

Justyna Bobowska

Powstawanie efektu byczego bicza na przykładzie prostego łańcucha logistycznego

Mechanizm powstawania tzw. bull-whip effect (efektu byczego bicza) polegającego na przenoszeniu wzmocnionych zmian popytu w łańcuchu dystrybucji jest w rzeczywistości bardzo prosty. Wynika on z marketingowego podejścia do potrzeb klienta i chęci racjonalnego prowadzenia działalności gospodarczej przez poszczególne ogniwa łańcucha logistycznego.

Gotowość poszczególnych ogniw łańcucha na spełnienie oczekiwań odbiorców sprawia, że każdy podmiot stara się zgromadzić ilość produktu równą przewidywanej sprzedaży plus pewną rezerwę na wypadek nieoczekiwanych wahań popytu. Zatem:

- detalista otrzymuje informacje bezpośrednio od klienta i gromadzi przewidywaną wielkość sprzedaży plus rezerwę wynikającą z odchyleń zapotrzebowania klientów
- hurtownik otrzymuje informacje od detalistów (w postaci składanych przez nich zamówień) i gromadzi przewidywaną wielkość sprzedaży plus rezerwę wynikającą z odchyleń popytu zgłaszanego przez detalistów
- producent otrzymuje informacje od hurtowników (w postaci składanych przez nich zamówień) i gromadzi przewidywaną wielkość sprzedaży plus rezerwę wynikającą z odchyleń zapotrzebowania zgłaszanego przez hurtowników

W ten sposób każde następne ogniwo utrzymuje coraz większy zapas, gdyż narazone jest na coraz większe wahania popytu. Liniowy przepływ informacji w łańcuchu sprawia, że im dłuższy łańcuch, tym większa kumulacja zmian popytu, a co za tym idzie, tym większe zamówienia i stany magazynowe. Zapas utrzymywany przez ogniwo najdalej odsunięte od ostatecznego odbiorcy i użytkownika produktu w danym łańcuchu jest wielokrotnie większy niż rzeczywiste potrzeby rynku. Obraz sposobu tworze-

Tab. 1 Wartości poszczególnych parametrów i ekonomiczne wielkości zamówienia dla aptek i hurtowni przedstawia

	σ	σ	σ	σ	σ
5dłh _{U5}	88S	&	SZ	'S	%&
5dłh _{U6}	88%	8)	SZ&+	'S	%S
5dłh _{U7}	88+	&	SZ&	'S	-
5dłh _{U8}	88&	8*	SZ &	'S	%S
5dłh _{U9}	88S	8*	SZ %	'S	%S
5dłh _U	88%	&	SZ&	'S	-
<i frck bJUL	*S%	*S	SZ *	&	8)
<i frck bJUM	) - +	)	SZ &	&	&&

Tab. 2 Wartości użytych do obliczeń parametrów dla hurtowni i producenta

	<i frck bJUL	<i frck bJUM	
CXWmYbJYgŁbXUFxck Y dcdnhi	, 2 -	+Z+*	%+2
C_fYg'fYUjnUWjXcghLk mInYWBjU	%	%	&
fYXbJYInj cXbJck Y nUdclfnYvck UbjY U	%*Z -	%*2	!!!!
K gclUmbbL n	8z	8z	8z
Dcnjca 'a Uj Unmbi 'g	' +	' (!!!!
NUdUg nUVYndjYwU^ Wn6	!!!!	!!!!	8(

nia się efektu byczego bicza autorka przedstawiła na przykładzie liczbowym przeprowadzonym jako symulację polityki składania zamówień i magazynowania prowadzonych przez poszczególne ogniwa łańcucha logistycznego w okresie 36-ciu tygodni. Obserwacji poddane zostało kształtowanie się popytu na jednorazowe pieluszki dla dzieci w podobnym wieku, a co za tym idzie, zużywających produkt w tym samym rozmiarze.

Założenia modelu

Stanowiącą podstawę tych rozważań symulacja została obwarowana ścisłymi założeniami. Wszystkie ogniwa łańcucha (włącznie z najbardziej nieprzewidywalnymi klientami końcowymi) prowadziły racjonalną politykę zakupów opartą na matematycznie uzasadnionych podstawach. Do symulacji został wybrany produkt o regularnym zużyciu, z pominięciem wszelkich aspektów marketingowych (promocje, upu-

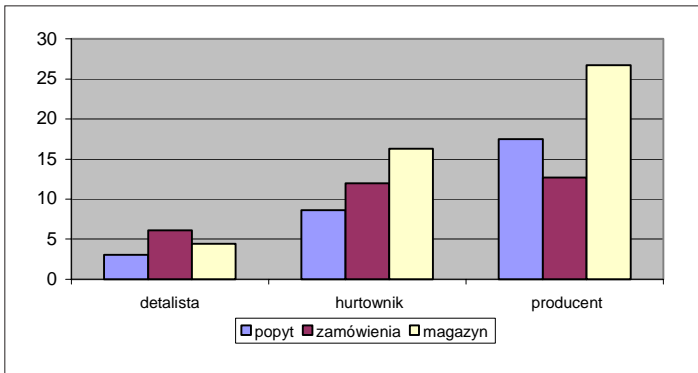
sty) i społeczno-kulturowych (święta, wakacje), które mogłyby zaburzać tę regularność. Wykluczone zostały czynniki mogące zakłócać obrany na początku wzorzec. Rozpatrzony został łańcuch podaży składający się z czterech ogniw. Począwszy od końca łańcucha mamy:

- 36 klientek (matek kupujące pieluszki dla swoich dzieci)
- 6-ciu detalistów (apteki od A do F)
- dwie hurtownie X i Y
- producenta

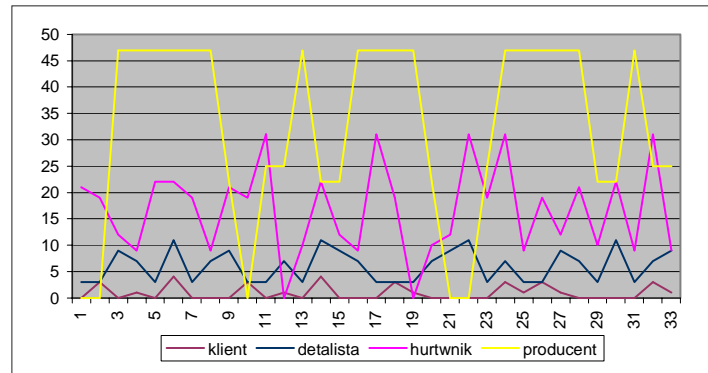
Tab. 3 Wartości odchyleń popytu, zamówień i stanów magazynowych

	Dcdnhi	NŁa Ck jYbJU	AU Urmb
Matka 1 ¹	S	!!!!	!!!!
Matka 18 ²	88&	!!!!	!!!!
Matka 34 ³	8z %	!!!!	!!!!
Apteka A	' 2S	*Z-	(2
Apteka B	' 20	) Z*	(2
Apteka C	(20	(2+	(2*
Apteka D	' 2 &	) Z*	(2&+
Apteka E	' 2 &	) Z*	' 2 +
Apteka F	8z	(2	(2-
<i frck bJUL	, 2 -	%&	%*Z
<i frck bJUM	+Z+*	%SZ	% 2&
DfcXi Wbhi	%+2	%8z+	8*2

1 Matka kupuje w każdym tygodniu 1 paczkę
 2 Matka kupuje trzy paczki na początek miesiąca dokupując jedną paczkę pod koniec
 3 Matka kupuje cały zapas pieluszek (8 paczek) raz na dwa miesiące



Rys. 1. Analiza porównawcza odchyżeń standardowych popytu, zamówień i stanów magazynowych dla poszczególnych ogniw łańcucha



Rys. 2. Popyt odnotowany w poszczególnych ogniwach łańcucha w okresie 36-ciu tygodni

Klientki

Producent sprzedaje pieluszki w paczkach po 30 sztuk. Zakładamy, że:

1. Wszystkie dzieci zużywają 120 pieluch miesięcznie – cztery paczki na cztery tygodnie (za miesiąc przyjmuje się cztery tygodnie).
2. Matki kupujące w jednej aptece nie znają lokalizacji innych aptek i nie dokonują w nich żadnych zakupów.
3. Chwilowy brak towaru w aptece nie wpływa na zwyczaje kupowania matek – matki nie kupują zmienionej w stosunku do planowanej ilości paczek w następnym tygodniu.

Pomimo że dzieci zużywają jednakową ilość pieluch tygodniowo, zakupy matek kształtują się bardzo różnie. Niektóre matki kupują jedną paczkę tygodniowo, inne dwie paczki co dwa tygodnie, jeszcze inne cztery paczki raz na miesiąc. Kilka matek kupuje cały zapas ośmiu paczek raz na dwa miesiące.

Detaliści

Każdy detalista (apteka) sumuje popyt zgłaszany przez sześć kolejnych klientek i tworzy prognozy popytu. Zapasy uzupełniane są, gdy:

- stan końcowy magazynu w danym ty-

godniu jest mniejszy od prognozy popytu na następny tydzień

- jeśli końcowy stan magazynu jest większy od prognozy – detalista powstrzymuje się od zakupu

W ten sposób detalista generuje ciąg zamówień, będący dla hurtowników podstawową informacją o popycie. Ciąg ten przybiera wartości wielkości zamówienia Q lub wartości zerowe. Ponieważ detaliści zaopatrują się w hurtowniach, mamy do czynienia z natychmiastową realizacją zamówienia. Uzupełnienia wpływające do magazynu na początku tygodnia powiększają początkowy stan magazynu i mogą być sprzedawane w danym tygodniu. Ewentualne braki w magazynie (sytuacje gdy zapas zgromadzony w danym tygodniu nie jest wystarczający by sprostać zamówieniom klientek) nie wpływają na zmiany zamówień detalistów w następnych tygodniach.

Każdy detalista stosuje taką samą politykę zamawiania, jednakże każdy generuje inny ciąg zamówień, kupując inną partię towaru w innym tygodniu, gdyż inaczej kształtują się jego stany magazynowe w poszczególnych tygodniach i inny jest rozkład zakupów jego klientek w czasie.

Hurtownicy

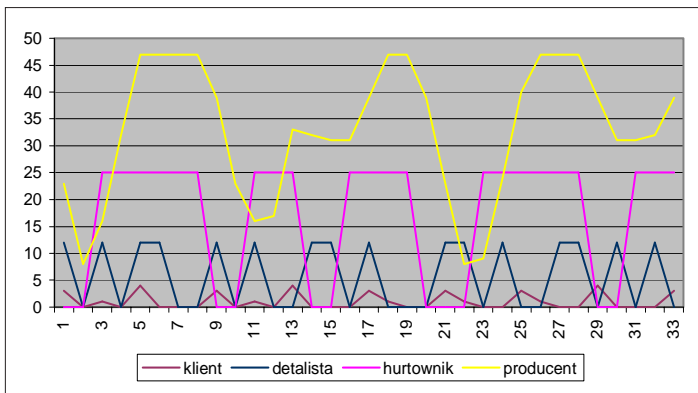
Każda hurtownia obsługuje trzy kolejne apteki. Hurtownicy nie znają rozkładu zakupów klientek poszczególnych detalistów, zatem informacje o popycie czerpią z zamówień składanych przez detalistów. Aby zabezpieczyć się przed brakami w magazynie, a co za tym idzie – utraconymi korzyściami z tytułu sprzedaży towaru, prowadzą oni stały monitoring zapasów:

- jeżeli początkowy stan magazynu spada do pewnego poziomu s – uruchamia się zamówienie w wielkości Q
- jeżeli zapas w magazynie utrzymuje się powyżej granicznego poziomu s – nie zamawia się żadnej dostawy u producenta.

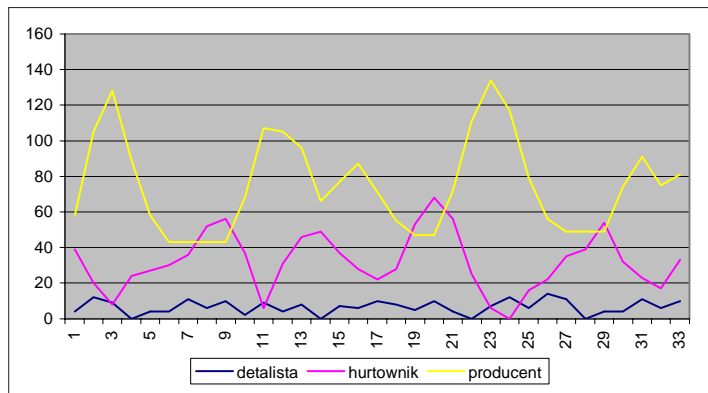
Poziom s wyznacza punkt w czasie zwanym punktem składania zamówienia. Producent potrzebuje tygodnia na obsługę zamówienia hurtownika. Podobnie jak w przypadku detalistów ciąg zamówień generowanych przez hurtowników może przybierać wartości Q lub wartości zerowe.

Producent

Rozpatrywany produkt wytwarza tylko jeden producent, u którego zaopatrują



Rys. 3. Zamówienia/zlecenia produkcyjne wygenerowane przez poszczególne ogniwa łańcucha w okresie 36-ciu tygodni



Rys. 4. Stany magazynowe w poszczególnych ogniwach łańcucha w okresie 36-ciu tygodni

Tab. 4. Sumaryczne wartości wybranych pozycji ewidencyjnych dla poszczególnych ogniw łańcucha

	dcdni	gdfnYXU_c	Wk mgLb'a Uj	"i hfUWbY_cfrnWj
5dhY_U5	% -	% -	%	!%\$
5dhY_U6	% (%)	%)	! -
5dhY_U7	&SS	% S	%+	!&S
5dhY_U8	% +	%+	% *	!&&
5dhY_U9	% *	% S	%	!%*
5dhY_U:	%,	% *	%+	!%&
<i frck bJUL	) &	) &	%S)	S
<i frck bJUM	) (-	) (-	, +%	S
DfcXi Wbh	%S)	%S)	&+)	S

Tab. 5. Sumaryczne wartości wybranych pozycji ewidencyjnych Aptek oraz odchylenia standardowe popytu, zamówień i stanów magazynowych

	5dhY_U5	5dhY_U6	5dhY_U7	5dhY_U8	5dhY_U9	5dhY_U:
dcdni	% -	% (	&SS	% +	% *	%,
Jc gdfnYXbU	% -	% (	&SS	% +	% *	%,
_c Wk mgLb'a Uj Umbi	) S	(, %	*S*	) (	(&+	(S%
ihfUWbY_cfrnWj	S	S	S	S	S	S
dcnJca 'n	%	%	%	%	%	%
dcnJca 'G	' Z%	' Z&	(Z%	' Z	' Z*	' Z%
cXWmYbJY dcdni	' ZS,	' Z%+	(Z%	' Z,	' Z*	' ZS*
cXWmYbJY rLa CR JY	%Z +	%Z&	&Z -	%Z &	%Z+	%Z (
cXWmYbJY a Uj Umbi	) ZS	(Z %	+Z&%	(Z+,	) Z &	(Z&%

Tab. 6 Sumaryczne wartości wybranych pozycji ewidencyjnych Hurtowni i Producenta oraz odchylenia standardowe popytu, zamówień i stanów magazynowych

	<i frck bJUL	<i frck bJUM	DfcXi Wbh
Dcdni) -) -	% (
ZJ_hmWbUk JY_c rLa Uk JbU	* ((* ((%&+)
Jc gdfnYXbU	* ((* ((%&+)
_c Wk mgLb'a Uj Umbi	&( (	&+,	*S&
ihfUWbY_cfrnWj	S	S	S
kgd(Wmhb)_n	%	%	%
dcnJca 'G	) Z (	( Z *	%&Z
cXWmYbJY dcdni	) Z (	( Z *	, Z++
cXWmYbJY rLa CR JY	' Z+	&Z *	) Z +
cXWmYbJY a Uj Umbi	(Z&+	) Z)	- Z ')

się obie hurtownie. Na podstawie zamówień hurtowników producent uzyskuje informacje o popycie. Swoją politykę zleceń produkcyjnych wytwórca musi oprzeć na prognozach popytu, ponieważ termin realizacji zamówień otrzymanych od hurtowników wynosi tydzień, a cykl produkcyjny dwa tygodnie. Zatem:

- jeśli początkowy stan magazynu w danym tygodniu jest większy od pewnego poziomu B – do produkcji zleca się wielkość prognozy na następny tydzień
- jeśli zapas spada poniżej poziomu B , zlecenie produkcyjne wynosi: wielkość prognozy na następny okres + różnica poziomu zapasów B i stanu magazynu

Zlecenia produkcyjne powiększają zapas w magazynie w dwa tygodnie po ich uruchomieniu.

ci tydzień, a c – cenę jednej paczki pieluszek. Poszczególne parametry kształtowane są w następujący sposób:

- zapotrzebowanie D uzyskiwane jest przez każdy podmiot indywidualnie na podstawie poprzednich okresów
- koszt k_s oraz wskaźnik i jest wynikiem kalkulacji przeprowadzonej przez każde przedsiębiorstwo indywidualnie
- hurtownie prowadzą różną politykę cenową

Hurtownie stosują politykę, w której termin składania zamówienia uzależniony jest od poziomu zapasów w magazynie s . Jest on obliczany ze wzoru:

$$s = t_L \cdot a + z \cdot \sqrt{t_L} \cdot \sigma$$

gdzie t_L – oznacza okres realizacji dostawy/zlecenia produkcyjnego, a – oznacza średnie tygodniowe zapotrzebowanie na towar, z – współczynnik poziomu

Model formalny

Obliczając wielkość zamówienia zarówno detalista, jak i hurtownik korzystają ze wzoru na tzw. ekonomiczną wielkość zamówienia będącą minimum dla funkcji kosztów:

obsługi klienta, σ – odchylenie standardowe popytu zgłaszanego przez detaliistów. Poszczególne parametry kształtowane są w następujący sposób:

- okres realizacji dostawy t_L jest zależny od umowy pomiędzy dostawcą i odbiorcą
- okres realizacji zlecenia produkcyjnego t_L jest zależny od cyklu technologicznego oraz od mocy przerobowych producenta
- współczynnik a obliczany jest jako średnia arytmetyczna zapotrzebowania D
- współczynnik z wyznacza jaką krotność odchylenia standardowego należy dodać do przeciętnego zapotrzebowania, aby z zadaniem prawdopodobieństwem (w tym przypadku 95%) uniknąć niedoboru w magazynie
- odchylenie standardowe σ – wynika z Parametr B , w oparciu o który producent realizuje swoją politykę wytwórczą oblicza się ze wzoru:

$$B = z \cdot \sqrt{t_L} \cdot \sigma$$

Wszystkie podmioty prowadzą ewidencję przez 36 tygodni. W okresie t_n detalista, hurtownik i producent wprowadzają do ewidencji następujące pozycje:

- *popyt*: suma zamówień bezpośrednich odbiorców
- *prognozę popytu*: średnia ruchoma popytu z trzech poprzednich okresów
- *ilość zamówioną* (zlecenia produkcyjne) – wynik polityki prowadzonej przez każdy podmiot indywidualnie
- *początkowy stan magazynu*: końcowy stan magazynu z okresu t_{n-1}
- *uzupełnienia magazynowe*: wielkość zamówienia z okresu t_{n-1} (detaliści, hurtownicy) oraz zlecenia produkcyjne z okresu t_{n-2} (producent)
- *ilość sprzedaną*: (a) jeśli zgromadzone zapasy tj. stan początkowy magazynu + uzupełnienia magazynowe w okresie t_n na to pozwalają – wielkość popytu klienta w danym okresie (detalista, hurtownik) bądź z okresu t_{n-1} (producent), (b) w odmiennym przypadku – stan początkowy magazynu + uzupełnienia magazynowe w okresie t_n
- *końcowy stan magazynu*: stan początkowy magazynu + uzupełnienia magazynowe – ilość sprzedana
- *utraczone korzyści*: ilość sprzedana – popyt (przyjmuje 0 lub wartości ujemne)

Analiza wyników

Po przeprowadzeniu symulacji łatwo

zauważyć rosnące z ogniwa na ogniwo odchylenia standardowe popytu, zamówień i stanów magazynowych, będące miarą zróżnicowania szeregu. Duże odchylenia zamówień składanych przez poszczególne ogniwa generują coraz większe odchylenia danych rejestrowanych w następnych ogniwach jako popyt. Zapasy w magazynach hurtowników i producenta są uzależnione od parametrów, które w swej konstrukcji zależą od poziomu odchylenia standardowego popytu. Wysokie odchylenia standardowe popytu mają wpływ na wzrost odchylenia stanów magazynowych, a co za tym idzie – zwiększenia zapasów gromadzonych w magazynie, a w rezultacie kosztów magazynowania. Największe odchylenia notuje zawsze ostatnie ogniwo w łańcuchu – w tym przypadku producent. W szybkim tempie wzrasta również odchylenie standardowe stanów magazynowych. Duże zróżnicowanie wielkości stanów magazynowych sprawia, że podnoszą się koszty magazynowania, gdyż należy zabezpieczyć odpowiednio dużą powierzchnię magazynową, aby w razie konieczności móc przechować odpowiednio duży zapas.

Sumaryczne wyniki symulacji przeprowadzonej dla detalistów w okresie 36-ciu tygodni (patrz tab. 4) ukazują, że w wybranych tygodniach utrzymywany zapas jest niewystarczający by sprostać potrzebom klienta. Dzieje się tak pomimo utrzymywania przez czterech na sześciu detalistów większych zapasów (stan końcowy magazynu) niż sprzedana ilość paczek w przeciągu badanego okresu. Ile paczek zabrakło danemu detaliście w stosunku do żądanej przez klienta ilości informuje ostatnia kolumna w tab. 4 (utrzone korzyści). W warunkach rynkowych niesprzedane paczki stanowią nie tylko zysk, którego sprzedawca nie osiągnął, lecz przede wszystkim uosabiają klientów, którzy mogą zniechęcić się do robienia zakupów w danym sklepie. Zauważmy, że w Aptece D utracone korzyści to aż 22 paczki pieluszek, co stanowi 12,6% całej sprzedaży w danym okresie. W innych aptekach utracone korzyści są nie mniejsze niż 4,8% sprzedaży.

Dzięki ścisłej kontroli zapasów w magazynie i przyjętej polityki zamówień s, Q (w klasycznym ujęciu) -hurtownicy są w stanie uchronić się przed brakiem towaru w magazynie (pozycja utracone korzyści w tab. 4 wynosi zero) i zawsze sprzedać żadaną przez klienta ilość pieluszek, jednak w przypadku obu przed-

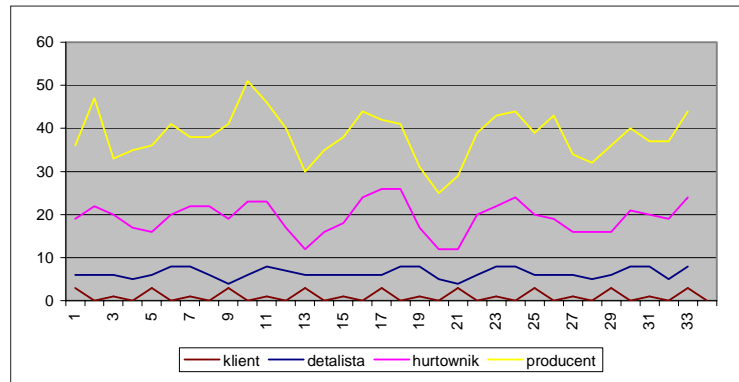
siębiorstw wynik ten jest osiągnięty kosztem utrzymania do dwóch razy większych zapasów magazynowych w stosunku do sprzedaży w całym okresie (porównaj: „sprzedaż” i „końcowy stan magazynu” – tab. 4).

Polityka zleceń produkcyjnych przyjęta przez wytwórcę jest realizowana w oparciu o bardzo wysoki poziom magazynu (B = 24), który bezpośrednio wynika z dużego odchylenia standardowego popytu. Powoduje to, że łączny stan magazynu utrzymywany w całym okresie jest prawie półtorakrotnie wyższy od sprzedaży (porównaj: „sprzedaż” i „końcowy stan magazynu” – tab. 4). Na dodatek duże zróżnicowanie popytu, który przyjmuje wartości: 0, 22, 25 lub 47, sprawia, że zapas utrzymywany w magazynie w niektórych okresach dochodzi nawet do 134 paczek. W okresach, kiedy hurtownicy nie składają żadnych zamówień producent nie może pozwolić sobie na wstrzymanie produkcji, gdyż koszty takiego działania mogłyby znacznie przewyższyć i tak już wysokie koszty utrzymania dodatkowego zapasu. Wysokie koszty magazynowania zmuszają producenta do ustalenia wysokiej ceny produktu. Jeżeli zaś producent ustala wysoką cenę produktu, to jaką cenę musi zapłacić końcowy odbiorca, skoro pomiędzy nim a pro-

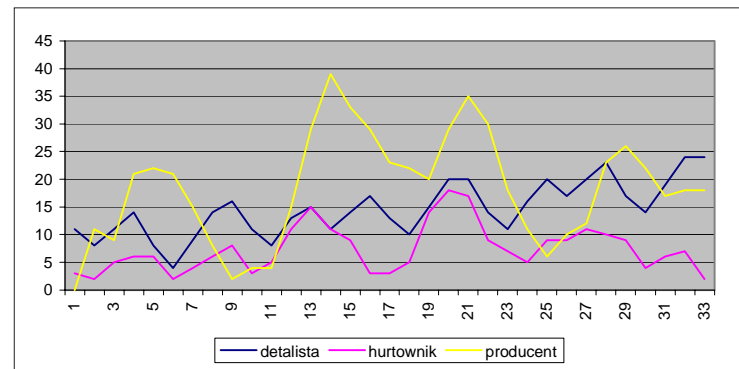
ducentem ulokowane są jeszcze dwa ogniwa łańcucha?

Łagodzenie skutków efektu byczego bicza

Podstawową przyczyną nieefektywnego funkcjonowania przedstawionego łańcucha logistycznego jest odrębna polityka prowadzona przez każde ogniwo, które skupia się wyłącznie na minimalizacji swoich kosztów. Z tego względu informacje (w formie własnych zamówień) przekazywane następnemu ogniwu są już tylko przetworzonym produktem własnej optymalizacji. Do tego dochodzi jeszcze realizowanie polityki ekonomicznej wielkości zamówienia, która wy-



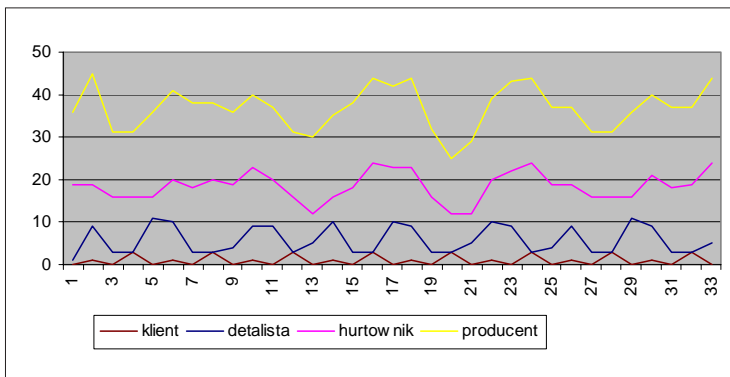
Rys. 5. Zamówienia/zlecenia produkcyjne wygenerowane przez poszczególne ogniwa łańcucha w okresie 36-ciu tygodni



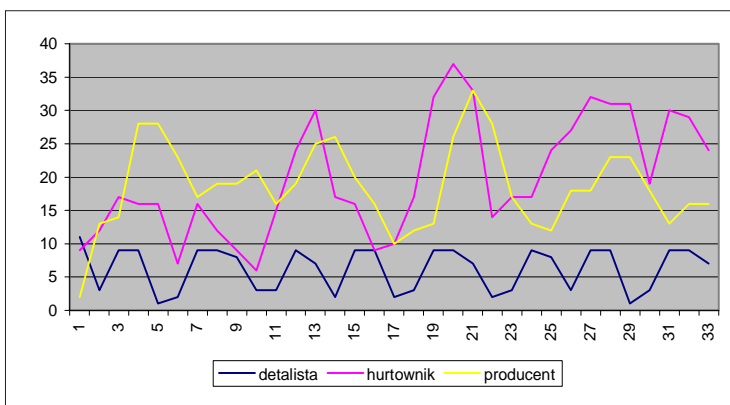
Rys. 6. Stany magazynowe w poszczególnych ogniwach łańcucha w okresie 36-ciu tygodni

Tab. 7. Sumaryczne wartości wybranych pozycji ewidencyjnych Aptek oraz odchylenia standardowe popytu, zamówień i stanów magazynowych

	5dH_Y_U5	5dH_Y_U6	5dH_Y_U7	5dH_Y_U8	5dH_Y_U9	5dH_Y_U:
dcdnhi	% -	% (	&SS	% +	% *	%,
]c`gdfnYXbU	% -	% (% +	% +	% (%,
_c`Wk`mglTb`a`Uj`Urnbi	% S	&S)	&	&&*	& (&&+
i`fUW`bY`_cfrnW	S	S	!	S	!&	S
dcnjca`ri	%Z)	%Z)	&	%Z)	&	&
dcnjca`G	)ZS)	)Z&	,Z&	*Z%`	+Z&*	*Z&
dcnjca`G)%)%	%)	%)	%))%&
cXWmYbY`dcdnhi	'ZS,	'Z&+	(Z&	'Z,	'Z*	'ZS*
cXWmYbY`rLa`GK`JY	'ZS+	'Z&	(Z((	(Z&&	'Z&&	&Z-
cXWmYbY`a`Uj`Urnbi	'ZS+	'Z&	(Z((	(Z&&	'Z&&	&Z-



Rys. 7 Zamówienia/zlecenia produkcyjne wygenerowane przez poszczególne ogniw łańcucha w okresie 36-ciu tygodni



Rys. 8 Stany magazynowe w poszczególnych ogniwach łańcucha w okresie 36-ciu tygodni

datnie przyczynia się do wzrostu odchylenia standardowych. Łagodzenie skutków efektu byczego bicza powinno przebiegać w oparciu o:

- rezygnację z polityki ekonomicznej wielkości zamówienia
- ścisłą współpracę w celu przekazywania pełnej informacji o popycie ostatecznego odbiorcy produktu – klienta
- rozłożenie kosztów magazynowania na wszystkie ogniw łańcucha

Dzięki prowadzeniu wspólnej polityki opartej na maksymalizacji zysków łańcucha jako całości, nie zaś odrębnych jego elementów, można łagodzić efekty negatywne związanych z funkcjonowaniem pośredników sprzedaży. Jednak w przypadku zastosowania jakiegokolwiek zmiany, która może przynieść korzyści dla całego łańcucha logistycznego (włącznie z klientem – zwiększenie poziomu obsługi przez detalistów) potrzebna jest ścisła współpraca wszystkich ogniw. Wymaga to opracowania dokładnych reguł, warunków i zobowiązań, które byłyby podstawą wzajemnego zaufania i bezwzględnej szczerości partnerów względem siebie. Oprócz tego konieczne jest też duże zaangażowanie poszczególnych ogniw w szczegółową ewidencję i koordynację

pieczającego B: zamawia się wielkość prognozy popytu na następny okres + zapas zabezpieczający B – stan magazynu

Jedyną różnicą istniejącą pomiędzy detalistami a pozostałymi ogniwami jest to, że detalisci zamawiają w oparciu o końcowy stan magazynu, a hurtownicy i producent – w oparciu o stany początkowe. Zapas zabezpieczający B dla każdego ogniw jest obliczany w oparciu o odchylenie standardowe rzeczywistego popytu. Każdy detalista, oprócz ustalenia własnych zamówień w poszczególnych tygodniach, ma obowiązek przekazać informację o popycie zgłaszanym przez klientki. Pozwala to hurtownikowi na opracowanie prognozy popytu i obliczeniu parametru s w oparciu o dane pochodzące od ostatecznego ogniw łańcucha. To samo dotyczy producenta, któremu, obok swoich zamówień, nieprzetworzone informacje o popycie przekazuje hurtownik. W ten sposób unika się sztucznego wzrostu odchylenia popytu.

Na skutek tak przeprowadzonych zmian otrzymane zostały wyniki (patrz tab. 5 i 6), które w pełni satysfakcjonują hurtowników i producenta, natomiast wyraźnie niekorzystne są dla detalistów.

przepływów informacyjnych i rzeczowych. Pojawia się zatem konieczność pójścia na daleko idące kompromisy.

Modyfikacja I

W tej modyfikacji przyjęto, że zarówno detalista, hurtownik i producent stosują tę samą politykę zamówień (zleceń produkcyjnych) i magazynowania. Oznacza to, że:

- jeśli stan magazynu jest większy od zapasu zabezpieczającego B: należy zamówić ilość wynikającą z prognozy popytu na następny okres
- jeśli stan magazynu jest mniejszy od zapasu zabez-

W przypadku detalistów zapasy utrzymywane w magazynach w niektórych przypadkach aż trzykrotnie przewyższają sprzedaż w danym okresie. Dzieje się tak pomimo, spadku poziomu współczynnika z do poziomu $z = 1$. Chociaż w wyniku wprowadzenia takiej polityki żaden detalista nie notuje już utraconych korzyści, zwiększona sprzedaż nie jest w stanie pokryć kosztów związanych z utrzymaniem zapasu na tak wysokim poziomie. Uzależnienie wielkości zamówień od prognoz popytu w owocuje znacznym spadkiem zróżnicowania zamówień (odchylenie od 1,22 do 2,89; przed modyfikacją: od 4,4 do 6,09).

Hurtownicy i producent notują ogromny spadek stanów magazynowych. Utrzymując trzy razy mniejsze (w przypadku hurtowników) oraz dwa razy mniejsze (w przypadku producenta) stany magazynowe są w stanie sprostać zamówieniom klientów. Wielkości kupowane przez detalistów oparte o prognozy popytu są bardzo bliskie prognozom obliczanym przez hurtownika, które powstają również w oparciu o rzeczywisty popyt klientów końcowych – nie zaś w oparciu o zamówienia detalisty. To samo dotyczy się producenta również otrzymującego od hurtowników, oprócz wielkości własnych zamówień, informacje na temat zagregowanego popytu klientów. W porównaniu z symulacją przeprowadzona przed zmianą założeń – współczynnik z został również obniżony do poziomu 1, co wskazuje, że nawet przy zakładanym większym prawdopodobieństwie wystąpienia braków w magazynie (około 15,9%) firmy są w stanie zabezpieczyć taki zapas, by sprostać życzeniom klienta.

Modyfikacja II

Na skutek wprowadzenia zmian systemowych w całym łańcuchu logistycznym ciężar magazynowania przerzucony został na detalistów. Aby odciążyć detalistów zmodyfikowana została ich polityka zamawiania. Prowadzona jest w następujący sposób:

- jeśli końcowy stan magazynu jest większy od górnego poziomu S – nie zamawia się żadnej dostawy
- jeśli końcowy stan magazynu jest mniejszy od górnego poziomu S – zamawia się wielkość: poziom S, minus końcowy stan magazynu

Wielkość zamówienia od górnego poziomu stanu magazynu S obliczonego na podstawie wzoru, który wcześniej

był wykorzystany do wyznaczenia punktu składania zamówienia s:

$$S = t_L \cdot a + z \cdot \sqrt{t_L} \cdot \sigma$$

gdzie t_L – to okres realizacji dostawy, a – średnie tygodniowe zapotrzebowanie na towar, z -współczynnik poziomu obsługi klienta, σ – odchylenie standardowe popytu.

Dzięki wprowadzeniu tej zmiany detaliści mogą, w porównaniu do poprzedniej modyfikacji, utrzymywać mniejsze stany magazynowe. Nie wszyscy jednak notują zerowe utracone korzyści, nawet przy podwyższonym w stosunku do poprzedniego poziomu współczynnika z . Prawie dwukrotnie zwiększają się odchylenia standardowe zamówień, co z pewnością odbije się negatywnie na następnym ogniwie w łańcuchu logistycznym.

Po zmianie polityki magazynowania hurtownicy notują, w porównaniu z po-

przednią modyfikacją, wzrost stanów magazynowych. Mimo to w odniesieniu do stanu przed wprowadzeniem jakichkolwiek zmian jest to i tak poprawa, gdyż w rezultacie utrzymywane zapasy w magazynie są mniejsze, a sprzedaż – większa. Można powiedzieć, że ciężar wprowadzonej zmiany wzięli na siebie prawie w całości hurtownicy, gdyż u producenta zauważyć można tylko nieznaczne zmiany (sprzedaż spada z 1257szt. do 1211; końcowy stan magazynu wzrasta z 602 szt. do 615 szt.). Pomimo dwukrotnie wyższej sprzedaży – producent utrzymuje niewiele wyższy od hurtowników poziom zapasów.

Tab. 8 . Sumaryczne wartości wybranych pozycji ewidencyjnych Hurtowni i Producenta oraz odchylenia standardowe popytu, zamówień i stanów magazynowych

	< i frck b|UL	< i frck b|UM	DfcXi	Wbhi
dcdnhi) - ' .) - %	% (.	
ZJ hmWbUk |Y_c	' nLá Uk |UbU	* S' .	% () .	
|c ' gdfnYXUbU	) - - .	* S' .	% () %	
_c Wk mgfUb'a U| Urnbi	*)) .) + ' .	* % .	
i hfUWbY_cfrnW	S' .	S' .	S' .	
k gdCfWbb|_ri	%	%	%	
dcn|ca 'G'	) ž (.	(ž * .	% (ž .	
cXWmYb|Y dcdnhi	) ž (.	(ž * .	, ž + .	
cXWmYb|Y nLá CR |Y	' ž) .	ž ( ) .	) ž %	
cXWmYb|Y'a U| Urnbi	, ž ' .	) ž - .	* ž .	

LITERATURA

1. (c) 2000 D. Adam, Einführung in die Allgemeine BWL
2. A. Pluta, Logistyka Dystrybucji, pod red. K. Rutkowskiego, Difin, Warszawa 2001
3. S. Krawczyk, Zarządzanie Procesami Logistycznymi, PWE, Warszawa 2001