorczym, liczby kartonów zbiorczych w warstwie na palecie oraz liczby warstw kartonów zbiorczych na palecie. Następnie wyciągamy maksymalną wartość przelicznika na indeks wyrobu gotowego z kolumny przeliczników palet (kolumna AL), przy optymalizacji liczby opakowań na palecie, albo konkretną wartość przelicznika na indeks wyrobu gotowego, dla konkretnej manualnej wartości ułożenia (kolumna A), dla wyszukiwania po danym ułożeniu.

Dla tysiąca wyrobów gotowych powyższa tabela będzie miała dwunastokrotność liczby wierszy na podstawie 12 możliwych kombinacji ułożenia, czyli 12 000 wierszy. Wtedy formuła tablicowa dla indeksów znajdujących się w kolumnie M, z użyciem tablicowej funkcji MAX(), przyjmuje postać:

$$\{=MAX((\$M\$2:\$M\$12000=M2)*\$AL\$2:\$AL\$12000)\}$$

Wzór 70. Formuła odnajdująca optymalny przelicznik palety na indeks

Źródło: opracowanie własne.

Z powyższej tablicy (formuły tablicowej) wartość przelicznika optymalnego z kolumny B jest następnie wysyłana do docelowej tabeli przeliczeń (np. tabeli z planami produkcji czy tabeli historycznych i obecnych stanów magazynowych) przy użyciu złączenia funkcji INDEKS() oraz PODAJ.POZYCJĘ(). Dysponując przelicznikami na palety, możemy bowiem zamieniać dowolne liczby przyszłych stanów magazynowych w opakowaniach na liczby palet, plany produkcji w opakowaniach powiększone o dystrybucyjny bufor palet, np. tygodniowy, i tworzyć inne podobne analizy.

Mając do dyspozycji przeliczniki palet na każdy z indeksów (surowcowe pozyskujemy od dostawców), można je także wykorzystać przy kolejnym problemie związanym z magazynowaniem, czyli przeciążeniem zadaniami. Magazyn farmaceutyczny wykonuje trzy podstawowe rodzaje zadań: przyjęcia surowców czy półproduktów do magazynu, wydania z magazynu na produkcję oraz przyjęcia z produkcji i wydania poza magazyn (do klienta) palet wyrobu gotowego. To ostatnie zadanie może być połączone w jedno, tzn. towar może być wysłany bezpośrednio z produkcji, nawet w statusie kwarantanny, do innego magazynu. Status zwolniony musi mieć jedynie towar wysyłany do klienta (np. hurtowni farmaceutycznej).

W sensie procesowym krytyczne są możliwości przyjęcia i wydania palet na rampach wyładowczych dla samochodów (niskie rampy z podnośnikami dla półciężarówek oraz śluzы dla ciągników siodłowych) oraz możliwości operacyjne wewnątrz magazynu (miejsce na wózki widłowe, a przy magazynie automatycznym wydajność i optymalizacja suwnicy odkładczej i zbierającej palety z silosu do komory wydań i przyjęć). Zarówno zwiększenie liczby ramp załadunkowych dla samochodów, jak i zwiększenie prędkości pracy wewnątrz magazynu wymaga kosztownej przebudowy magazynu (np. zwiększenie przestrzeni operacyjnej dla

wózków związane z rozbudową komory wydań i przyjęć, czy np. jedna dodatkowa suwnica wysokiego składowania to inwestycja rzędu kilku milionów złotych).

Magazyny farmaceutyczne są również dodatkowo obciążane koniecznością pobrania próby do badań każdego materiału wyjściowego (próbki wyrobów gotowych pobierane są jeszcze na produkcji). W przypadku zwykłego magazynu tę operację zwykle przeprowadza się podczas przyjęcia towaru. Lecz wysoko wydajny magazyn wysokiego składowania nie wpuszcza pracowników Kontroli Jakości w miejsce pracy wózków widłowych z powodów bezpieczeństwa, wydzielając na pobieranie prób specjalne strefy. Oznacza to konieczność przyjęcia towaru na magazynie. Odłożenia go na regał i ponownego pobrania do strefy pobierania prób na podstawie zlecenia z działu Kontroli Jakości.

Żeby obliczać ryzyko przeciążenia magazynu zadaniami, jako ryzyko przeciążenia zasobów i personelu, trzeba mierzyć przede wszystkim wydajność pracowników podczas wykonywanych zadań⁵². Jest to tym łatwiejsze, że przepisy Dobrej Praktyki Wytwarzania wymagają tworzenia dokumentów w systemie *ERP* także przy wydawaniu materiałów wyjściowych z magazynu głównego na magazyn przyprodukcyjny (rejestracja przepływów wewnętrznych). Z kolei magazynowe moduły systemów *ERP* przechowują informacje z bezprzewodowych czytników kodów kreskowych – każdy etap pracy jest więc rejestrowany. Przy takim systemie czytników pracownik, który przyjmuje towar z zewnątrz lub wydaje go na zewnątrz i podchodzi do rampy, zanim przystąpi do pracy, najpierw musi zeskanować kod wykonywanej operacji (załadunek lub wyładunek samochodu). Potem dopiero fizycznie wykonuje czynności, a na końcu zatwierdzany jest dokument przyjęcia bądź wydania.

Czas pomiędzy tymi dwiema operacjami jest powiązany z indeksem materiałowym oraz liczbą przyjmowanych palet, dzięki czemu można bardzo dokładnie określać wydajność operacji. Ta sama procedura zachowywana jest przy służach przyprodukcyjnych (przyjęcie bądź wydanie produkcyjne). Czytnik kodów ma również lokalizator, więc inne czynności magazynowe (niezwiązane z dokumentem podającym liczbę przetworzonych palet) są rejestrowane pod kątem przebytej drogi przez magazyniera.

Na podstawie powyższych informacji można również tworzyć statystyki średniego czasu wykonywania standardowych, powtarzających się operacji, np. rozładowania czy załadowania naczepy ciągnika siodłowego (od 32 do 34 europalet). Powinno się również monitorować ścieżki i długość przebytej przez pracowników drogi. Na podstawie wszystkich wymienionych rejestrów wiadomo, jakie są możliwości magazynu przy każdym obciążeniu zadaniami (czas ładowania serii do samochodów, opróżniania magazynu przyprodukcyjnego itp.).

52 Wydajność zasobów jest pochodną czasu pracy (Kalra *et al.*, 2012). Np. czynność ręcznego owijania palety folią typu stretch oraz ta sama czynność wykonywana z użyciem owijarki magazynowej pozwala ocenić wydajność zasobu, jakim jest owijarka, przy wykorzystaniu analizy czasu pracy personelu.

Łącząc powyższą wiedzę z danymi o czasach dostaw zamówień znajdujących się w systemie *ERP*, możemy prognozować wielkość obciążenia pracą magazynu, mnożąc dostawy przez przeliczniki palet, w celu określenia wymaganej ich liczby do przyjęcia na dany dzień. Dzięki temu dla magazynu powstaje półautomatyczna mapa obciążenia⁵³ na najbliższe tygodnie (zwykle dwa przyszłe tygodnie zachowują zgodność planowanych liczby dostaw z potwierdzeniami [wraz z liczbami palet], dostawy potwierdzone w dłuższym horyzoncie nazbyt się różnią). Z kolei harmonogram produkcyjny wyznacza, również na podstawie przeliczników palet, obciążenie magazynu na kolejne dni pod względem liczby wydań produkcyjnych wraz z liczbami palet. Obie bazy pokrywają więc wszystkie wejścia/wyjścia strumienia materiałowego magazynu, wyznaczając kompleksowo sumę obciążeń.

53 Zasilana listą potwierdzonych dostaw (pobieraną automatycznie kwerendą z systemu *ERP*), manualnie potączonych z przelicznikami palet.

Rozdział 5

Zarządzanie ryzykiem łańcucha dostaw wytwórcy farmaceutycznego – analiza *ex post*

5.1. Zarządzanie ryzykiem łańcucha dostaw – stany dzienne

Przebieg historycznych stanów magazynowych wyrobów gotowych (Louisot, Ketcham, 2014), analizowany z dokładnością do stanów dziennych, pozwala porównywać stany magazynowe bieżącego roku ze stanami z lat poprzednich (po nałożeniu na siebie odpowiadających dni każdego roku). Pozwala to ocenić poziom poprawy zarządzania zapasami oraz określić problemy związane z sezonami sprzedażowymi. Historia stanów wraz z nałożoną na nie prognozą przyszłych stanów¹, np. na kolejne pół roku, gdzie ostatni dzień prognozy stanu będzie po prostu powielony do końca roku, należy uszeregować wizualnie z prognozą jako linią najbardziej widoczną – wyróżniającą się, rokiem poprzednim jako stanem pośrednim i drugim rokiem jako najmniej znaczącym. Tego typu analizy przeprowadza się zwykle w pierwszej połowie roku, mitygując zagrożenia brakiem do bieżącego końca roku.

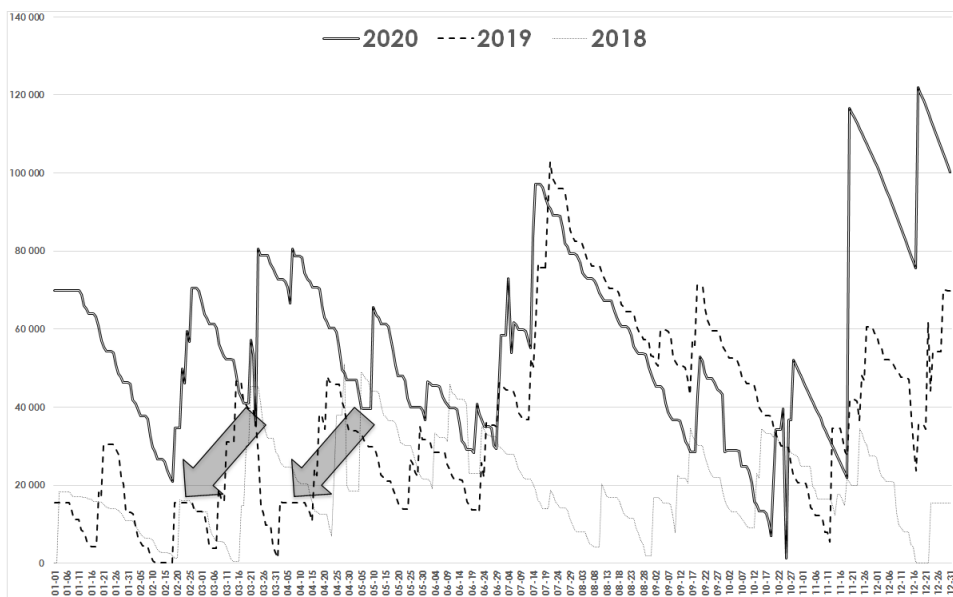
Wykresy historii stanów tworzone są na podstawie historii transakcji magazynowych² z systemu *ERP ex post*, dlatego są one odzwierciedleniem konsekwencji ryzyka przeszłego (które już się wydarzyło). Są w nich zobrażowane wszystkie sytuacje nieplanowane, które wystąpiły i których konsekwencji nie dało się zmitigować, a więc na które zabezpieczeniem powinien być zapas bezpieczny. Gdyby

1 Prognoza na podstawie widoku zintegrowanego, czyli wypadkowej planów produkcji, prognozy, utylizacji i planowanych promocji (próbek).

2 System *ERP* zwykle nie przechowuje tabeli za stanami magazynowymi, zamiast tego przechowuje wszystkie dokumenty, czyli wpływy i wypływy materiałowe, co pozwala obliczać stan magazynowy na dany dzień dynamicznie.

personel wytwórni miał nienaganną historię zapobiegania ryzyku, historia stanów odzwierciedlałaby jedynie zmieniający się (nienaruszony) zapas bezpieczny. Z drugiej jednak strony taka historia oznaczałaby, że był to zapas nadmierny. Dlatego wykres idealnego planowania w wytwórni, czyli przewidywania i mitygowania zapasem bezpiecznym łącznego ryzyka, powinien obrazować historię zapasu, w której w możliwie wielu miejscach zapas schodzi do poziomu bliskiego zera³, ale go nie osiąga przed odtworzeniem wielkości zapasu nową produkcją bądź dostawami.

Jednocześnie ze względu na specyfikę planowania w warunkach farmaceutycznych należy uwzględnić czas na zwolnienie wyrobu gotowego, dlatego wykres historii stanów magazynowych nigdy nie powinien dochodzić do samego zera, ponieważ nowy zapas nie może być sprzedawany od razu⁴. Pojawienie się nowej produkcji na stanie oznacza, że jeszcze przez okres kilku do kilkunastu dni (czas badań jakości serii) nie będzie mogła być ona sprzedawana, bo jej jakość nie jest jeszcze potwierdzona.



Wykres 16. Porównanie stanów magazynowych

Źródło: opracowanie własne.

- 3 Bliskiego, ale nieosiągającego zera, ze względu na konieczność zwolnienia do obrotu nowej produkcji.
- 4 Lepszą analizą w takim przypadku byłaby historia zapasu zwolnionego, lecz nie zawsze dysponujemy tak dokładnymi danymi (dynamiczne wyliczenia historii zapasu nie zawsze uwzględniają statusy kontroli jakości, ponieważ moduł gospodarki materiałowej systemu ERP i moduł planistyczny koordynacji łańcucha dostaw nie zawsze mają połączenie z modułem KJ – czasami zapewnienie jakości (wraz z działem badań jakościowych) dysponuje dedykowanym programem niepowiązanym z głównym dostawcą rozwiązań eBS – eBusiness Suite).

Takie sytuacje uwidocznione są na wykresie 16 (wskazane strzałkami) jako okres maksymalnie kilkunastu dni, gdy stan magazynowy (pomimo uzupełnienia zapasu ze stanu zero) się nie zmniejsza (pozioma linia), a więc gdy stan jest większy od zera, lecz wykres historii stanu nadal jest poziomy, bo produkcja nie może być jeszcze sprzedawana do hurtowni. Przez cały ten okres towaru brakuje.

Jednocześnie wykres tego rodzaju pozwala określić proporcję bieżących planów do historii stanów magazynowych – aby sprawdzić, czy plan produkcji nie prowadzi przypadkiem do utrzymywania zapasu nadmiernego⁵. Takie porównanie musi być jednak odczytywane przez pryzmat tego, że prognoza stanów uwzględnia zapas bezpieczny, który nigdy nie będzie naruszony⁶. Podczas gdy historia stanów zawiera w sobie wszystkie sytuacje nadzwyczajne i niestandardowe, które już się wydarzyły – poziom zapasu historycznego będzie więc z definicji niższy od zapasu planowanego.

Powyższy wykres służy także do ogólnej oceny jakości zarządzania łańcuchem dostaw (na podstawie jedynie linii zapasów historycznych) przy pojedynczym wyrobie gotowym, jeśli skuteczność zarządzania definiujemy jak najniższym poziomem zapasu – przy zachowaniu ciągłości i możliwości sprzedaży. Wtedy jakość pracy konkretnej osoby decydującej o planach produkcji będzie oceniana tym lepiej, im niżej (a nadal bez braku) koordynator łańcucha dostaw bądź planista produkcji będzie utrzymywał zapas na kluczowych, wysokowartościowych produktach (w rozumieniu wartości całości zapasu na produkcie, a nie wartości jednostkowej).

5.2. Zarządzanie ryzykiem łańcucha dostaw przy innych parametrach zarządzania

Widok zintegrowany ryzyka braku wyrobu gotowego wraz z wykresem zmienności stanów magazynowych może być podstawą analizy typu warunkowego (Cox, 2012) – co, jeśli (ang. *what if*). Dzięki temu możemy analizować liczbę zagrożeń (dni poniżej zapasu bezpiecznego), liczbę dni braków czy sprzedaż utraconą,

5 Jest to przy założeniu, że ryzyko sprzedaży i co bardziej prawdopodobne uwarunkowania produkcji wyrobu gotowego są mniej więcej stałe w porównaniu z zeszłym czy z jeszcze poprzednim rokiem.

6 Założenia o redukcji stanów na podstawie prognoz mogą uwzględniać jeszcze użycie z powodu przeterminowania serii, lecz już na przykład jednostkowe, bardzo wysokie zamówienia z hurtowni są rzadko uwzględniane w prognozie, bo trudno byłoby określić, w którym dniu roku wystąpią. Nie są w nich uwzględnione także inne sytuacje rynkowe (np. pojawienie się bądź wypadnięcie z rynku konkurenta powodujące skokowy wzrost sprzedaży). Wszystko to powoduje, że plan nie zakłada redukcji zapasu bezpiecznego w prognozie stanów magazynowych.

badając przebiegi stanów magazynowych *ex ante* na podstawie zwiększenia prognoz o największy dopuszczalny błąd w górę (np. +20%), czy badać nadwyżki zapasu, jeśli prognoza maksymalnie się obniży (np. -20%) (Taylor, 2015). Ważne jest także spojrzenie na zapas *ex ante* do budżetu (Chan, Wong, 2015) (gdy w widoku prognozę bieżącą zastąpimy prognozą budżetową), odpowiadające na pytanie, czy produkcja wytwarza „przynajmniej tyle”, aby sprostać zapotrzebowaniu budżetowemu (De Felice, Petrillo, Autorino, 2014). Ponieważ cele KPI działu sprzedaży są zwykle oparte o prognozę budżetową w miesiącach krytycznych (pomimo braku chłonności rynku), dział sprzedaży będzie się starał „na siłę” wypchnąć towar do hurtowni, aby zrealizować cel (powiększając tym samym zapas w hurcie do poziomów nadmiernych)⁷.

Co więcej, pewne dane historyczne można podmieniać i przeliczać na podstawie innych źródeł niż historia sprzedaży czy bieżące plany produkcji, uzyskując alternatywną historię stanów magazynowych *ex post* zeszłego roku, otrzymując w rezultacie pełen wachlarz alternatywnych scenariuszy. Służy to przede wszystkim ocenie, co by było (z historią zapasu i zbiorem jego konsekwencji), gdyby dla sprzedaży zeszłego roku zastosować ten czy inny sposób planowania, czy odmienny algorytm mitygacji ryzyka zmienności prognozy, sposób wyliczania zapasu bezpiecznego itp.

Jednym z podstawowych elementów takiej analizy jest prognoza bazowa na kolejny rok – zwana prognozą budżetową. Prognozy powstałe w trakcie zeszłego roku nie będą obiektywną miarą ryzyka, ponieważ uwzględniają już zdarzenia poznane w trakcie roku. Jeśli zastąpimy plany produkcji planami utworzonymi ponad rok temu⁸ na podstawie prognozy budżetowej, pozostawiając historyczną sprzedaż, uzyskamy alternatywną historię stanów magazynowych. Jeśli w takiej alternatywnej historii stanów zeszłego roku dni ze stanami zero (wraz z kolejnymi 12 dniami na zwolnienie nowej partii towaru) potraktujemy jako dni pozbawione możliwości sprzedaży, uzyskamy wtedy miarę w postaci różnicy sprzedaży za zeszły rok (do sprzedaży rzeczywistej – na każdy z produktów). Owa różnica, w połączeniu z ponownie wyliczoną rotacją roczną (mierzącą poziom kapitału zamrożonego produktu), daje możliwość oceny pozytywnych skutków bieżącego prognozowania na poziomie łańcucha dostaw w trakcie zeszłego roku. Wahania kolejnych prognoz popytu wobec pierwotnych budżetowych założeń powinny z definicji zmniejszać niepewność (Wang, Jie, 2019), a w rezultacie ryzyko braku i zredukować utraconą sprzedaż, przy czym zapas nie powinien być średnio większy

7 Jeśli plany produkcji ułożono do popytu rzeczywistego i w takim krytycznym miesiącu za braknie towaru z powodu nadmiarowej sprzedaży, niemającej swojego odzwierciedlenia w popycie aptek, dział sprzedaży będzie nadal obarczał odpowiedzialnością stronę popytową za brak realizacji pełni założeń sprzedaży rocznej, z uwagi na zerowe stany *ex factory*. Z tego też powodu planiści produkcji wielokrotnie patrzą nie tylko na prognozę bieżącą, ale również na budżet, by przygotować zapas na takie nadzwyczajne sytuacje.

8 Analiza dotyczy historii stanów magazynowych z zeszłego roku, z kolei plany pod prognozę budżetową były układane pod koniec roku poprzedzającego zeszły rok.

(mierzony rotacją). Czasami jednak zdarzać się może, że prognoza zmieniająca się w trakcie roku będzie na tyle różna od siebie lub na tyle nietrafiona, iż trzymanie się na danym produkcie założeń budżetowych byłoby bardziej opłacalne⁹. Chodzi więc o identyfikację takich przypadków i miarę ogólnej sumy strat z tego tytułu¹⁰ – z poszukiwaniem źródłowych przyczyn.

Kolejnym przydatnym scenariuszem będzie zastąpienie historii sprzedaży prognozą budżetową, przy zachowaniu rzeczywistej historii produkcji, w rezultacie powstaje budżetowa historia stanów. Pozwala to ocenić poziom adekwatności prognozy budżetowej do wykonanych produkcji w trakcie roku. Ocena szczegółowa mierzona jest na podstawie tych samych kryteriów: zdolności do sprzedaży w trakcie roku (przekładającej się na liczby dni ujmuje rzeczywistą historyczną sprzedaż) oraz liczby dni alternatywnej rotacji. W rezultacie uzyskuje się podstawę wyceny adekwatności i wartości dodanej płynącej z prognozowania budżetowego wobec skali comiesięcznej korekty planów produkcji w trakcie roku¹¹.

Kolejnym przydatnym scenariuszem będzie obcięcie największych błędów prognozy. Normalizacja historii błędów sprzedaży do prognoz do wstęgi dopuszczalnego błędu (np. $\pm 20\%$ dla grupy A, $\pm 30\%$ dla grupy B itp.) pozwala ocenić poziom sprzedaży, liczbę dni braków na produkt, wartość sprzedaży utraconej, rotację, gdyby błędy prognozy były nie większe niż dopuszczalne przez wskaźniki oceny jakości prognozowania. Innymi słowy pytamy, o ile lepiej funkcjonowałby łańcuch dostaw, gdyby niepewność była kontrolowana, nieprzekraczająca np. dopuszczalnych w budżecie założeń. Dzięki temu, porównując wielkości alternatywnej sprzedaży (po normalizowaniu błędów prognoz) do sprzedaży historycznej, jesteśmy w stanie porównywać wpływ, jaki ma nadmiarowa niepewność na wytwórnictwo. Historia zapasów w alternatywnym scenariuszu pozwala też przede wszystkim oceniać liczbę dni rotacji, wskazując, czy zakład farmaceutyczny zmieściłby się w założonym celu rotacji (po przeprowadzeniu powyższej analizy dla wszystkich produktów).

9 Duża zmienność prognozy na towarach szybko przeterminowujących się (krótkie okno ważności np. dla eksportu) może skutkować niższą sprzedażą niż stabilna budżetowa prognoza (nawet z dużym błędem) owocująca planem produkcji, który jest niezmienny w trakcie roku.

10 Jest to pierwsze kryterium oceny skuteczności programu naprawczego działu prognozowania (przede wszystkim zawsze nie być gorszym w prognozowaniu w trakcie roku od uprzedniej prognozy budżetowej).

11 Jeśli alternatywna historia stanów (jako miara wskaźników sprzedaży i zapasu) niewiele różni się od wskaźników rzeczywistych, należy rozważyć, czy nie zredukować poziomu ryzyka przypisanego do produktu (w postaci zapasu bezpiecznego). Ponieważ każda zmiana prognozy i konsekwentnie planów produkcji nie przełożyła się na znaczące redukcje możliwości sprzedaży czy zwiększenia zapasu (towar jest więc stabilny pomimo tego, że nie świadczy o tym np. zmienność prognozy i konsekwentna zmienność planów produkcji). Z kolei wysokie poziomy rzeczywistej historycznej utraconej sprzedaży, przy braku znaczącej różnicy wskaźników w takiej analizie do wskaźników historycznych świadczą, że łańcuch dostaw (dorzeczony łącznie – jako dział prognoz i planowania) nie potrafił prawidłowo zareagować w trakcie roku na dużą niepewność sprzedaży.

Jest to nie tylko miara ryzyka dodatkowego, które przełożyło się na konsekwencje historyczne (ryzyko *ex post*), ryzyka którego nie zakładamy (bo skoro dział prognoz posiada dopuszczalne widełki błędów w swoich wskaźnikach KPI, których nie może przekroczyć, to wynika z tego silna presja na stronę podażową, aby nie zabezpieczano się bardziej), ale przede wszystkim linia demarkacyjna odpowiedzialności. Jest to szczególnie ważne dla prawidłowego funkcjonowania zakładu farmaceutycznego, aby osobista odpowiedzialność planistów produkcji (bądź koordynatorów łańcucha dostaw) była szczegółowo zdefiniowana. Ta definicja wpływać może tylko i wyłącznie z rozdzielenia odpowiedzialności strony operacyjnej, która przekłada się na oddzielenie odpowiedzialności działu planującego produkcję od odpowiedzialności działu prognozowania. W rezultacie odpowiedzialność strony operacyjnej musi być dokładnie mierzona i powyższa analiza ten cel realizuje, wskazując różnicę pomiędzy historyczną sprzedażą i zapasem w sytuacji, gdyby ryzyko popytu mieściło się we wstędze dopuszczalnych błędów.

Widok zintegrowany ryzyka braku wyrobu gotowego w połączeniu z możliwością podmiany danych źródłowych dla wykresu zmienności stanów magazynowych pozwala przede wszystkim na dowolne dostosowanie parametrów planowania, aby testować zmiany w strategii planowania na przyszłość. Jednak zastosowanie owych zmian do historii jasno wskazuje, które strategie byłyby w przeszłości najbardziej skuteczne, co sprawia, że automatycznie na przyszłość stają się one najbardziej obiecujące.

5.3. Analityka prognoz historycznych

Do podstawowej analityki prognoz historycznych należą porównania wzajemne prognoz¹². Najistotniejsze z punktu widzenia oceny ryzyka jest porównywanie prognozy bieżącej do prognozy z poprzedniego miesiąca. Ponieważ planowanie produkcji odbywa się w odniesieniu do prognozy bieżącej, zaraz po pojawieniu się aktualizacji prognozy (prognozy z następnego miesiąca) następuje rewizja planów produkcyjnych w zależności od zmienności prognozy w stosunku do prognozy poprzedniej.

12 Porównania wzajemne prognoz zwykle obejmują różne granulacje danych źródłowych (a więc jak szczegółowo rozbijamy sprzedaż historyczną – po indeksie produktowym, czy również po odbiorcy, regionie sprzedaży itp.) albo różne modele regresji tak zagregowanych danych, jednak wytwórnia farmaceutyczna na poziomie operacyjnym analizuje tylko prognozę finalną. Dlatego jedynym jej rozróżnieniem do porównań będzie okres powstania prognozy oraz miesiące prognozowane (zwykle 18 miesięcy do przodu) z ilościami prognozowanej sprzedaży na konkretne indeksy produktowe.

Najbardziej krytyczne jest wielkościowe i procentowe porównanie ogółu planowanej sprzedaży w najbliższych trzech miesiącach¹³. Aby wykonać takie porównanie podaje się sumę bieżącej prognozy na trzy kolejne miesiące, sumę prognozy poprzedzającej na trzy kolejne miesiące, podaje się różnicę tych sum, czyli bieżącej prognozy i prognozy poprzedzającej oraz różnicę procentową prognoz wedle wzoru. Pomimo tego, że wzór dotyczący różnicy pomiędzy prognozami jest ilorazem dwóch porównywanych wartości pomniejszonym o 100% (stąd też poziom jego skomplikowania jest bardzo niski), to jednak warto przytoczyć go w postaci formuły bazy danych, ponieważ tego typu porównania zwykle przeprowadzane są na bardzo wielu rekordach¹⁴.

```
If ((Sum({$<[Data prognozy]='2020-11'}>*$<Okres='{2020-12'}>}Prognoza) +
Sum({$<[Data prognozy]='2020-11'}>*$<Okres='{2021-01'}>}Prognoza) +
Sum({$<[Data prognozy]='2020-11'}>*$<Okres='{2021-02'}>}Prognoza))=0
and
(Sum({$<[Data prognozy]='2020-10'}>*$<Okres='{2020-12'}>}Prognoza) +
Sum({$<[Data prognozy]='2020-10'}>*$<Okres='{2021-01'}>}Prognoza) +
Sum({$<[Data prognozy]='2020-10'}>*$<Okres='{2021-02'}>}Prognoza))>0
,-1,
If ((Sum({$<[Data prognozy]='2020-11'}>*$<Okres='{2020-12'}>}Prognoza) +
Sum({$<[Data prognozy]='2020-11'}>*$<Okres='{2021-01'}>}Prognoza) +
Sum({$<[Data prognozy]='2020-11'}>*$<Okres='{2021-02'}>}Prognoza))>0
and
(Sum({$<[Data prognozy]='2020-10'}>*$<Okres='{2020-12'}>}Prognoza) +
Sum({$<[Data prognozy]='2020-10'}>*$<Okres='{2021-01'}>}Prognoza) +
Sum({$<[Data prognozy]='2020-10'}>*$<Okres='{2021-02'}>}Prognoza))=0
,-3,
(Sum({$<[Data prognozy]='2020-11'}>*$<Okres='{2020-12'}>}Prognoza) +
Sum({$<[Data prognozy]='2020-11'}>*$<Okres='{2021-01'}>}Prognoza) +
Sum({$<[Data prognozy]='2020-11'}>*$<Okres='{2021-02'}>}Prognoza))
/
(Sum({$<[Data prognozy]='2020-10'}>*$<Okres='{2020-12'}>}Prognoza) +
Sum({$<[Data prognozy]='2020-10'}>*$<Okres='{2021-01'}>}Prognoza) +
Sum({$<[Data prognozy]='2020-10'}>*$<Okres='{2021-02'}>}Prognoza))-1))
```

Wzór 71. Formuła obliczająca różnicę procentową prognoz

Źródło: opracowanie własne.

Powyższa formuła sumuje, by porównać ze sobą prognozy na trzy okresy (2020-12, 2021-01, 2021-02), gdzie pierwsza z prognoz powstała w okresie

13 Ponieważ najpilniejsze zmiany trzeba przeprowadzić w okresie krótkim. Ponieważ harmonogramy produkcyjne mrożone są zwykle do 6 tygodni, chodzi o zmiany, których można dokonać między 6. a 12. tygodniem planowania.

14 Każda prognoza zawiera wiele tysięcy produktów razy 18 bądź 36 miesięcy (bądź 60 miesięcy dla prognozy długoterminowej) prognoz na poszczególne miesiące, jednocześnie prawie każdy z punktów danych ulega zmianie z miesiąca na miesiąc, w rezultacie w ciągu roku powstaje 12 powyższych zbiorów danych, z których każde powinno być połączone, aby wyliczać różnice (baza danych zawiera również wykonanie sprzedaży, aby móc wyliczać błędy prognozy). W rezultacie bazy danych prognoz zawierają kilkaset tysięcy wierszy i dlatego dla skalowalności dostępu do informacji powinno się tworzyć dla nich dedykowane bazy danych.

poprzedzającym (okres powstania prognozy: 2020-11), a druga jest starsza od niej o miesiąc (okres powstania prognozy: 2020-10). Porównanie procentowe pomiędzy prognozami na najbliższe trzy miesiące ma dwa, trzy warunki ułatwiające filtrowanie porównania prognoz dla baz danych zawierających tysiące rekordów. Po pierwsze, formuła wylicza umowną wartość (-1), jeśli nowsza z prognoz jest wyzerowana, bo starsza była większa od zera. Pozwala to umiejscowić w połowie listy (przy procentowej skali ryzyka¹⁵) takie przypadki w bazie różnic procentowych. Po drugie, formuła wylicza umowną wartość 3, jeśli pojawia się nowa prognoza¹⁶, także z powodu konieczności wyważenia dla takich sytuacji poziomu ryzyka. Gdy żadna z powyższych sytuacji nie zachodzi, nowsza prognoza dzielona jest przez starszą, wyliczając poziom procentowy różnicy, gdzie punktem odniesienia jest przeszłość.

Wedle powyższego schematu analitycznego (pokazanego dla jednego okresu przez formułę obliczającą różnicę procentową prognoz) porównuje się ze sobą również każdy miesiąc prognozy oddzielnie, najbliższy rok, a także przyrównuje się sumy wszystkich prognoz (np. na najbliższe 18, 36 czy 60 miesięcy).

Sortowanie ryzyka tabeli powstałej przez porównanie każdego z prognozowanych miesięcy wyznacza kolumna procentowa różnic pomiędzy najbliższymi trzema okresami, od największych do najmniejszych wartości¹⁷, z filtracją listy wyłączającą przypadki zera i jedyńki (brak różnic¹⁸). Gdy różnice procentowe są większe od jedności, czyli gdy prognoza sprzedaży się zwiększyła, istnieje ryzyko braku, co czasami wymaga uruchomienia dodatkowej produkcji¹⁹. Dlatego różnice większe od jedności na najbliższy kwartał, trzy okresy traktowane łącznie, są najwyższym priorytetem przeglądania listy zmian. Następnie rozpatrujemy powyższą listę z sortowaniem odwrotnym, od najmniejszych do największych, gdzie w pierwszej kolejności uwidocznione są największe redukcje planów sprzedaży, co wymaga niekiedy zmniejszenia liczby serii lub wykreślenia z danego okresu planów produkcji²⁰.

15 Przy sortowaniu listy zmian od największych do najmniejszych różnic procentowych – warunek plasujący zerowane prognozy na poziomie -100% umiejscawia wyzerowane produkty powyżej kilkuprocentowych redukcji, jednocześnie kilkusetprocentowe redukcje nadal pozostają ważniejsze pod kątem ryzyka i znajdują się na górze listy.

16 Prosta formuła dzielenia w takim przypadku dąży do nieskończoności, ale tutaj też należy wyważyć skalę zjawiska, tak aby wiersze spełniające warunek pojawienia się na liście były uplasowane nie na samej górze listy (ponieważ np. sytuacja zwiększenia 10-krotnego wolumenu sprzedaży będzie bardziej ryzykowna niż pojawienie się prognozy na produkt, nawet w okresie najbliższych trzech miesięcy – gdyż nowy produkt zwykle przynosi mniejsze dochody niż regularnie sprzedawany produkt, którego prognoza gwałtownie zwiększa się, np. z powodu wypadnięcia z rynku konkurencji).

17 Ponieważ zwiększenia prognozy jakościowo są większym zagrożeniem niż redukcje.

18 W pierwszym przypadku braku prognozy na dane okresy (mogą jednak występować w okresach kolejnych, dlatego dany rekord występuje w bazie danych), w drugim przypadku taka sama prognoza jak poprzednio.

19 Wywołując skutki dla zaopatrzenia w surowce (zwiększony popyt zależny).

20 Redukcja produkcji przy największych redukcjach prognozy sprzedaży zapobiega utylizacji niesprzedanego towaru.

Oprócz porównania zmiany najnowszej wobec ostatniej prognozy, pełna analiza prognoz obejmuje ponadto wszystkie przydatne kombinacje błędów sprzedaży, wyliczane pomiędzy sprzedażą historyczną a miesiącami prognozy oraz zgrupowanymi sumami sprzedaży historycznej i prognozą dla tych samych miesięcy. Sumy miesięcy pozwalają na uśrednianie pewnych wskazań, z kolei kryterium wyznaczającym, do której z poprzedzających prognoz porównać sprzedaż, będzie czas reakcji działu planowania²¹. Innymi słowy, przy wyliczaniu błędów sprzedaży, a tak naprawdę podczas przeprowadzania dochodzenia, kto jest bardziej odpowiedzialny za problem²² (braku produktu bądź nadmiarowego zapasu ocenianego zbyt dużą rotacją), planista produkcji czy planista sprzedaży (osoba tworząca prognozę) patrzy na porównanie sprzedaży do prognozy, „na którą patrzył”²³ planista produkcji bądź osoba zamawiająca licencje, w momencie podejmowania decyzji o zmianie planów produkcji bądź zmianie planów zamówień produktów licencyjnych.

Dla towarów wytwarzanych i koordynatora łańcucha dostaw planującego wyroby gotowe będzie to zwykle prognoza (-2), czyli prognoza o dwa miesiące wcześniejsza niż miesiąc sprzedaży, gdyż mrożenie planów produkcji obejmuje przeciętnie okres od 4 lub 6 tygodni. Gdyby okres mrożony był krótszy niż 3 tygodnie, czas zmienności planów produkcji byłby krótszy niż czas dostawy nowych wzorów materiałów opakowaniowych – harmonogram produkcyjny byłby więc stale zagrożony²⁴. Z kolei gdyby okres mrożony był dłuższy niż około półtora miesiąca, firma farmaceutyczna nie byłaby wystarczająco elastyczna na zmienność zapotrzebowania na leki.

Oznacza to, że przy prognozach pojawiających się zgodnie z miesiącami kalendarzowymi i przy 6 tygodniach mrożenia planu produkcji, np. 31 marca plan produkcji jest ustalony do połowy maja, więc w celu wyliczenia błędu sprzedaży maja odnosimy się do prognozy marca – pomimo tego, że druga połowa planu produkcji maja była już ustalona do prognozy kwietniowej. Błędy planowania odnosi się do okresu prognozy zaokrąglonego w górę, co przy 6 tygodniach oznacza cofnięcie się o dwa miesiące.

21 Jeśli rozpatrujemy towary produkowane, będzie to okres mrożenia harmonogramu produkcji, czyli 6 tygodni, jeśli są to towary zamawiane, będzie to najwcześniejsze zamówienie, którego ilość można zmienić (pomimo *Lead Time* dochodzącego do 9 czy nawet 12 miesięcy zamówienia na produkty licencyjne mogą być zwiększane bądź redukowane w krótszym okresie – im większy procent *Lead Time*, tym zmiana procentowo może być większa).

22 Dopuszczalne błędy sprzedaży dla każdej z grup produktowych wyznaczają linię demarkacyjną odpowiedzialności.

23 Jest to określenie umowne zakładające idealną sytuację zgodności częstotliwości kontroli planów z procesem (jest to więc prognoza, na którą „powinien patrzeć” koordynator łańcucha dostaw).

24 Folia aluminiowa przychodząca z innych krajów Unii Europejskiej ma *Lead Time* około 2 do 3 tygodni, a przy nowym wzorniku druku czas ten może się jeszcze wydłużyć.

```

If (
  (Sum({$<Okres={'2020-12'}>}SPR_ILOSC) +
  Sum({$<Okres={'2021-01'}>}SPR_ILOSC))=0
or
  (Sum({$<[Data prognozy]='2020-10'}>*$<Okres={'2020-12'}>}Prognoza) +
  Sum({$<[Data prognozy]='2020-11'}>*$<Okres={'2021-01'}>}Prognoza))=0
,0,
  (Sum({$<Okres={'2020-12'}>}SPR_ILOSC) +
  Sum({$<Okres={'2021-01'}>}SPR_ILOSC))
/
  (Sum({$<[Data prognozy]='2020-10'}>*$<Okres={'2020-12'}>}Prognoza) +
  Sum({$<[Data prognozy]='2020-11'}>*$<Okres={'2021-01'}>}Prognoza))-1)

```

Wzór 72. Formuła obliczająca uśrednioną dwumiesięczną różnicę procentową prognoz

Źródło: opracowanie własne.

Powyższa formuła odnosi się do uśrednionego porównania różnic dla dwóch miesięcy pomiędzy sprzedażą i prognozą (prognozą, na którą patrzyła osoba planująca produkcję, a więc cofniętą o dwa miesiące).

W przypadku rozpatrywania błędu prognozy dla planowanych zakupów *API*, które mogą mieć czasy dostaw np. od 3 do nawet 6 miesięcy, zgodnie z powyższym rozumowaniem sprzedaż będzie odniesiona do prognozy wcześniejszej o 4 i o 7 miesięcy. Ponieważ inne surowce mają krótsze czasy dostaw dla porównań wykonania i prognozy, trzeba zbudować bazę obejmującą wszystkie przypadki. Dla porównywanych ze sprzedażą poszczególnych miesięcy oraz przy łączeniu miesięcy prognoz, aż do agregacji porównującej półroczne okresy prognoz i sprzedaże, oznacza to konieczność zbudowania 42 analiz (6 x 7 stopni cofania się do o miesiąc starszej prognozy). Ponadto ze względu na istotność statystyczną²⁵ powinno się porównywać około 30 ostatnich okresów (lub grup okresów jako punktów danych), co dla każdego kolejnego tysiąca wyrobów gotowych (wierszy) oznacza konieczność wyliczenia 1 350 000 punktów danych.

Analityka błędów prognozy dla systemu zarządzania ryzykiem powinna więc obejmować wszystkie przypadki przedstawiane w ustandaryzowanej formie, tak aby duża liczba danych była dla operatora czytelna. Oznacza to konieczność ułożenia poszczególnych porównań procentowych w horyzontalnej formie, gdzie poszczególne produkty będą wierszami. Dopiero operator bazy za pomocą filtracji i sortowania będzie dokonywać wyboru produktów o tym samym czasie reakcji planisty (*Lead Time*). Na tej podstawie dla danej grupy będzie można odnieść do konkretnej analizy (poziom ujemnego odniesienia prognozy, np. [-2] dla wyrobów gotowych produkowanych lub [-7] dla *API* o najdłuższym *Lead Time*) oraz wymaganego poziomu uśrednienia porównań (liczby zgrupowanych miesięcy).

Powyższe zestawienie zestawień błędów sprzedaży (*SE*) opisane jest okresem prognozy, do której odnosimy sprzedaż (prognoza wcześniejsza o [-1], [-2], [-3] miesiące itd.) oraz poziomem agregacji (liczbą połączonych miesięcy, np. 1M, 2M,

²⁵ Powyżej rozkładu T-studenta.

3M itd.). Sama analiza zawiera tyle wierszy, ile było prognozowanych produktów, gdzie nagłówkiem kolumny błędu będzie nazwa okresów sprzedaży, jakie są z odpowiednią prognozą porównywane.

Oprócz wyliczenia wszystkich wymaganych przypadków, należy również utworzyć porównanie procentowe sprzedaży ze wszystkimi prognozami na dany okres, w celu oceny czy progności, wraz ze zbliżaniem się do okresu, który progności mieli przewidzieć, byli coraz bliżsi celu w postaci lepszego przewidywania faktycznej sprzedaży. W takim zestawieniu sprzedaż na dany okres jest pierwszą kolumną, gdyż jest to kolumna odniesienia, bo kolejne wielkości prognoz są do niej porównywane. W kolejnych kolumnach dla każdego okresu prognozowania znajdować się powinna prognoza z danego okresu (wielkościowo), różnica do sprzedaży oraz porównanie procentowe do sprzedaży.

Tabela 25. Analityka błędów prognozy

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Indeks	ABC	Business Units	Staż produktu dni	Dopuszczalny błąd	Sprzedaż 2016-12	Prognoza (-1)	Różnica (-1)	SE (-1)	Prognoza (-2)	Różnica (-2)	SE (-2)	Prognoza (-3)	Różnica (-3)	SE (-3)
1														
2	Indeks 1	A	RX	20%	480 486	450 000	30 486	7%	450 000	30 486	7%	550 000	-69 514	-13%
3	Indeks 2	A	RX	20%	265 847	247 620	18 227	7%	247 000	18 847	8%	247 620	18 227	7%
4	Indeks 24	A	RX	20%	203 644	40 700	162 944	400%	40 700	162 944	400%	40 700	162 944	400%
5	Indeks 5	A	RX	20%	160 697	156 620	4 077	3%	156 620	4 077	3%	156 620	4 077	3%
6	Indeks 4	A	SPECIALISTYKA	20%	148 810	162 517	-13 707	-8%	162 517	-13 707	-8%	162 517	-13 707	-8%
7	Indeks 12	A	RX	20%	135 548	71 500	64 048	90%	71 500	64 048	90%	106 261	29 267	28%
8	Indeks 14		OTC	50%	106 602	100 000	6 602	7%	100 000	6 602	7%	85 000	21 602	25%
9	Indeks 7	A	RX	20%	104 225	100 800	3 425	3%	100 000	4 225	4%	100 800	3 425	3%
10	Indeks 9	A	RX	20%	96 013	110 620	-14 607	-13%	11 000	85 013	773%	11 620	84 393	776%
11	Indeks 6	A	RX	20%	94 575	100 700	-6 125	-6%	100 000	-5 425	-5%	100 700	-6 125	-6%
12	Indeks 3	B	OTC	30%	88 494	253 520	-165 026	-65%	253 500	-165 006	-65%	253 520	-165 026	-65%
13	Indeks 8	B	RX	30%	84 831	85 000	-169	0%	85 000	-169	0%	85 000	-169	0%
14	Indeks 10	B	RX	30%	79 106	80 000	-894	-1%	80 000	-894	-1%	80 000	-894	-1%
15	Indeks 11	B	RX	30%	77 286	70 000	7 286	10%	70 000	7 286	10%	70 000	7 286	10%
16	Indeks 13	B	OTC	30%	70 320	60 000	10 320	17%	60 000	10 320	17%	60 000	10 320	17%
17	Indeks 17	B	RX	30%	60 781	55 000	5 781	11%	55 000	5 781	11%	55 000	5 781	11%
18	Indeks 18	B	RX	30%	58 070	65 000	-6 930	-11%	65 000	-6 930	-11%	65 000	-6 930	-11%
19	Indeks 16	C	RX	40%	57 820	80 600	-22 780	-28%	80 600	-22 780	-28%	80 600	-22 780	-28%
20	Indeks 22	C	RX	40%	50 864	50 060	804	2%	50 000	864	2%	50 060	804	2%
21	Indeks 21	C	RX	40%	49 269	55 000	-5 731	-10%	55 000	-5 731	-10%	55 000	-5 731	-10%
22	Indeks 20	C	RX	40%	48 350	45 000	3 350	7%	45 000	3 350	7%	45 000	3 350	7%
23	Indeks 23	C	SPECIALISTYKA	40%	40 106	50 000	-9 894	-20%	50 000	-9 894	-20%	50 000	-9 894	-20%
24	Indeks 19	C	RX	40%	36 787	45 000	-8 213	-18%	45 000	-8 213	-18%	45 000	-8 213	-18%
25	Indeks 15	C	SPECIALISTYKA	40%	28 670	85 000	-56 330	-66%	85 000	-56 330	-66%	85 000	-56 330	-66%

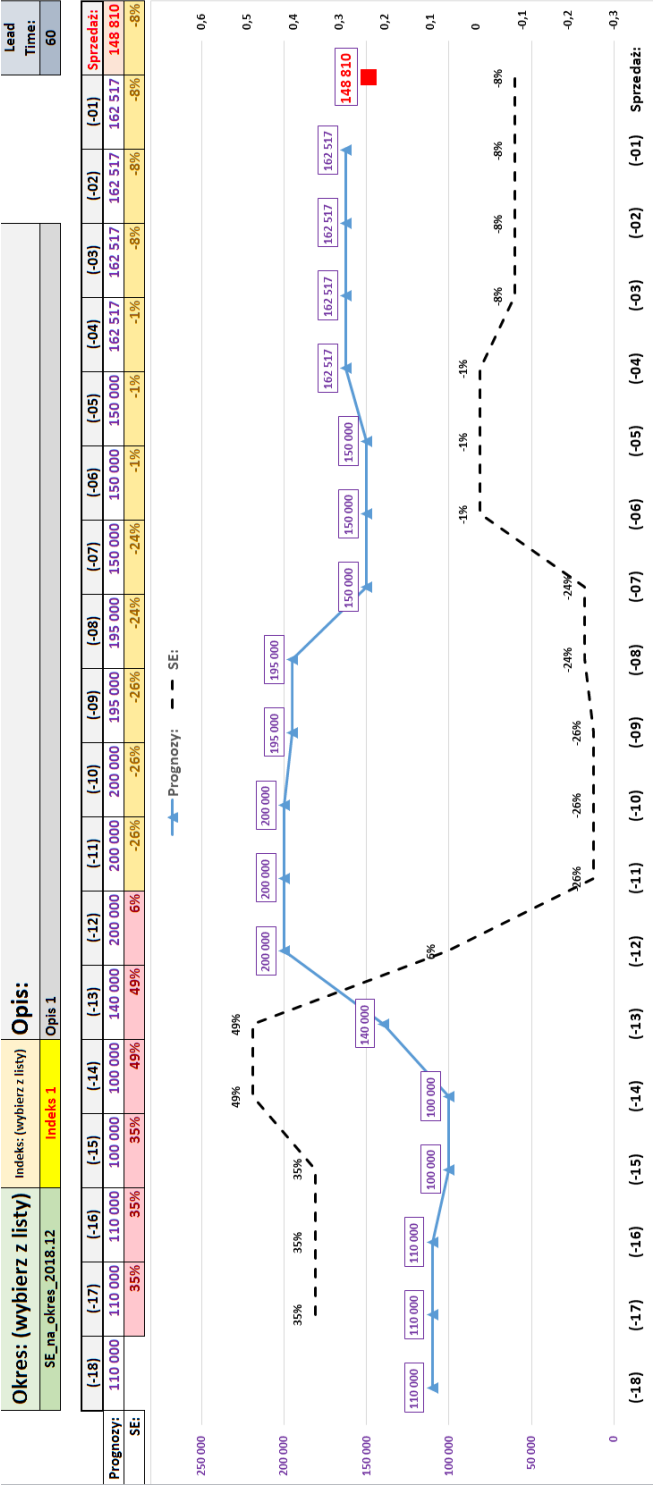
Źródło: opracowanie własne.

Powyższe porównania procentowe są wyliczane do kolejnych prognoz odniesienia według wzoru dzielącego prognozę przez sprzedaż.

```
If (
Sum({$<Okres={'2021-01'}>}SPR_ILOSC)=0
or
Sum({$<[Data prognozy]='2020-12'>*$<Okres={'2021-01'}>}Prognoza)=0
,0,
(Sum({$<Okres={'2021-01'}>}SPR_ILOSC)
/
Sum({$<[Data prognozy]='2020-12'>*$<Okres={'2021-01'}>}Prognoza))-1)
```

Wzór 73. Formuła obliczająca błąd sprzedaży wobec wcześniejszej o miesiąc prognozy
Źródło: opracowanie własne.

W przypadku gdy trzeba rozpatrywać pojedynczy wyrób gotowy, lepiej jest do dyskusji (która polega na rozgraniczeniu odpowiedzialności za niedostosowanie planowania do sprzedaży, pomiędzy planistę produkcji i sprzedaży) przedstawiać powyższe dane w postaci wykresu, który przedstawia całość oszacowania różnic procentowych (oś pionowa pomocnicza), choć przede wszystkim różnic (oś pionowa podstawowa – po lewej stronie).



Oś pozioma powyższego wykresu odnosi się do porównania okresu sprzedaży (punkt skrajnie prawy) do okresu prognozowania, od 18 miesięcy wstecz (punkt skrajnie lewy), aż do okresu (-1) ostatniego przed okresem sprzedaży, czyli dla prognozowania sprzedaży dla miesiąca kolejnego. Powyższa konsekwentna prognoza na dany okres ma określoną średnią oraz zmienność, mierzona np. za pomocą odchylenia standardowego. Pozwala to na wyliczenie współczynnika zmienności na dany okres dla określonego produktu bądź grupy produktów, jako stosunek odchylenia standardowego do średniej. Jest to miara służąca do wertykalnej (pomiędzy wierszami) analizy XYZ zmienności prognozy na dany okres pomiędzy produktami bądź grupami produktów.

```
Stdev(Aggr(
Sum({$<Okres={'2020-12'}>}Prognoza)
,[Data prognozy]
,INDEKS
))
/
Avg(Aggr(
Sum({$<Okres={'2020-12'}>}Prognoza)
,[Data prognozy]
,INDEKS
))
```

Wzór 74. Formuła obliczająca współczynnik zmienności prognozy

Źródło: opracowanie własne.

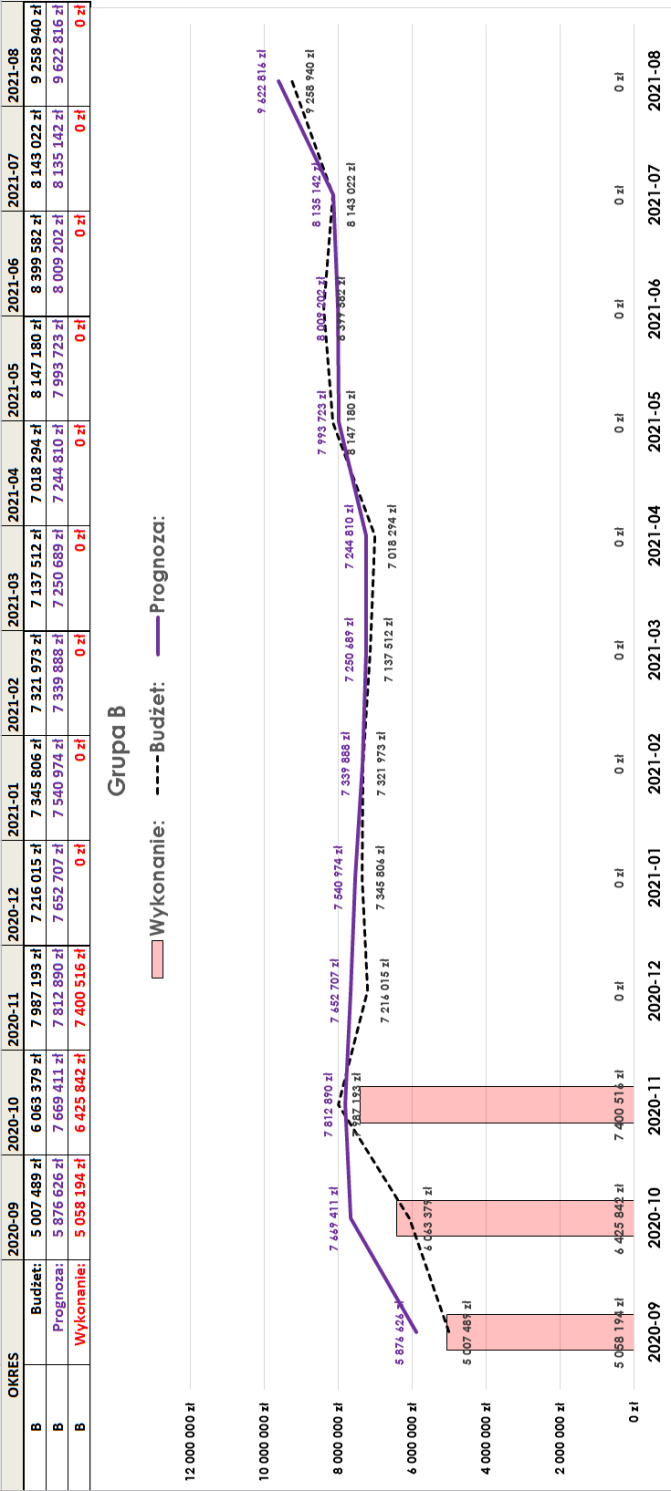
Jednocześnie można zautomatyzować wyznaczanie odpowiednio starszej prognozy do porównań ze sprzedażą na podstawie cofnięcia się zgodnie z procesem do prognozy, na którą patrzyła osoba planująca, na podstawie czasu *Lead Time*. Będziemy mogli to zrobić, jeśli bazę prognoz powiększymy o kolejną kolumnę z informacją na temat *Lead Time* produkcji bądź na temat czasu dostaw dla produktów licencyjnych. Suma wszystkich cykli: przygotowania, czyli okresu, w którym przygotowywane jest zamówienie bądź w którym ustalana jest wielkość produkcji mająca być włączona do planu produkcji, przetwarzania, czyli czasu dostawy, bądź czasu oczekiwania na produkcję, wraz z samym czasem produkcji oraz ostatniego cyklu: zwolnienia, a więc czasu testów laboratoryjnych dotyczących jakości (gdyż także on wyznacza opóźnienie pomiędzy planem a rezultatem w postaci wytworzonych serii). Suma tych cykli w dniach podzielona przez 30 i zaokrąglona w górę wyznacza, o ile prognoz musimy się cofnąć, aby zobaczyć prognozę, na którą patrzył planista (jest to tzw. wyprzedzenie prognozy). Ponieważ informacje o czasach cykli przechowywane są w bazie danych systemu ERP, po ich ściągnięciu do bazy prognoz można automatycznie identyfikować odpowiednią prognozę do porównań.

Do sumy cykli należy doliczyć jeszcze opóźnienie ukazywania się prognozy w danym miesiącu. Jeśli prognoza w danym miesiącu jest opracowywana, a następnie przekazywana do systemu planistycznego (zwykle modułu systemu ERP) i przeliczana przez ten system do formy czytelnej dla planisty produkcji, maksymalnie np.

do 20. dnia każdego miesiąca, o tyle dni należy powiększyć łączny czas cykli, aby cofnąć odniesienie do odpowiedniej prognozy.

Do wyznaczania kontekstu wobec omawianych błędów prognozy, warto jest przytoczyć dane dotyczące prognozy budżetowej oraz stanu zapasów – jako dwóch podstawowych punktów odniesienia dla różnic pomiędzy sprzedażą i prognozą.

Ostatnim rodzajem analiz prognoz historycznych są porównania grupowe. Grupy towarów zawsze porównywane są wartościowo w kosztach wytworzenia.



Ze względu na to, że grupowanie tworzy jeden ciąg danych, wszystkie towary mogą być przedstawiane na pojedynczym wykresie. Prognoza bieżąca, liczona wartościowo dla wszystkich towarów grupy C²⁶, zakłada nieco większą sprzedaż niż prognoza budżetowa formułowana pod koniec zeszłego roku na rok kolejny. Jednocześnie możemy zauważyć, że dla towarów w grupie C sprzedaż faktyczna jest dużo lepiej wartościowo przewidziana przez prognozę budżetową niż przez prognozy kolejne²⁷, które powstały później. Teoretycznie tego typu sytuacje nie powinny mieć miejsca. Jednak lepszej korelacji faktycznej sprzedaży do budżetu niż do prognozy, mogą sprzyjać wskaźniki *KPI* oceniające pracę działu sprzedaży pod kątem wykonania budżetu. Co oznacza, że dział sprzedaży dostosowuje nakład swojej pracy (intensywność działań marketingowych) do wytycznych wynikających z budżetu, a nie do najnowszej prognozy. Gdy sprzedaż jest mniejsza niż założone cele budżetowe, dział marketingu stara się bardziej; gdy wyrobi już normę, jego motywacja spada, bo za dodatkowe ponadnormatywne (ponadbudżetowe) sprzedaże może nie być wynagradzany odpowiednio²⁸ lub nie jest wynagradzany dodatkowo.

5.4. Automatyzacja analityki prognoz i planów produkcji

Ze względu na bardzo duży zakres koniecznych do przeprowadzenia analiz i porównań związanych z prognozami – tego typu zadania należy automatyzować. Można to zrealizować, tworząc algorytm analizujący, który zastąpiony zostaje danymi nowymi (Marques *et al.*, 2020). Przez każdorazowo wykonany raport, jeśli będzie potrzebny w przyszłości, będzie mógł być ponownie wykonany automatycznie, jeśli odwoływał się będzie do nowych okresów zarówno sprzedaży, jak i sprzedaży utraconej czy prognozy.

Dlatego należy automatyzować źródła danych do analiz odwołujących się zarówno do zakresów konkretnych (bezwzględna ścieżka do źródła, odnosząca się do nazwy okresu – z którego pobierane są dane do raportu), jak i do ścieżki kroczącej (względna ścieżka do źródła odnosząca się np. do okresu [-1] – przy raportach za miesiąc poprzedni itd.). Pozwala to dynamicznie odnosić się do źródeł raz

26 Ostatnie 15% towarów na podstawie budżetu wartościowo – po wartościach sprzedaży, przy wyrobach gotowych uszeregowanych od największych do najmniejszych (podział Pareto analizy ABC).

27 Każdy okres już wykonany odnoszony jest do prognozy cofniętej o dwa miesiące.

28 Po wypracowaniu celu budżetowego handlowcy otrzymują premię i jeśli jest to wartość stała (premia jest zerojedynkowa, a nie progresywna), to nie ma już zachęty do dalszego podnoszenia wyniku.

wykonanych raportów. W arkuszu kalkulacyjnym dynamiczne odwołania do źródeł danych, na podstawie dnia otwarcia pliku przechowującego dane, uzyskujemy, cofając po każdym mijającym okresie znacznik źródła poprzez odniesienie daty okresu do funkcji podającej datę obecną: funkcji DZIŚ().

Okresy buduje się dynamicznie poprzez relację konkretnego roku do roku pobranego z daty wynikowej dla funkcji DZIŚ(), przyjmując schemat nazewniczy. Na przykład, jeśli rok bieżący określa się skrótem: BR, lata poprzednie skrótem: LAST²⁹ (z kolejnymi numerami za wyjątkiem pierwszego), lata kolejne (okresy konieczne dla opisu przyszłych planów produkcji czy prognozy) skrótem: NEXT (z kolejnymi numerami za wyjątkiem pierwszego). Standardowo analityka popytu obejmuje rok bieżący oraz trzy lata historyczne (36 ostatnich okresów pozwala wyciągać trendy istotne statystycznie) oraz tyle lat kolejnych, na ile wyznaczana będzie prognoza.

SUMA ✕ ✓ 🔍 =ROK(DZIŚ()-1)					
	A	B	C	D	E
1	Rok	Czas		Czas	Okres
2	2017	LAST3		LAST3-01	2017-01
3	2020	LAST2		LAST3-02	2017-02
4	=ROK(DZIŚ()	LAST		LAST3-03	2017-03
5	2020	BR		LAST3-04	2017-04
6	2021	NEXT		LAST3-05	2017-05
7	2022	NEXT2		LAST3-06	2017-06
8	2023	NEXT3		LAST3-07	2017-07
9				LAST3-08	2017-08
10				LAST3-09	2017-09
11				LAST3-10	2017-10
12				LAST3-11	2017-11
13				LAST3-12	2017-12
14				LAST2-01	2018-01
15				LAST2-02	2018-02

Wzór 75. Wzór budowania tabeli skrótów

Źródło: opracowanie własne.

Powyższy wzór będzie zmieniał zawartość komórki w zależności od roku otwarcia pliku. Na podstawie tabeli w kolumnach A i B tworzymy schemat nazw lat, podczas gdy kolejna tabela w kolumnach D i E, na podstawie tabeli pierwszej, buduje schemat dynamicznego oznaczania okresów za pomocą funkcji wyszukującej odpowiadające wartości w tym samym wierszu (złączenie funkcji: INDEKS() oraz PODAJ.POZYCJE()). Pozwala to na przyporządkowanie okresu do dynamicznie obliczanej nazwy skrótu, na podstawie wycięcia roku jako fragmentu tekstu (kolumna D).

²⁹ LAST jako lata minione, z ang. „ostatni”, oraz NEXT jako lata kolejne, z ang. „następny”.

=ZŁĄCZ.TEKSTY(JEŻELI.BŁĄD(INDEKS(\$A\$2:\$A\$8;PODAJ.POZYCJĘ
(FRAGMENT.TEKSTU(D2;1;DŁ(D2)-3);\$B\$2:\$B\$8;0));0);FRAGMENT.TEKSTU(D2;DŁ(D2)-2;3))

Wzór 76. Formuła przyporządkowująca dynamiczne oznaczenia dla okresów

Źródło: opracowanie własne.

Mając do dyspozycji jako źródło bazy danych takie dynamiczne przyporządkowanie skrótów do okresów (każde przeliczenie powyższego pliku arkusza kalkulacyjnego wiązać się będzie z dynamiczną aktualizacją wartości), wiemy, że baza ta będzie zmieniać przyporządkowania historycznych wartości prognoz i wykonania sprzedaży – z każdym miesięcznym odświeżeniem.

Jeśli danych do analizy oraz lat do przyporządkowania (np. 7 jak w powyższym przypadku) nie jest zbyt wiele, dynamiczne przypisanie nazw do wartości można zrealizować również bezpośrednio w zakładce arkusza bazy danych (z wynikami analiz w oparciu o tabele przestawne, filtrujące dane na kryteriach dynamicznych³⁰). Poniższa formuła realizuje dynamiczne przypisywanie skrótów bez konieczności tworzenia tabel pomocniczych, lecz nie jest to rozwiązanie skalowalne dla dużych zbiorów prognoz do analiz, z powodu konieczności obliczenia wartości podstawienia z użyciem wielu funkcji w każdym wierszu danych.

=JEŻELI(LICZBA.CAŁK(FRAGMENT.TEKSTU(A2;1;4);0)=ROK(DZIŚ()));
ZŁĄCZ.TEKSTY("BR-";FRAGMENT.TEKSTU(A2;6;2));
JEŻELI(LICZBA.CAŁK(FRAGMENT.TEKSTU(A2;1;4);0)=(ROK(DZIŚ())-1);
ZŁĄCZ.TEKSTY("LAST-";FRAGMENT.TEKSTU(A2;6;2));
JEŻELI(LICZBA.CAŁK(FRAGMENT.TEKSTU(A2;1;4);0)=(ROK(DZIŚ())-2);
ZŁĄCZ.TEKSTY("LAST2-";FRAGMENT.TEKSTU(A2;6;2));
JEŻELI(LICZBA.CAŁK(FRAGMENT.TEKSTU(A2;1;4);0)=(ROK(DZIŚ())-3);
ZŁĄCZ.TEKSTY("LAST3-";FRAGMENT.TEKSTU(A2;6;2));
JEŻELI(LICZBA.CAŁK(FRAGMENT.TEKSTU(A2;1;4);0)=(ROK(DZIŚ())+1);
ZŁĄCZ.TEKSTY("NEXT-";FRAGMENT.TEKSTU(A2;6;2));
JEŻELI(LICZBA.CAŁK(FRAGMENT.TEKSTU(A2;1;4);0)=(ROK(DZIŚ())+3);
ZŁĄCZ.TEKSTY("NEXT3-";FRAGMENT.TEKSTU(A2;6;2));""))))))

Wzór 77. Formuła przyporządkowująca dynamiczne skróty okresów

Źródło: opracowanie własne.

³⁰ Na przykład zamiast tworzyć tabelę przestawną podającą sprzedaż dla roku 2017 – wybiera się filtr na sprzedaż dla roku BR, przez co tabela będzie zawsze aktualna po odświeżeniu danych.

Na dynamiczną formę (kolumny E i F) muszą być zamienione zarówno okresy utworzenia prognozy na podstawie daty publikacji prognozy (Czas prognozy³¹) oraz okresy prognozowane (Czas).

E5	=JEZELI(LICZBA.CALK(FRAGMENT.TEKSTU(A5;1;4);0)=ROK(DZIŚ())); ZŁĄCZ.TEKSTY("BR-";FRAGMENT.TEKSTU(A5;6;2)); JEZELI(LICZBA.CALK(FRAGMENT.TEKSTU(A5;1;4);0)=(ROK(DZIŚ()))-1); ZŁĄCZ.TEKSTY("LAST-";FRAGMENT.TEKSTU(A5;6;2)); JEZELI(LICZBA.CALK(FRAGMENT.TEKSTU(A5;1;4);0)=(ROK(DZIŚ()))-2); ZŁĄCZ.TEKSTY("LAST2-";FRAGMENT.TEKSTU(A5;6;2)); JEZELI(LICZBA.CALK(FRAGMENT.TEKSTU(A5;1;4);0)=(ROK(DZIŚ()))-3); ZŁĄCZ.TEKSTY("LAST3-";FRAGMENT.TEKSTU(A5;6;2)); JEZELI(LICZBA.CALK(FRAGMENT.TEKSTU(A5;1;4);0)=(ROK(DZIŚ()))+1); ZŁĄCZ.TEKSTY("NEXT-";FRAGMENT.TEKSTU(A5;6;2)); JEZELI(LICZBA.CALK(FRAGMENT.TEKSTU(A5;1;4);0)=(ROK(DZIŚ()))+3); ZŁĄCZ.TEKSTY("NEXT3-";FRAGMENT.TEKSTU(A5;6;2);""))))					
	A	B	C	D	E	F
1	Data prognozy	Okres	Wyprzedzenie	Prognoza	Czas prognozy	Czas
2	2020-12	2022-02	14	1 900	BR-12	NEXT-02
3	2020-12	2022-02	14	26 400	BR-12	NEXT-02
4	2020-12	2022-02	14	50 200	BR-12	NEXT-02
5	2019-12	2022-02	24	50 200	LAST-12	NEXT-02
6	2020-12	2022-02	14	1 350	BR-12	NEXT-02
7	2020-12	2022-02	14	82 000	BR-12	NEXT-02
8	2020-12	2022-02	14	31 100	BR-12	NEXT-02

Wzór 78. Formuła skrótów okresów
Źródło: opracowanie własne.

W powyższym przykładzie źródło danych do raportów analitycznych przyporządkowuje kolumnie nazwanej „Data prognozy” dynamiczną nazwę „Czas prognozy”, a kolumnie „Okres” dynamiczną nazwę „Czas”. W rezultacie po zamianie nazw tabel tworzy się raport dynamiczny zarówno w tabelach przestawnych, jak i w narzędziach *Business Intelligence*, takich jak *Qlik View*, czy w kwerendach typu *SQL*.

Wszystkie wzory podające okresy w kodzie programu *Qlik View* powinny mieć swoje odpowiedniki w notacji dynamicznej, ze względu na możliwość automatycznego raportowania setek zestawień miesięcznie – zarówno przy obsłudze systemu zarządzania ryzykiem, jak i w celu automatycznego tworzenia innych analiz kontrolnych, i to bez możliwości pomyłki³². Na przykład przywoływane

31 Dynamiczne zakresy muszą wyróżniać się spośród nazw dla oznaczeń stałych, ponieważ w bazie danych *QlikView*, jak i przy tabelach przestawnych w arkuszu kalkulacyjnym odwołujemy się bezpośrednio do nazw kolumn. W powyższym przykładzie użyto słowa: „czas” – jako oznaczniaka nagłówka dla wszystkich wyliczeń dynamicznych (jest to krótkie słowo i zawiera w sobie odpowiednio wiążące skojarzenia).

32 Każda analiza po sprawdzeniu będzie również poprawna w kolejnych okresach – z powodu braku manualnego kroku przy przetwarzaniu danych (jedyne błędy mogą dotyczyć nieprawidłowego zasilenia bazy danych – np. błędnego wklejenia zakresu wartości, lecz łatwo taką pomyłkę zauważyć, ponieważ problem wystąpi we wszystkich pozycjach, co dla niektórych wyrobów gotowych wywoła w analizach rezultaty skrajne).

uprzednio we wzorach konkretne oznaczenia okresów (dla czytelności wzorów) – w układzie dynamicznym zastępowane są oznaczeniami wyliczanymi na podstawie funkcji DZIŚ().

```
Sum({ $<Okres={ 'BR-01' }>} [Produkcja-COGS]) /  
Sum(TOTAL{ $<Okres={ 'BR-01' }>} [Produkcja-COGS])
```

Wzór 79. Formuła wykorzystująca zakres dynamiczny – w kodzie *QlikView*

Źródło: opracowanie własne.

W powyższym przykładzie, wzór służy do wyliczenia udziału kosztów produkcji wyrobu gotowego w całkowitych kosztach wytworzenia produktów (w styczniu bieżącego roku), do oznaczenia bieżącego roku użyto skrótu³³, z użyciem nazw charakterystycznych takich jak „BR” (zakres danych ze stycznia br. roku oznaczono symbolem: [BR-01]).

5.5. Analityka historycznych planów produkcji

Analityka historycznych planów produkcji jest niezbędna przede wszystkim dla działu zaopatrzenia w materiały i surowce konieczne do produkcji wyrobu gotowego. Dla działu zaopatrzenia wytyczne zapotrzebowania wynikające z planów produkcji (popyt zależny wyliczany z *BOM-ów*) są prognozą pod zamówienia zakupu. W rezultacie w metodach analitycznych zastosowanie mają te same wzory i metodologie, jakie stosujemy przy analityce prognoz z tą różnicą, że prognozą jest popyt zależny wynikający z planu produkcji (plan wyrobu gotowego wymnożony przez przelicznik składnika traktowany sumarycznie na dany surowiec), natomiast sprzedażą jest wykonanie planu produkcji (wyliczane jako suma dokumentów RW na indeks przekazywanych na magazyn produkcji). Tak jak z miesiąca na miesiąc zmieniają się prognozy na podstawie zmienności sprzedaży, tak też odpowiednio do prognoz dostosowują się plany produkcyjne, zmieniając z miesiąca na miesiąc na ten sam okres zapotrzebowanie na surowce.

Krytycznymi analizami dla pracownika zajmującego się zamawianiem surowców są analizy braku surowca do produkcji (odpowiednik braku produktu)³⁴ albo

33 Spotykane są również zapisy wybierające konkretny rok na podstawie funkcji MAX(), gdzie przyjmuje się, że bieżący rok to np. maksymalny rok w bazie danych minus 1 (jednak trudno o poprawność takiego zapisu przy prognozie kroczącej np. na najbliższe 18 miesięcy).

34 W przeciwieństwie jednak do braku produktu rozpatrywanego z punktu koordynatora łańcucha dostaw, brak surowca do produkcji jest dużo poważniejszą kwestią – pracownik może dostać naganę albo zostać zwolniony (nie przedłużona zostanie z nim umowa), ponieważ dużo łatwiej takimi sytuacjami zarządzać (*Lead Time* dostaw jest krótszy, a zmienność

nadmiarowa rotacja powyżej celu (nadmierny kapitał zamrożony). Raporty realizowane są przez te same wzory, co przy prognozach i sprzedaży, lecz dane źródłowe to popyt zależny i suma dokumentów RW. Przy raportowaniu do istniejących wzorów wystarczy w bazach danych zamienić nazwy tabel źródłowych, tak aby analizy wyliczyły się automatycznie, gdyż zmianie ulegają tylko ich tytuły i nagłówki, bo nie będą już dotyczyły zmienności prognoz, lecz zmienności planów produkcji (czy harmonogramów)³⁵.

Różnią się tylko analizy dzielące odpowiedzialność prognosty oraz koordynatora łańcucha dostaw, gdyż nie mogą być w prosty sposób zastąpione przez odpowiedzialność koordynatora łańcucha dostaw i specjalistę ds. logistyki (zamawiającego surowce). Brak jest bowiem limitu na zmienność planów produkcji, tzn. plany produkcji w przeciwieństwie do prognoz mogą zmieniać się dowolnie, jednakże ograniczenie przebiega na linii czasu wprowadzania zmiany. Okres mroźony planów produkcji, np. wyznaczony na 6 tygodni, jest linią demarkacyjną odpowiedzialności. Jeśli zmiana planu produkcji nastąpi w najbliższym harmonogramie (który ustalany jest na okres nie dłuższy niż najbliższe półtora miesiąca), wtedy, gdy zabraknie surowca, osoba zamawiająca nie jest odpowiedzialna.

Ponieważ jest to wewnętrzna sprawa strony operacyjnej, zarówno osoba planująca produkcję, jak i osoba zamawiająca surowce podlega pod tego samego dyrektora – podział odpowiedzialności nie jest kwestią palącą, jak przy podziale odpowiedzialności za brak wyrobu gotowego. W praktyce koordynator łańcucha dostaw, współpracujący blisko z działem zaopatrzenia albo wręcz mający obowiązek sprawdzania pokrycia surowców na plany produkcyjne, ustala w okresie mroźonym takie plany, na jakie mogą znaleźć pokrycie osoby zamawiające. Koordynator widzi stany magazynowe surowców i na podstawie analiz wie, czy proponowana przez niego zmiana planu znajduje pokrycie. Gdy brakuje surowca, koordynator bezpośrednio konsultuje, ile dodatkowego surowca będzie można sprowadzić w mroźonym oknie planów produkcji i na tyle dokładnie wyznacza plany produkcji.

planów produkcji w stosunku do popytu dużo mniejsza, co więcej nie każda zmienność przekłada się zmienność zapotrzebowania, np. zamiana produkcji jednego leku na drugi nie powoduje znaczącej różnicy w potrzebach odnośnie do wypełniaczy).

35 W praktyce nie trzeba wchodzić do każdego wzoru i edytować źródło nagłówka, gdyż można podmienić dane źródłowe przy zachowaniu starych nazw, zmieniając dopiero opisy rezultatów w postaci raportów.

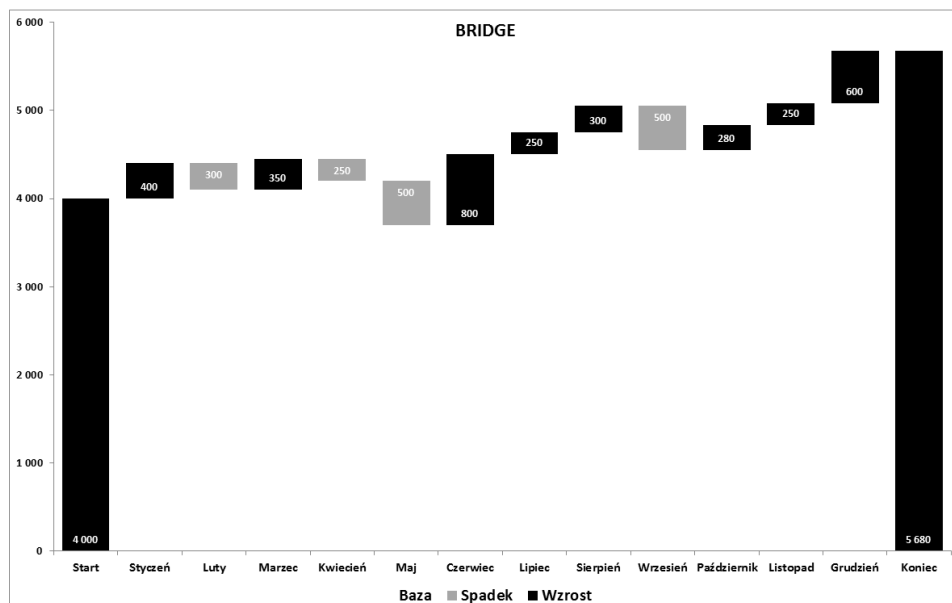
5.6. Analityka wpływu czynników historycznych

Dowolna analityka poziomu ryzyka łańcucha dostaw musi śledzić jego zmiany w czasie, a dodatkowo jego poziom porównywać do wartości bazowej. Najbardziej naturalnym punktem odniesienia jest więc poziom historyczny. Przedstawiając zmienność ryzyka w czasie (np. z okresu na okres) w danym aspekcie, musimy odpowiednio wizualizować wyniki, wyraźnie odróżniając zmiany pożądane od niepożądanych. Trudno jest to uzyskać, przedstawiając tylko wyniki liczbowe – liczby są dla większości pracowników nieczytelne, gdyż trzeba dużej dozy wyobraźni, aby przedstawić je w odpowiedniej proporcji. Z kolei standardowy wykres liniowy nie odróżni wystarczająco jasno kierunków zmian.

Dlatego preferowaną formą prezentacji zmienności, np. poziomu ryzyka w danym systemie, są wykresy typu *BRIDGE* albo *WATERFALL*³⁶ ukazujące same różnice wartości, a kierunek zmian oznaczające w kontrastowych, przeciwstawnie różniących się kolorach (np. zielony i czerwony).

Aby zbudować tego typu wykres, należy wyróżnić zmiany pozytywne (np. dodatnie) i negatywne (np. ujemne) oraz stworzyć dla nich oddzielne kolumny wartości. Następnie należy zbudować wykres słupkowy, który będzie podstawą dla ukazywanych wartości (Baza) o konstrukcji: baza poprzedniego okresu powiększona o wzrost poprzedniego okresu pomniejszona o spadek bieżącego okresu. Jego wypełnienie powinno być w kolorze tła wykresu, aby stało się niewidoczne. Serie pozytywne powinny znacząco różnić się kolorem wypełnienia od serii negatywnych, ukazując zmienność ryzyka w czasie. Etykiety danych również powinny być w kolorze tła, przez co wartości zerowe nie są widoczne w miejscach pozbawionych słupków.

36 Wykres typu *BRIDGE* łączy dwa skrajne słupki, jak most wiszący łączy dwa brzegi, i ma on za zadanie przedstawiać zarówno zmiany pozytywne, jak i negatywne. Z kolei wykres typu *WATERFALL* to uproszczony wykres typu *BRIDGE*, zakładający poziom bazowy po lewej stronie i zmniejszającą poziomą kaskadę przyczyn (po której normalnie spadałaby woda w kaskadzie), aż do osiągnięcia końcowego najniższego poziomu po przeciwnej stronie wykresu – w postaci skrajnego prawego słupka (zwykle wykresy przyczyn sortowane są od największych do najmniejszych, stąd też pierwsza kaskada będzie najbardziej różniąca).

Wykres 19. Wykres typu *Bridge* historii poziomu ryzyka

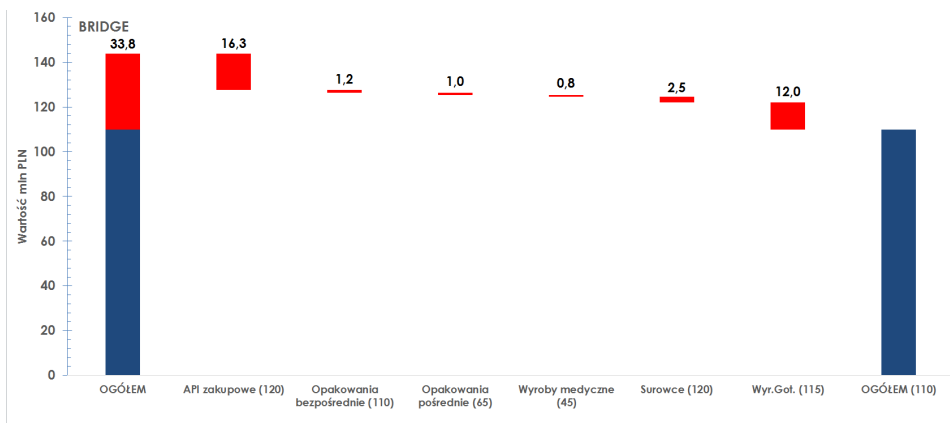
Źródło: opracowanie własne.

Wykres o podobnej konstrukcji jest również wykorzystywany do ukazywania aktualnego poziomu ryzyka, lecz tego rodzaju wizualizacja może ukazywać ryzyko tylko w pojedynczym aspekcie. Do ukazywania ryzyka w danym aspekcie przydatne będą głównie słupki środkowe ukazujące poziom niepożądany (oznaczone jaskrawym kolorem, np. czerwonym), czyli poziom przekroczenia dopuszczalnych wartości³⁷, a nie wartości skrajne (poziomy początkowe i końcowe).

Na przykład, ukazując poziom przekroczenia limitu kapitału zamrożonego, można posłużyć się wskaźnikiem rotacji. Wskaźnik ten powinien być przypisany w postaci celu do każdej z grup zapasów zakładu farmaceutycznego. Dzięki takiemu zabiegowi nadmiarowe dni rotacji można ukazać w postaci udziału każdej z grup w zawyżeniu wymaganego poziomu rotacji kapitału zamrożonego ogółem, startując z poziomu faktycznego (np. 144 dni), z kolejnymi słupkami schodząc do maksymalnego dopuszczalnego poziomu rotacji (np. 110 dni)³⁸.

³⁷ Na przykład liczba dni rotacji ponad cel *KPI* dla danej grupy surowcowo-produktowej.

³⁸ Główny cel rotacji skaskadowany jest na poszczególne grupy, z których część, np. *API*, musi mieć limit odpowiednio większy, a inna część odpowiednio mniejszy, aby przy średniej udziale danej grupy w kapitale zamrożonym przy maksymalnych poziomach dla grup wyjść na maksymalny poziom dni rotacji dla kapitału ogółem.



Wykres 20. Wykres typu *Waterfall* zawiązania dni rotacji

Źródło: opracowanie własne.

Na powyższym wykresie zobrazowano udział (w dniach) zawiązania poszczególnych grup surowcowo-produktowych przekładający się na zawiązanie ponad cel kapitału zamrożonego ogółem. Dla założonego celu rotacji (110 dni to maksymalny poziom rotacji rocznej dla całości zapasów) same składniki aktywne *API* przyczyniają się do zawiązania rotacji wszystkich zapasów o 16 dni (pomimo tego, że cel rotacji jest dla nich wyższy niż w innych grupach i wynosi 120 dni).

Powyższe poważne zawiązanie świadczy również o wadze danej grupy w kapitale zamrożonym, jaki stanowią składniki aktywne (około 30% kapitału zamrożonego ogółem). Z kolei opakowania są mało znaczącym elementem struktury zapasów (około 5% łącznie – zarówno bezpośrednie, jak i pośrednie). Pozostałe surowce (wypełniacze) zawiązują rotację tylko o 2 dni. Sam wyrób gotowy stanowiący ogromną większość wartości zapasów (około 80%) jest także składowany w ilościach nadmiernych wobec swojego celu tak, że zawiąza on ogólną rotację o 12 dni, co łącznie przekłada się na 144 dni dla całości kapitału zamrożonego w zapasach wytwórni – jest to poziom rotacji na koniec roku³⁹.

39 Proporcje zawiązania dla każdej z grup zachowano, jednak wartości bezwzględne są inne niż dane rzeczywiste, ponieważ wszystkie dni rotacji wymnożono przez stałą.

Zakończenie

Zarządzanie ryzykiem farmaceutycznego łańcucha dostaw ze względu na szczególne znaczenie dla pacjenta decyduje o bezpieczeństwie zdrowotnym społeczeństwa. Szczególna rola przepływów fizycznych obejmująca *API* powoduje, że łańcuch ten jest narażony na zakłócenia, których źródła są zlokalizowane w znacznym oddaleniu od miejsc wytwarzania. Kraje takie jak Chiny i Indie należą do globalnych dostawców składników aktywnych, co w kontekście wybuchu pandemii Covid-19 wzmacnia ryzyko zerwania farmaceutycznego łańcucha dostaw. Ryzyko jest tym większe, ponieważ w minionych latach nastąpiła znaczna, a w niektórych krajach całkowita rezygnacja z własnej syntezy chemicznej. Fragmentaryzacja farmaceutycznego łańcucha dostaw, specyfika i jego szczególne znaczenie powodują, że rozważania nad ryzykiem zostały ukierunkowane na przedstawienie realnych problemów zarządczych.

Przyjęta w monografii konwencja pozwoliła na prezentację najistotniejszych problemów z punktu widzenia praktyki zarządzania ryzykiem farmaceutycznego łańcucha dostaw. Należą do nich procesowe ujęcie wytwórni farmaceutycznej, fundamentalna analiza ryzyka planowania produkcji, metody analizy i oceny czynników ryzyka planowania produkcji, ryzyko planowania produkcji z perspektywy zarządzania łańcuchem dostaw oraz analiza *ex post* zarządzania ryzykiem w farmaceutycznym łańcuchu dostaw. Wymienione obszary pozwalają na kompleksowe i jednocześnie pogłębione studium teoriopoznawcze nad zrozumieniem istoty zarządzania ryzykiem dowolnego wytwórcy farmaceutycznego. Rozważania zawarte w monografii zostały uzupełnione przykładami analiz bazującymi na danych rzeczywistych wytwórni farmaceutycznej. Uzyskano w ten sposób spójność podejmowanych rozważań z wnioskowaniem opartym na analityczno-ocenowym podejściem do realnych sytuacji decyzyjnych.

Główne akcenty zostały położone na metodyczną stronę zarządzania ryzykiem farmaceutycznego łańcucha dostaw, co pokazuje zarówno złożoność, jak i wieloaspektowość systemowego podejścia do ryzyka. By ułatwić czytelnikom wykorzystanie omawianych metod przy dokonywaniu własnych analiz, przy opisie przykładów problemów decyzyjnych zostały przedstawione formuły, które mogą być bezpośrednio wykorzystane. Odnoszą się one zarówno do podstawowych problemów, jak również takich, które wymagają większej znajomości stosowania metod matematyczno-statystycznych. Skierowanie uwagi czytelników na metodyczne

ujęcie ryzyka i problemów zarządczych z nim związanych wnosi oryginalność i jednocześnie aplikacyjność do głównego nurtu badań nad zarządzaniem łańcuchami dostaw. Wkładem monografii jest przeprowadzenie badań nad zarządzaniem ryzykiem wytwórcy farmaceutycznego przez pryzmat złożoności systemu zarządzania ryzykiem oraz specyfiki wynikającej z sektora działalności gospodarczej.

Bibliografia

- Acosta A., Vanegas E. P., Rovira J., Godman B. et al. (2019), *Medicine Shortages: Gaps Between Countries and Global Perspectives*, „Frontiers in Pharmacology”, nr 10(763).
- Alexander M., Kusleika D. (2014), *101 Ready to Use Excel Formulas*, John Wiley & Sons, Hoboken.
- Andersen T. J. (2014), *Contemporary Challenges in Risk Management: Dealing with Risk, Uncertainty and the Unknown*, Palgrave Macmillan, Basingstoke.
- Artikis C., Artikis P. (2015), *Probability Distributions in Risk Management Operations*, Springer International Publishing, Heidelberg.
- Baker H. K., Filbeck G. (2015), *Investment Risk Management*, Oxford University Press, Oxford.
- Barreiro J. M., Martin-Sanchez F., Maojo V., Sanz F. (2004), *Biological and Medical Data Analysis*, Springer-Verlag, Berlin.
- Bensoussan A., Guegan D., Tapiero C. S., Bensoussan A. (2015), *Future perspectives in risk models and finance*, Springer International Publishing, Heidelberg.
- Bhattacharya R., Bandyopadhyay S. (2011), *A Review of the Causes of Bullwhip Effect in a Supply Chain*, „International Journal of Advanced Manufacturing Technology”, nr 54(9–12), s. 1245–1261.
- Bhushan N., Rai K. (2004), *Strategic Decision Making: Applying the Analytic Hierarchy Process*, Springer-Verlag, London.
- Bischof C., Wilfinger D. (2019), *Big Data-Enhanced Risk Management*, „Transactions of FAMENA”, nr 43(2), s. 73–84.
- Borek A., Parlikad A. K., Webb J., Woodall P. (2014), *Total Information Risk Management: Maximizing the Value of Data and Information Assets*, Elsevier Inc., Waltham.
- Boulaksil Y., Fransoo J. C. (2010), *Implications of Outsourcing on Operations Planning: Findings from the Pharmaceutical Industry*, „International Journal of Operations and Production Management”, nr 30(10), s. 1059–1079.
- Brémaud P. (1988), *An Introduction to Probabilistic Modeling*, Springer Science+Business Media, New York.
- Bruce P. C., Bruce A. (2017), *Practical Statistics for Data Scientists: 50 Essential Concepts*, O'Reilly Media, Inc., Sebastopol.
- Bubnicki Z. (2004), *Analysis and Decision Making in Uncertain Systems*, Springer-Verlag, London.
- Bucalo N., Jereb B. (2017), *Risk Management in the Pharmaceutical Industry in Slovenian Companies*, „Logistics & Sustainable Transport”, nr 8(1), s. 42–49.
- Burinskiene A. (2019), *Use of Dynamic Regression Model for Reduction of Shortages in Drug Supply*, „Business, Management and Education”, nr 17(2), s. 218–231.
- Bussmann S., Jennings N. R., Wooldridge M. (2004), *Multiagent Systems for Manufacturing Control*, Springer-Verlag, Berlin.
- Campos E. A., Paula I. C., Pagani R. N., Guarnieri P. (2017), *Reverse Logistics for the End-of-life and End-of-use Products in the Pharmaceutical Industry: A Systematic Literature Review*, „Supply Chain Management: An International Journal”, nr 22(4), s. 375–392.
- Candan G., Yazgan H. R. (2016), *A Novel Approach for Inventory Problem in the Pharmaceutical Supply Chain*, „DARU, Journal of Pharmaceutical Sciences”, nr 24(1), s. 4.

- Capo F., Brunetta F., Boccardelli P. (2014), *Innovative Business Models in the Pharmaceutical Industry: A Case on Exploiting Value Networks to Stay Competitive*, „International Journal of Engineering Business Management”, nr 6(1), s. 23.
- Carlborg C. G. (2011), *Statistical Analysis: Microsoft Excel 2010*, Pearson Education, Inc., Indianapolis.
- Carroll R., ed. (2009), *Risk Management Handbook for Health Care Organizations*, Jossey-Bass, San Francisco.
- Chan N. H., Wong H. Y. (2013), *Handbook of Financial Risk Management Simulations and Case Studies*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.
- Chan N. H., Wong H. Y. (2015), *Simulation Techniques in financial Risk Management*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.
- Chang Y. S., Makatsoris H. C., Richards H. D. (2004), *Evolution of Supply Chain Management: Symbiosis of Adaptive Value Networks and ICT*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Cox L. A. (2012), *Improving Risk Analysis*, Springer Science+Business Media, New York.
- Cox L. A. (2015), *Breakthroughs in Decision Science and Risk Analysis*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.
- De Felice F., Petrillo A., Autorino C. (2014), *Maintenance Strategies and Innovative Approaches in the Pharmaceutical Industry: An Integrated Management System (ims)*, „International Journal of Engineering Business Management”, nr 6(1), s. 29.
- Desel J., Pernici B., Weske M. (2004), *Business Process Management*, Springer-Verlag, Berlin.
- Deselnicu D. C., Negoita O. D., Purcarea A. A. (2018), *Risk Analysis for Performance Improvement in a Romanian Pharmaceutical Company*, „TEM Journal”, nr 7(2), s. 319–323.
- Duong M., Moles R. J., Chaar B., Chen T. F. (2015), *Essential Medicines in a High Income Country: Essential to Whom?*, „PLoS ONE”, nr 10(12), s. e0143654.
- Enyinda C. I., Mbah C. H., Ogbuehi A. (2010), *An Empirical Analysis of Risk Mitigation in the Pharmaceutical Industry Supply Chain: A Developing-country Perspective*, „Thunderbird International Business Review”, nr 52(1), s. 45–54.
- Friemann F., Schönsleben P. (2016), *Reducing Global Supply Chain Risk Exposure of Pharmaceutical Companies by Further Incorporating Warehouse Capacity Planning into the Strategic Supply Chain Planning Process*, „Journal of Pharmaceutical Innovation”, nr 11(2), s. 162–176.
- Galar Z. (2019), *Zarządzanie ryzykiem w przedsiębiorstwach sektora farmaceutycznego* [Dysertacja doktorska, Politechnika Częstochowska Wydział Zarządzania], Częstochowa.
- Galar Z., Sadowski A. (2014a), *Optimalizacja wielkości kapitału zamrożonego w zapasach fabryki leków z perspektywy zarządzania ryzykiem (cz. 1)*, „Logistyka”, nr 5, s. 1812–1816.
- Galar Z., Sadowski A. (2014b), *Optimalizacja wielkości kapitału zamrożonego w zapasach fabryki leków z perspektywy zarządzania ryzykiem (cz. 2)*, „Logistyka”, nr 5, s. 1817–1821.
- Galbreth M. R., LeBlanc L. J. (2010), *Overcoming Spreadsheet Risk In Supply Chain Modeling*, „Journal of Business Logistics”, nr 31(2), s. 21–33.
- Glau K., Scherer M., Zagst R. (2013), *Innovations in Quantitative Risk Management*, Springer International Publishing, München.
- Glendon I. A., Clarke S. (2016), *Human Safety and Risk Management: A Psychological Perspective*, Taylor & Francis Group, LLC, Boca Raton.
- Hager R. (2011), *The Growing Importance of Cold Chain Management in Biopharmaceutical Development*, „BioProcessing Journal”, nr 10(2), s. 17–20.
- Hand D. J., Mannila H., Smyth P. (2001), *Principles of Data Mining*, MIT Press, Cambridge.
- Harrison T. P., Lee H. L., Neale J. J. (2005), *The Practice of Supply Chain Management: Where Theory and Application Converge*, Springer Science&Business Media, Inc., Boston.
- Heinonen L., Somsen H. (2008), *Money for Nothing? Risks in Biopharmaceutical Companies from the Perspective of Public Financiers*, „Journal of Commercial Biotechnology”, nr 14(4), s. 287–298.
- Hull J. (2015), *Risk Management and Financial Institutions*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.

- Huq F., Pawar K. S., Rogers H. (2016), *Supply Chain Configuration Conundrum: How Does the Pharmaceutical Industry Mitigate Disturbance Factors?*, „Production Planning and Control”, nr 27(14), s. 1206–1220.
- Iyengar S., Hedman L., Forte G., Hill S. (2016), *Medicine Shortages: A Commentary on Causes and Mitigation Strategies*, „BMC Medicine”, nr 14(1), s. 124.
- Jaberidoost M., Olfat L., Hosseini A., Kebriaeezadeh A. et al. (2015), *Pharmaceutical Supply Chain Risk Assessment in Iran Using Analytic Hierarchy Process (AHP) and Simple Additive Weighting (SAW) Methods*, „Journal of Pharmaceutical Policy and Practice”, nr 8(1), s. 9.
- Jacod J., Protter P. (2004), *Probability Essentials*, Springer-Verlag, Berlin.
- Jauhar S. K., Pant M. (2016), *Genetic Algorithms in Supply Chain Management: A Critical Analysis of the Literature*, „Sadhana – Academy Proceedings in Engineering Sciences”, nr 41(9), s. 993–1017.
- Jensen C. D., Poslad S., Dimitrakos T. (2004), *Trust Management*, Springer-Verlag, Berlin.
- Jia F., Rutherford C. (2010), *Mitigation of Supply Chain Relational Risk Caused by Cultural Differences between China and the West*, „International Journal of Logistics Management”, nr 21(2), s. 251–270.
- Jorion P. (2003), *Financial Risk Manager Handbook*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.
- Krichanchai S., MacCarthy B. L. (2017), *The Adoption of Vendor Managed Inventory for Hospital Pharmaceutical Supply*, „International Journal of Logistics Management”, nr 28(3), s. 755–780.
- Kumar N., Jha A. (2018), *Quality Risk Management during Pharmaceutical ‘Good Distribution Practices’ – A Plausible Solution*, „Bulletin of Faculty of Pharmacy, Cairo University”, nr 56(1), s. 18–25.
- Kumar Sharma S., Sharma S. (2015), *Developing a Bayesian Network Model for Supply Chain Risk Assessment*, „Supply Chain Forum”, nr 16(4), s. 50–72.
- Larose D. T. (2006), *Data Mining Methods and Models*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.
- Leidner J. L. (2015), *Computer-Supported Risk Identification for the Holistic Management of Risks*, preprint.
- Lemieux V. L. (2013), *Financial Analysis And Risk Management: Data Governance, Analytics and Life Cycle Management*, Springer Verlag, Berlin.
- Lewin J. J., Choi E. J., Ling G. (2016), *Pharmacy on Demand: New Technologies to Enable Miniaturized and Mobile Drug Manufacturing*, „American Journal of Health-System Pharmacy”, nr 73(2), s. 45–54.
- Lewis N. D. (2012), *The Fundamental Rules of Risk Management*, Taylor & Francis Group, LLC, Boca Raton.
- Liebowitz J. (1998), *The Handbook of Applied Expert Systems*, CRC Press, Boca Raton.
- Louisot J., Ketcham C. H. (2014), *ERM – Enterprise Risk Management: Issues and Cases*, John Wiley & Sons Ltd, Chichester.
- Lücker F., Seifert R. W. (2017), *Building up Resilience in a Pharmaceutical Supply Chain through Inventory, Dual Sourcing and Agility Capacity*, „Omega”, nr 73, s. 114–124.
- Marques C. M., Moniz S., de Sousa J. P., Barbosa-Povoa A. P. et al. (2020), *Decision-support Challenges in the Chemical-pharmaceutical Industry: Findings and Future Research Directions*, „Computers & Chemical Engineering”, nr 134, s. 1066–1072.
- Mattke S., Klautzer L., Mengistu T. (2012), *Medicines as a Service: A New Commercial Model for Big Pharma in the Postblockbuster World*, RAND Health.
- Mayall S. J., Banerjee A. K. (2014), *Therapeutic Risk Management of Medicines*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge.
- Mehralian G., Zarenezhad F., Ghatari A. R. (2015), *Developing a Model for an Agile Supply Chain in Pharmaceutical Industry*, „International Journal of Pharmaceutical and Healthcare Marketing”, nr 9(1), s. 74–91.
- Millward S. (2017), *China's JD Opens Fully Automated Sorting Center*, <https://www.techinasia.com/china-fully-automated-sorting-center-jd-e-commerce> (dostęp: 22.11.2020).

- Moktadir M. A., Ali S. M., Mangla S. K., Sharmy T. A., *et al* (2018), *Decision Modeling of Risks in Pharmaceutical Supply Chains*, „Industrial Management and Data Systems”, nr 118(7), s. 1388–1412.
- Molak V. (1997), *Fundamentals of Risk Analysis and Risk Management*, CRC Press, Inc., Boca Raton.
- Moran A. (2014), *Agile Risk Management*, Springer, Heidelberg.
- Muckstadt J. A., Sapra A. (2010), *Principles of Inventory Management: When You Are Down to Four, Order More*, Springer Science+Business Media, LLC, New York.
- Muller M. (2003), *Essentials of Inventory Management*, AMACOM, New York.
- Mun J. (2006), *Modeling Risk: Applying Monte Carlo Simulation, Real Options Analysis, Forecasting, and Optimization Techniques*, John Wiley & Sons, Hoboken.
- Olson D. L. (2014), *Supply Chain Risk Management: Tools for Analysis*, Business Expert Press, LLC, New York.
- Owsian P. Ł., Osińska M. (2016), *Zarządzanie ryzykiem w przedsiębiorstwie z wykorzystaniem wybranych metod ilościowych*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń.
- Paciarotti C., Mazzuto G., D'Ettorre D. (2014), *A Revised FMEA Application to the Quality Control Management*, „International Journal of Quality and Reliability Management”, nr 31(7), s. 788–810.
- Papert M., Rimpler P., Pflaum A. (2016), *Enhancing Supply Chain Visibility in a Pharmaceutical Supply Chain: Solutions Based on Automatic Identification Technology*, „International Journal of Physical Distribution and Logistics Management”, nr 46(9), s. 859–884.
- Pariazar M., Sir M. Y. (2018), *A Multi-objective Approach for Supply Chain Design Considering Disruptions Impacting Supply Availability and Quality*, „Computers and Industrial Engineering”, nr 121, s. 113–130.
- Pérez-Salazar M. D., Lasserre A. A., Cedillo-Campos M. G., González J. C. (2017), *The Role of Knowledge Management in Supply Chain Management: A Literature Review*, „Journal of Industrial Engineering and Management”, nr 10(4), s. 711–788.
- Pickett S. K. (2005), *Auditing the Risk Management Process*, Wiley & Sons, Inc., Hoboken.
- Rajendran A. (2012), *Qlikview for Enterprises A Practitioner's Reference*, Rajendran.
- Robert C. P., Casella G. (2004), *Monte Carlo Statistical Methods*, Springer Science+Business Media Inc., New York.
- Rossetti C. L., Handfield R., Dooley K. J. (2011), *Forces, Trends, and Decisions in Pharmaceutical Supply Chain Management*, „International Journal of Physical Distribution and Logistics Management”, nr 41(6), s. 601–622.
- Schapranow M. P., Müller J., Zeier A., Plattner H. (2012), *Costs of Authentic Pharmaceuticals: Research on Qualitative and Quantitative Aspects of Enabling Anti-counterfeiting in RFID-aided Supply Chains*, „Personal and Ubiquitous Computing”, nr 16(3), s. 271–289.
- Schweitzer S. O., Lu J. Z. (2018), *Pharmaceutical Economics and Policy: Perspectives, Promises, and Problems*, Oxford University Press, New York.
- Sethi S. P., Yan H., Zhang H. (2005), *Inventory and Supply Chain Management with Forecast Updates*, Springer Science+Business Media, Inc., New York.
- Sharma S., Modgil S. (2019), *TQM, SCM and Operational Performance: An Empirical Study of Indian Pharmaceutical Industry*, „Business Process Management Journal”, nr 26(1), s. 331–370.
- Sondaż: Niemal wszyscy lekarze spotykają się z przedstawicielami producentów leków (2017), <https://forsal.pl/artykuly/1074053,sondaz-niemal-wszyscy-lekarze-spotykaja-sie-z-przedstawicielami-producentow-lekow.html> (dostęp: 22.11.2020).
- Sutton I. (2015), *Process Risk and Reliability Management*, Elsevier Inc., Oxford.
- Taylor C. E. (2015), *Robust Simulation for Mega-Risks*, Springer International Publishing, Heidelberg.
- Tomanek M., Juricek J. (2015), *Project Risk Management Model Based on PRINCE2 and Scrum Frameworks*, „International Journal of Software Engineering & Applications”, nr 6(1), s. 81–88.
- Tucker A. B. (2004), *Computer Science Handbook*, Chapman & Hall/CRC, Boca Raton.

- Urbanowska-Sojkin E. (2013), *Ryzyko w wyborach strategicznych w przedsiębiorstwach*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- Virgerova Z. (2018), *Differences in the Concept of Risk Management in V4 Countries*, „International Journal of Entrepreneurial Knowledge”, nr 6(2), s. 100–109.
- Wang J. (2009), *Encyclopedia of Data Warehousing and Mining*, IGI Global, Hershey.
- Wang M., Jie F. (2019), *Managing Supply Chain Uncertainty and Risk in the Pharmaceutical Industry*, „Health Services Management Research”, nr 33(3), s. 156–164.
- Waters D. (2007), *Supply Chain Risk Management: Vulnerability and Resilience in Logistics*, Kogan Page Limited, London.
- Wild A. (2002), *Best Practice in Inventory Management*, Elsevier Science Ltd., Oxford.
- Williams D. R., Spaulding T. J. (2018), *The Inherent Risks Associated with Newly Traded Biopharmaceutical Firms*, „Drug Discovery Today”, nr 23(9), s. 1680–1688.
- Wolke T. (2017), *Risk Management*, De Gruyter Oldenbourg, München.
- Wróblewski D., Abgarowicz G., Abgarowicz I., Banulska A. et al. (2015), *Zarządzanie ryzykiem. Przegląd wybranych metodyk*, Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodzi im. Józefa Tuliżkowskiego, Józefów.
- Wu D. D., Chen S. H., Olson D. L. (2014), *Business Intelligence in Risk Management: Some Recent Progresses*, Information Sciences, nr 256, s. 1–7.
- Wu D. D., Olson D. L. (2015), *Enterprise Risk Management*, Palgrave Macmillan UK, London.
- Zhang M., Kulwant P. S., Shah J., Mehta P. (2013), *Evaluating Outsourcing Partners' Capability: A Case Study from the Pharmaceutical Supply Chain*, Journal of Manufacturing Technology Management, nr 24(8), s. 1080–1101.
- Zhong R. Y., Newman S. T., Huang G. Q., Lan S. (2016), *Big Data for Supply Chain Management in the Service and Manufacturing Sectors: Challenges, Opportunities, and Future Perspectives*, „Computers and Industrial Engineering”, nr 101, s. 572–591.

Spis wzorów

Wzór 1.	Formuła do analizy XYZ	23
Wzór 2.	Wskaźnik rotacji miesięcznej <i>ex post</i>	23
Wzór 3.	Teoretyczny wzór na rotację miesięczną <i>ex post</i>	23
Wzór 4.	Praktyczny wzór na rotację miesięczną <i>ex post</i>	24
Wzór 5.	Wskaźnik rotacji wartościowej, okresu <i>ex post</i>	24
Wzór 6.	Wskaźnik rotacji wartościowej, rocznej <i>ex post</i>	25
Wzór 7.	Wzór na ryzyko procentowe bieżące w zestawieniu ryzyka braku produktu	37
Wzór 8.	Wzór na obliczenie wartości procentowej upłynięcia dni w miesiącu	47
Wzór 9.	Zapas bezpieczny wobec prognozy	65
Wzór 10.	Zapas bezpieczny	66
Wzór 11.	Funkcja określająca wartość parametru bezpieczeństwa	66
Wzór 12.	Zapas bezpieczny w czasie reakcji	66
Wzór 13.	Zapas bezpieczny w czasie etapu zwalniania do obrotu	67
Wzór 14.	Zapas bezpieczny w czasie etapu produkcji z opóźnieniami czasu produkcji	67
Wzór 15.	Zapas bezpieczny w czasie etapu pakowania z opóźnieniami czasu pakowania	67
Wzór 16.	Zapas bezpieczny w czasie etapu zwolnienia z opóźnieniami czasu zwolnienia	68
Wzór 17.	Zapas bezpieczny wobec wahań historycznej sprzedaży	68
Wzór 18.	Zapas bezpieczny wobec wahań prognozy	69
Wzór 19.	Zapas maksymalny przy stałym czasie pomiędzy produkcjami	70
Wzór 20.	Zapas bezpieczny wobec nadwyżek prognozy	71
Wzór 21.	Rotacja rzeczywista dla danych wertykalnych	75
Wzór 22.	Wzór na odchylenie standardowe	78
Wzór 23.	Wzór na linię trendu	78
Wzór 24.	Wzór na odchylenie od trendu	78
Wzór 25.	Zdanie o wartości sprzedaży	80
Wzór 26.	Automatycznie generowane zdanie	81
Wzór 27.	Wzór podający trzy ostatnie cyfry w liczbie	81
Wzór 28.	Wzór separujący trzy ostatnie cyfry w liczbie	82
Wzór 29.	Zapas bezpieczny ABC sprzedaży	83

Wzór 30.	Zapas bezpieczny ABC sprzedaży – w kodzie <i>QlikView</i>	83
Wzór 31.	Zapas bezpieczny ABC percentyl	85
Wzór 32.	Zapas bezpieczny ABC – w kodzie <i>QlikView</i>	85
Wzór 33.	Zapas bezpieczny ABC różnic sprzedaży i prognozy – w kodzie <i>QlikView</i>	86
Wzór 34.	Parametry bezpieczeństwa ABC na podstawie percentyli – sprzedaż – prognoza	86
Wzór 35.	Zapas bezpieczny ABC nadwyżek sprzedaży do prognozy – w kodzie <i>QlikView</i>	87
Wzór 36.	Parametry bezpieczeństwa ABC na podstawie percentyli – nadwyżka sprzedaży – prognoza	88
Wzór 37.	Normalizacja usuwająca sezonowość miesięczną dla trzech lat sprzedaży historycznej	94
Wzór 38.	Określanie sezonowości półrocznej i rocznej	95
Wzór 39.	Funkcja arkusza kalkulacyjnego zamieniająca datę na okres	97
Wzór 40.	Funkcja arkusza kalkulacyjnego pobierania sprzedaży z poprzedniego roku	98
Wzór 41.	Przeliczanie liczby sztuk produktu na składnik	105
Wzór 42.	Sumowanie zużycia na składnik	107
Wzór 43.	Wzór na zapas odniesienia do formatowania	111
Wzór 44.	Formuła pokazująca tylko potwierdzone zamówienia	112
Wzór 45.	Tabela pomocnicza formuł do widoku zużycia planowanej produkcji	116
Wzór 46.	Formuła wyszukująca składniki dla produktów	116
Wzór 47.	Formuła wyszukująca przeliczniki dla składników	117
Wzór 48.	Formuła podająca zużycie surowca na plany w okresie	117
Wzór 49.	Wzór pobierający plany produkcji i wyliczający dla nich zużycie surowca	118
Wzór 50.	Formuła podająca zużycie surowca na plany w okresie	118
Wzór 51.	Formuła daty początkowej kalendarza	121
Wzór 52.	Formuła tytułu kalendarza	121
Wzór 53.	Formuła rekurencyjna daty początkowej kalendarza	121
Wzór 54.	Formuła kalendarza	122
Wzór 55.	Formuła tworząca kalendarz horyzontalny	125
Wzór 56.	Formuła wyliczania średniej wydajności dla danego produktu z zaokrągleniem	132
Wzór 57.	Formuła wyliczania maksymalnej wydajności maszyny dla danego produktu	132
Wzór 58.	Formuła wyliczania minimalnej wydajności maszyny dla danego produktu	132
Wzór 59.	Formuła wyliczania liczby dni w okresie	139
Wzór 60.	Formuła wyliczania numerów kolejności wytwarzania	145
Wzór 61.	Automatyczny harmonogram produkcyjny w okresie	146

Wzór 62.	Wzór sumy skumulowanej wydajności maszyn	150
Wzór 63.	Formuła pobierająca wymiary z opisu	157
Wzór 64.	Formuła pobierająca pierwszy wymiar z opisu wymiarów kartonu zbiorczego	158
Wzór 65.	Formuła pobierająca drugi wymiar z opisu wymiarów kartonu zbiorczego	158
Wzór 66.	Formuła pobierająca trzeci wymiar z opisu wymiarów kartonu zbiorczego	158
Wzór 67.	Formuła pobierająca największy wymiar z opisu wymiarów kartonu zbiorczego	158
Wzór 68.	Formuła pobierająca drugi największy wymiar z opisu wymiarów kartonu zbiorczego	159
Wzór 69.	Formuła wyliczająca przelicznik palety	160
Wzór 70.	Formuła odnajdująca optymalny przelicznik palety na indeks	161
Wzór 71.	Formuła obliczająca różnicę procentową prognoz	171
Wzór 72.	Formuła obliczająca uśrednioną dwumiesięczną różnicę procentową prognoz	174
Wzór 73.	Formuła obliczająca błąd sprzedaży wobec wcześniejszej o miesiąc prognozy	177
Wzór 74.	Formuła obliczająca współczynnik zmienności prognozy	179
Wzór 75.	Wzór budowania tabeli skrótów	183
Wzór 76.	Formuła przyporządkowująca dynamiczne oznaczenia dla okresów	184
Wzór 77.	Formuła przyporządkowująca dynamiczne skróty okresów	184
Wzór 78.	Formuła skrótów okresów	185
Wzór 79.	Formuła wykorzystująca zakres dynamiczny – w kodzie <i>QlikView</i>	186

Spis ilustracji

Ilustracja 1.	Uproszczony schemat fizycznego procesu	13
Ilustracja 2.	Podstawowy schemat fizycznego procesu	13
Ilustracja 3.	Schemat fizycznego procesu	15
Ilustracja 4.	Czas reakcji uzupełnienia braku	31
Ilustracja 5.	Schemat procesu analityki ABC	33
Ilustracja 6.	Schemat autokorekty prognozy	45
Ilustracja 7.	Wpływ wykonania prognozy na proces	56
Ilustracja 8.	Automatyczny raport sytuacyjny	82
Ilustracja 9.	Proces obliczania zapasu bezpiecznego ABC	89
Ilustracja 10.	Proces określania zapasu bezpiecznego	91
Ilustracja 11.	Układ maszyn i wydajności	127
Ilustracja 12.	Dane do opracowania tabeli ryzyka	152

Spis wykresów

Wykres 1.	Wykres stanów oraz wykonania sprzedaży	46
Wykres 2.	Wykres tempa wykonywania prognozy	48
Wykres 3.	Historia sprzedaży – wstęga prognozy	51
Wykres 4.	Błędy prognozy	53
Wykres 5.	Zestawienie porównujące wykonanie sprzedaży	58
Wykres 6.	Wykonanie sprzedaży do prognozy z budżetem	60
Wykres 7.	Błędy prognozy z podkreśleniem wartości	71
Wykres 8.	Określanie sezonowości z użyciem sprzedaży	96
Wykres 9.	Widok nałożenia sumy ruchomej na sprzedaż	99
Wykres 10.	Widok ryzyka surowcowego poziomu zero	119
Wykres 11.	Porównanie planów produkcji na maszynę	136
Wykres 12.	Porównanie obciążeń produkcyjnych	140
Wykres 13.	Obciążenia produkcyjne	142
Wykres 14.	Wykres sortowany obciążeń maszyn	151
Wykres 15.	Wykres liczby palet składowanych w okresach	155
Wykres 16.	Porównanie stanów magazynowych	166
Wykres 17.	Wykres analityki błędów prognozy	178
Wykres 18.	Wykres różnic prognozy bieżącej	181
Wykres 19.	Wykres typu <i>Bridge</i> historii poziomu ryzyka	189
Wykres 20.	Wykres typu <i>Waterfall</i> zawyżenia dni rotacji	190

Spis tabel

Tabela 1.	Przebieg stanu zapasów na końcówki miesięcy	22
Tabela 2.	Kryterium filtracji współczynnika zmienności	22
Tabela 3.	Zestawienie zbiorcze analityki ABC	34
Tabela 4.	Zestawienie ryzyka braku produktu	36
Tabela 5.	Zestawienie horyzontalne danych	39
Tabela 6.	Tempo wykonania prognozy	49
Tabela 7.	Analiza BIAS dla grupy towarów	54
Tabela 8.	Analiza BIAS, zestawienie łączne	55
Tabela 9.	Rotacja miesięczna <i>ex post</i>	76
Tabela 10.	Średnie miesięcznej sezonowości sprzedaży	93
Tabela 11.	Formatowanie warunkowe zapasu	110
Tabela 12.	Widok zarządzania surowcami	113
Tabela 13.	Tablica zakresu kalendarza	120
Tabela 14.	Kalendarz dla dowolnego zakresu dat	123
Tabela 15.	Kalendarz dowolnego zakresu dat	124
Tabela 16.	Baza produktów do wyliczania obciążeń	129
Tabela 17.	Baza parametrów maszyn produkcyjnych	131
Tabela 18.	Plany produkcyjne	133
Tabela 19.	Baza wydajności wytwarzania na dany produkt	134
Tabela 20.	Baza obciążenia produkcją maszyn	135
Tabela 21.	Porównanie planów produkcji do wydajności	143
Tabela 22.	Tabela obciążeń maszyn wytwarzania produktu	147
Tabela 23.	Tabela obciążeń skumulowanych na maszynę	148
Tabela 24.	Tabela parująca numery i litery kolumny	149
Tabela 25.	Analityka błędów prognozy	176

