

MODELE AUTOREGRESYJNE JAKO INSTRUMENT ZARZĄDZANIA ZAPASAMI NA PRZYKŁADZIE ELEKTROWNI CIEPLNEJ

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki analizy ekonometrycznej miesięcznych wartości zapasów w trzech kolejnych latach w jednej z elektrowni Południowej Polski. Pod uwagę wzięto te zapasy, których utrzymywanie ma największy wpływ na ogólną działalność finansową elektrowni. Analizie poddano wartość zapasów z wyłączeniem zapasów bezpośrednio produkcyjnych (węgiel, mazut), dla których zbudowano modele autoregresyjne.

Słowa kluczowe: zapasy, koszty zapasów, model autoregresji, model średniej ruchomej

1. WPROWADZENIE

Pierwszym obszarem oceny działalności przedsiębiorstwa są działania realizowane w ramach zaopatrzenia, którego podstawowym obiektem są zapasy. Zapasy mają strategiczne znaczenie dla przedsiębiorstwa, gdyż tworzą wartość dodaną, determinują jego elastyczność oraz umożliwiają kontrolę procesów zaopatrzeniowych [2]. Zapasy są również jednym z głównych elementów niezbędnych do wyznaczenia zapotrzebowania na kapitał obrotowy przedsiębiorstwa. Odpowiednie zarządzanie nimi będzie przekładało się zatem bezpośrednio na efektywne zarządzanie kapitałem obrotowym gwarantujące finansowy sukces przedsiębiorstwa.

Potrzeby w zakresie zużycia materiałów i surowców w działalności produkcyjnej i usługowej, a także ogólnozakładowej powinny być uwzględnione w rzeczowych i wartościowych planach zaopatrzenia. Rzeczowy plan zaopatrzenia w materiały i surowce powinien wynikać z planowanych wielkości usług i produkcji (przewidywanych rozmiarów działalności produkcyjno-usługowej) oraz norm zużycia materiałowego. Wartościowy plan zaopatrzenia pozwala na finansowe zaplanowanie alokacji i zastosowania zapasu w przedsiębiorstwie. W zasadzie każda jednostka gospodarcza powinna zaplanować zaopatrzenie w materiały i surowce do realizacji produkcji i wykonywania usług, a w szczególności w:

1. materiały i surowce zużywane w procesach produkcyjno-usługowych,
2. paliwa i smary, w tym: węgiel, koks, olej napędowy, etylinę itd.,
3. części zamienne,
4. pozostałe materiały i surowce, w tym obsługi i zarządu.

Planowane zakupy powinny wynikać z planowanej rytmiczności produkcji i usług oraz działalności handlowej. Redukcja kosztu kapitału związanego z zapasami jest zatem ważnym zadaniem planowania produkcji. Często dochodzi do sprzeczności między celami zarządzania operacyjnego a celami finansowymi na tym tle [8].

Zastosowanie modeli ekonometrycznych umożliwia analizę efektów działań podejmowanych w ramach poszczególnych podsystemów logistyki, w tym logistyki zaopatrzenia. Znajac kształtowanie się tych efektów w czasie można odpowiedzieć na pytanie, czy realizowane działania przynoszą rzeczywiście oczekiwane wyniki. Odpowiednio

* Politechnika Częstochowska, Wydział Zarządzania

zbudowany model ekonometryczny umożliwi również sporządzanie dokładnych i trafnych prognoz, dzięki którym można redukować niepewność, a tym samym zapasy [7]. Biorąc pod uwagę fakt, że w przedsiębiorstwie często podstawą analiz są przepływy dochodów i wydatków oraz zależności między nimi, poziom zapasów należy formułować w kategoriach finansowych, a nie fizycznych. Analiza zapasów w kategoriach pieniężnych jest trudna, szczególnie wtedy, gdy wykorzystuje dane historyczne, gdyż ta grupa aktywów obrotowych wykazuje dużą podatność na oddziaływanie instrumentów polityki bilansowej danej jednostki gospodarczej [1]. Model ekonometryczny umożliwi odwzorowanie procesu tworzenia zapasu w ujęciu wartościowym, a dokładność tego odwzorowania zapewni, że model będzie operacyjny. Ekonometryczna analiza wartości zapasów może przyczynić się do większej skuteczności realizacji planów budżetów odnośnie zapasów w przedsiębiorstwie i do efektywnego zarządzania zapasami. Model ekonometryczny umożliwi opis lub ocenę zbadanego wcześniej mechanizmu kształtowania się zjawisk ekonomicznych. Odnosi się on zawsze do konkretnej praktyki gospodarczej i ujmuje charakterystyczne dla niej trwałe i istotne związki. Tym samym stanowi narzędzie wspomagające proces decyzyjny.

2. MOTYWY UTRZYMYWANIA ZAPASÓW W PRZEDSIĘBIORSTWIE

Utrzymywanie odpowiedniego poziomu zapasów jest niezbędne przede wszystkim do prawidłowego przebiegu procesu produkcji i dystrybucji, a zatem zaspokojenia zapotrzebowania własnego i klientów, i w ten sposób tworzenia zysku. Powód ten nazywany jest transakcyjnym i nie jest jedynym motywem utrzymywania zapasów. Do innych motywów tworzenia zapasów w przedsiębiorstwie zaliczyć można [5]:

- motyw ostrożności, odnoszący się do unikania wszelkich strat w produkcji i sprzedaży spowodowanych zbyt niskim oszacowanym popytem,
- motyw spekulacyjny, zabezpieczający przed ewentualnym wzrostem cen zapasów niezbędnych do produkcji lub odsprzedaży,
- motyw budżetowy, przyczyniający się do wykorzystania zaplanowanych funduszy przeznaczonych na zapasy.

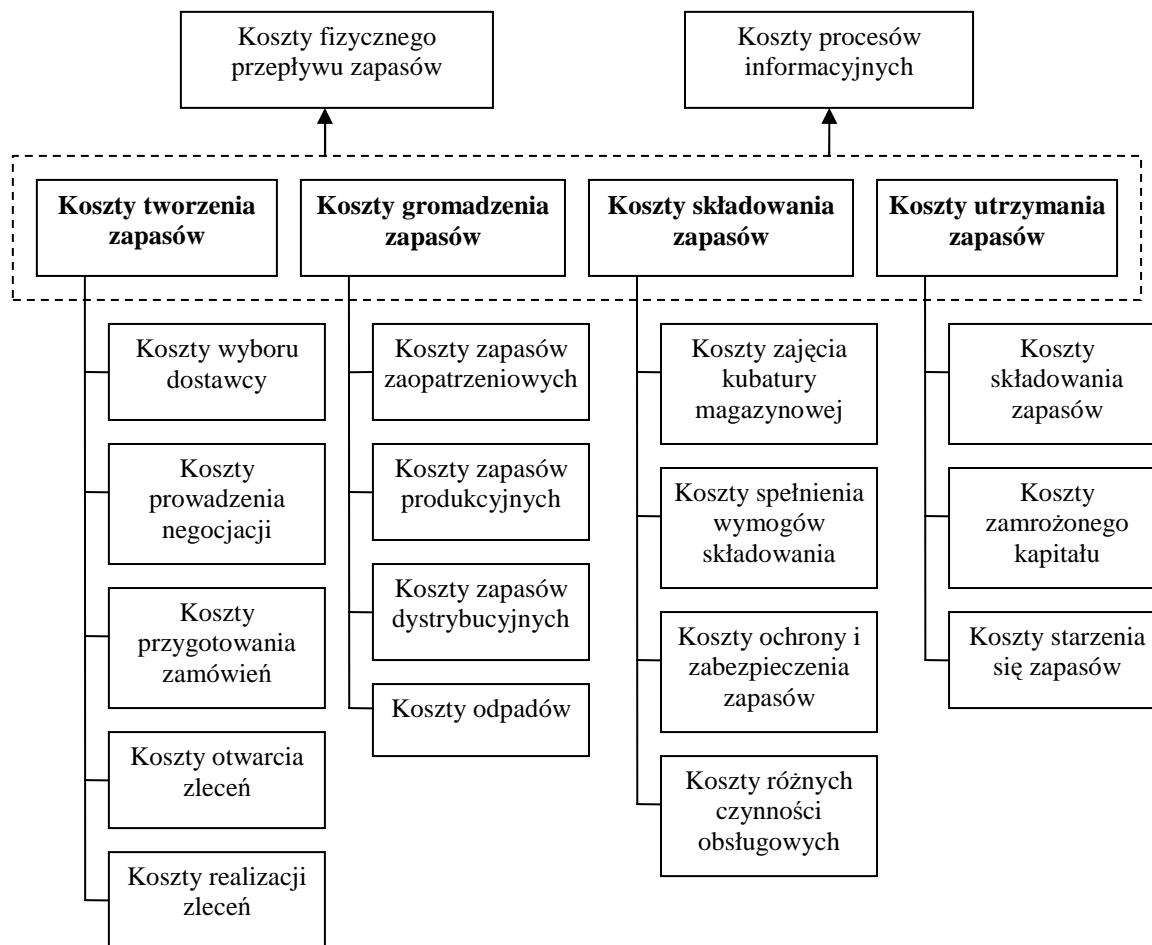
Korzyściom związanym z utrzymywaniem zapasów towarzyszą jednak pewne koszty. Dlatego też rozwiązanie problemów decyzyjnych w sferze zarządzania zapasami wymaga znajomości ich kosztów. W zakresie zapasów ma zastosowanie zasada kompromisu, a więc zasada natury optymalizacyjnej. Wynika ona ze zróżnicowanego sposobu realizacji różnych rodzajów kosztów na tworzone zapasy. Do kosztów które rosną wraz ze wzrostem zapasów należą koszty:

- kapitału,
- magazynowania,
- przeładunków,
- ubezpieczeń,
- zużywania i starzenia się zapasów.

W grupie kosztów, których poziom zmienia się odwrotnie proporcjonalnie w stosunku do poziomu zapasów, znajdują się:

- koszty realizacji zamówień,
- koszty przewozu,
- koszty wyczerpania zapasów.

Na rysunku 1. przedstawiono systematykę kosztów zapasów dla potrzeb zarządzania logistycznego.



Rys. 1. Systematyka kosztów zasobów w systemie logistycznym

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [4]

Koszty zasobów obciążają budżety menedżerów różnych działów przedsiębiorstwa, często nawet tych, którzy mają niewielki bądź żaden wpływ na decyzje dotyczące tworzenia i utrzymywania zasobów. Dlatego też, zgodnie z podejściem systemowym w logistyce, w procesie decyzyjnym związanym z zasobami należy uwzględniać wszystkie możliwe konsekwencje utrzymywania zasobów.

W przedsiębiorstwie może być utrzymywanych nawet kilka tysięcy różnych asortymentów zasobów. Nie jest zatem możliwe monitorowanie i zarządzanie wszystkimi tymi asortymentami. Dokładnej analizie należy poddać te asortymenty zasobów, które mają największy wpływ na ogólną działalność finansową przedsiębiorstwa. W celu wyróżnienia takich asortymentów można zastosować wartość użytkowania, koncentrującą się bezpośrednio na sumie pieniędzy wydawanej na zużycie danego asortymentu zasobów.

3. WARTOŚĆ WYBRANYCH GRUP ZASOBÓW W BADANEJ ELEKTROWNI

Wszystkie potrzeby materiałowe w badanej Elektrowni usystematyzowane zostały wg gałęzi w ramach Klasyfikacji Wyrobów i Usług. Przyjęte zasady klasyfikacji materiałów znajdują swoje odbicie w wykazie materiałów stosowanych w danej jednostce gospodarczej, czyli tzw. indeksie materiałowym. Indeks materiałowy służy do klasyfikacji materiałów, ułatwia ich grupowanie według jednolitych kryteriów we wszystkich komórkach zakładu, a tym samym umożliwia identyfikację danego materiału i zapobiega pomyłkom przy jego przyjmowaniu lub wydawaniu. Analizie poddano wartości zasobów niebędących zasobami

bezpośrednio produkcyjnymi z trzech kolejnych lat r_1 , r_2 i r_3 . Wyłączenie z analizy zapasów bezpośrednio produkcyjnych, tzn. węgla i mazutu wynika z tego, że gospodarowania nimi w badanej elektrowni nie jest zadaniem działu zaopatrzenia, a specjalnej komórki działającej w ramach działalności produkcyjnej. Ponadto zapasy niebędące zapasami bezpośrednio produkcyjnymi stanowią około 90% wszystkich zapasów. W tabelicy 1. przedstawiono strukturę wartości zapasów materiałowych, tzn. procentowy udział poszczególnych pozycji materiałowych w ogólnej wartości zapasów materiałowych badanej Elektrowni.

Tablica 1. Struktura wartości materiałów w badanej Elektrowni w układzie gałęziowym w analizowanych latach

Gałąź	Lata		
	r_1	r_2	r_3
maszyny i urządzenia	59,93%	57,59%	57,93%
wyroby przemysłu elektrotechnicznego i elektronicznego	14,81%	13,28%	14,26%
paliwa oraz przetwory paliw (z wyjątkiem węgla i brykietów)	9,38%	15,07%	12,58%
wyroby przemysłu chemicznego	5,16%	5,98%	6,84%
wyroby hutnictwa żelaza	3,99%	3,40%	2,71%
wyroby przemysłu metalowego	2,99%	1,91%	2,43%
wyroby przemysłu precyzyjnego	1,71%	1,41%	1,42%

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych badanej Elektrowni

Z tabelicy, że najwyższą wartość mają zapasy należące do grupy: maszyny i urządzenia, wyroby przemysłu elektrotechnicznego i elektronicznego, paliwa oraz przetwory paliw, są to zatem najczęściej kupowane wyroby, których wartość przekracza 80% ogólnej wartości zapasów. Analizując strukturę wartości materiałów w badanej elektrowni nie zauważa się większych różnic w udziale wartości materiałów poszczególnych gałęzi w wartości materiałów ogółem. Niestety znaczące różnice obserwuje się w wartościach materiałów poszczególnych gałęzi w badanych latach. W tabelicy 2. przedstawiono miary dynamiki wartości zapasów w analizowanych latach.

Tablica 2. Dynamika zmian zapasów materiałowych w PKE S.A. w analizowanych latach

Grupa zapasów	Przyrost $d_{r3/r1}$	Przyrost dr_2/r_1	Przyrost $d_{r3/r2}$	Średnie roczne tempo zmian
Przetwory paliw (z wyjątkiem węgla i brykietów)	181,78%	-44,18%	404,77%	67,86%
Maszyny i urządzenia	57,09%	-4,57%	64,61%	25,34%
Wyroby przemysłu elektrotechnicznego i elektronicznego	-13,08%	54,21%	-43,63%	-6,77%
Ogółem zapasy wyróżnionych grup	59,76%	0,61%	58,80%	26,40%

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych badanej Elektrowni

Z tabelicy 2. wynika, że dla materiałów zaliczanych do grupy: wyroby przemysłu elektrotechnicznego i elektronicznego obserwuje się średni roczny spadek wartości. Ogólnie jednak wartość materiałów w badanej Elektrowni wzrasta z roku na rok średnio o 26,40%. Duże zmiany nastąpiły w przypadku:

- paliw oraz przetworów paliw (z wyjątkiem węgla i brykietów) – średni roczny wzrost o prawie 68%, przy czym wzrost ten spowodowany został bardzo dużym przyrostem

- wartości zapasu w ostatnim badanym roku, który w porównaniu z pierwszym badanym rokiem wyniósł 181,78%, a w porównaniu z drugim badanym rokiem aż 404,77%,
- maszyn i urządzeń – duży wzrost wartości w ostatnim badanym roku w porównaniu z latami wcześniejszymi.

4. MODELOWANIE WARTOŚCI WYBRANYCH GRUP ZAPASÓW W BADANEJ ELEKTROWNI

W przypadku krótkookresowego analizowania zjawisk, powinno wziąć się pod uwagę efekty wcześniej podjętych działań, gdyż w dużym stopniu oddziałują one na aktualny poziom zjawiska. Do opisu zasobów podmiotów gospodarczych kształtujących procesy finansowe często budowane są modele ekonometryczne rodzajów działalności gospodarczej [10]. Procesy finansowe obejmują między innymi transakcje majątkowe dotyczące aktywów jednostek gospodarczych i ich zmian. Specyfika tych procesów wymaga odrębnego ich modelowania dla każdego rozpatrywanego podmiotu.

Modele typu autoregresyjnego charakteryzują się tym, że określają zależność funkcyjną między wartościami zmiennej prognozowanej w okresie lub momencie t a wartościami tej zmiennej z okresów lub momentów wcześniejszych z dokładnością do składnika losowego [11]. W modelowaniu bardzo często stosuje się modele autoregresji i średniej ruchomej. Proces autoregresji rzędu p , oznaczany $AR(p)$ określony jest wzorem [por. 3, 11]:

$$Y_t = \varphi_0 + \varphi_1 Y_{t-1} + \varphi_2 Y_{t-2} + \dots + \varphi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t$$

gdzie: $\varphi_0, \varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_p$ – parametry procesu,

ε_t – zakłócenia losowe, będące zmienną losową o rozkładzie normalnym $N(0, \sigma_\varepsilon^2)$,

p – wielkość opóźnienia.

Bieżąca wartość szeregu czasowego będącego realizacją procesu autoregresji jest sumą skończonej kombinacji liniowej wcześniejszych jego wartości i zakłócenia losowego.

Proces średniej ruchomej $MA(q)$ zapisuje się w postaci:

$$Y_t = \varepsilon_t + \theta_0 - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

gdzie: $\varepsilon_t, \varepsilon_{t-1}, \dots, \varepsilon_{t-q}$ – zakłócenia losowe w okresach $t, t-1, \dots, t-q$, będące zmiennymi losowymi o rozkładzie normalnym $N(0, \sigma_\varepsilon^2)$,

$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ – parametry modelu,

q – wielkość opóźnienia.

W wyniku połączenia tych dwóch procesów powstaje proces autoregresji i średniej ruchomej $ARMA(p, q)$ dany wzorem:

$$Y_t = \varphi_0 + \varphi_1 Y_{t-1} + \varphi_2 Y_{t-2} + \dots + \varphi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t + \theta_0 - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

Proces autoregresji i średniej ruchomej charakteryzuje się większą elastycznością w dopasowaniu do danych empirycznych. Umożliwiają one modelowanie procesów stacjonarnych, które charakteryzują się tym, że ich podstawowe własności nie zmieniają się w czasie [6]. W przeciwnym wypadku szereg określany jest jako niestacjonarny. Model niestacjonarny może cechować się regresją pozorną, powodującą zawyżenie wartości współczynnika determinacji i statystyki t -Studenta [6], co utrudnia ocenę wiarygodności modelu. Jeżeli szereg nie jest stacjonarny można przekształcić go w szereg stacjonarny przeprowadzając operację różnicowania. Polega ona na d -krotnym obliczaniu różnic między

dwoma sąsiadującymi wartościami zmiennej, aż do otrzymania szeregu stacjonarnego. Szereg taki można modelować wykorzystując zintegrowany proces autoregresji i średniej ruchomej $ARIMA(p, d, q)$, gdzie: p – rząd autoregresji, d – krotność różnicowania, q – wielkość opóźnienia średniej ruchomej.

Po dopasowaniu modelu do danych empirycznych, odpowiednimi miarami należy sprawdzić, czy rzeczywiście dobrze opisuje on badane zjawisko. W tym celu wykorzystać można [9]:

- kryterium informacyjne Akaike’a (AIC) i bayesowskie kryterium Schwartz’a (BIC), stosowane, gdy należy wybrać jeden z kilku możliwych modeli, przy czym najlepszym modelem jest ten, dla którego wartości kryteriów są najmniejsze,
- test h Durbin’a lub test LM, sprawdzające występowanie autokorelacji pierwszego rzędu reszt modelu,
- statystykę Q , umożliwiającą przeprowadzenie testu autokorelacji wszystkich rzędów.

Wartość grup zapasów mających największy udział w wartości zapasów ogółem poddana została analizie ekonometrycznej. Stosując test pierwiastka jednostkowego (Dickey’a-Fullera) wykazano stacjonarność bądź niestacjonarność szeregów czasowych analizowanych zmiennych. Wartość statystyki DF oraz p -value dla analizowanych szeregów przedstawiono w tabelicy 3.

Tablica 3. Wartości testu Dickey’a- Fullera

Zmienna	Statystyka DF	p -value
Przetwory paliw (z wyjątkiem węgla i brykietów)	-0,84926	0,3409 *
Maszyny i urządzenia	-3,26575	0,001824
Wyroby przemysłu elektrotechnicznego i elektronicznego	-3,28549	0,001726
Ogółem zapasy wyróżnionych grup	-2,38017	0,01872 *

* wartości p -value wyższe od 0,5%

Źródło: opracowanie własne

Na poziomie istotności 0,5% szeregi wartości zapasów z grup: maszyny i urządzenia i wyroby przemysłu elektrotechnicznego i elektronicznego okazały się stacjonarne, pozostałe dwa – zintegrowane w stopniu 1.

Rząd autoregresji p , średnią ruchomą q i stopień integracji d wybrano na podstawie oszacowanych kryteriów selekcji modeli AIC i BIC. Wielkości p , q i d , oszacowane wartości parametrów autoregresji i średniej ruchomej oraz poziom istotności dla parametrów φ i θ przedstawiono w tabelicy 4.

Tablica 4. Parametry modeli ARIMA

Zmienna	ARIMA(p, d, q)	Ocena parametru	Poziom istotności p
Przetwory paliw (z wyjątkiem węgla i brykietów)	(0, 1, 1)	$\theta_1 = -0,482340$	0,00048
Maszyny i urządzenia	(1, 0, 1)	$\varphi_1 = 0,996767$ $\theta_1 = -0,918872$	<0,00001 <0,00001
Wyroby przemysłu elektrotechnicznego i elektronicznego	(1, 0, 1)	$\varphi_1 = 0,932011$ $\theta_1 = -0,666004$	<0,00001 0,00048
Ogółem zapasy wyróżnionych grup	(2, 1, 0)	$\varphi_1 = -0,816813$ $\varphi_2 = -0,583888$	<0,00001 <0,00001

Źródło: opracowanie własne

Oszacowane modele zostały zweryfikowane pod względem autokorelacji i normalności rozkładu reszt. Proces weryfikacji wykazał, że modele zostały poprawnie dobrane.

5. PODSUMOWANIE

Zapasy zaliczane są do podstawowych składników procesów logistycznych. Ich tworzenie i utrzymywanie pozwala na wyrównanie struktur ilościowych w przepływach materiałowych. W elektrowniach cieplnych zapasy można podzielić na dwie podstawowe grupy: zapasy bezpośrednio produkcyjne (węgiel, mazut, biomasa) oraz pozostałe. W artykule zajęto się zapasami niebędącymi bezpośrednio wykorzystywanymi w produkcji energii elektrycznej i cieplnej, z tego względu, że ich zużycie charakteryzuje się zazwyczaj brakiem ciągłości i przypadkowością. W związku z tym ich monitorowanie i zarządzanie nimi jest trudniejsze niż w przypadku zapasów bezpośrednio produkcyjnych.

Zapasy zapewniają ciągłość procesów produkcji i wymiany. Stanowią one ważny czynnik produkcji, mogący w dużej mierze wpływać na efektywność realizacji procesów. Zapasy umożliwiają bowiem osiągnięcie podstawowego celu systemu logistycznego, jakim jest zaspokojenie popytu na rynku przy optymalnych kosztach. Przedstawione w artykule metody wskazują na to, że możliwe jest modelowanie wartości zapasów. Uzyskane modele charakteryzują się pożądanymi cechami, mogą zatem wspomagać proces decyzyjny w zakresie gospodarki zapasami.

LITERATURA

- [1] Buk H.: *Nowoczesne zarządzanie finansami. Planowanie i kontrola*, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa 2006
- [2] Chikán A.: *An empirical analysis of managerial approaches to the role of inventories*, International Journal of Production Economics Nr 118, 2009, s. 131–135
- [3] Cieślak M. (red. nauk.): *Prognozowanie gospodarcze. Metody i zastosowania*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2005
- [4] Ficoń K.: *Procesy logistyczne w przedsiębiorstwie*, Wyd. Impuls Plus Consulting, Gdynia 2001
- [5] Glynn J. J., Perrin J., Murphy M. P.: *Rachunkowość dla menedżerów*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2003
- [6] Gruszczyński M., Podgórska M. (red. nauk.): *Ekonometria*, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie – Oficyna Wydawnicza, Warszawa 2004
- [7] Jetzke S.: *Grundlagen der modernen Logistik*, Carl Hanser Verlag, München 2007
- [8] Koltai T.: *Robustness of a production schedule to inventory cost calculations*, International Journal of Production Economics Nr 121, 2009, s. 494–504
- [9] Maddala G. S.: *Ekonometria*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006
- [10] Welfe W., Welfe A.: *Ekonometria stosowana*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2004
- [11] Zeliaś A., Pawełek B., Wanat S.: *Prognozowanie ekonomiczne. Teoria, przykłady, zadania.*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2004

AUTOREGRESSIVE MODELS AS A TOOL OF INVENTORY MANAGEMENT IN THE THERMAL POWER STATION

Abstract

In the article effects of the econometric analysis of the monthly stock value in the three next years in one of power stations of Southern Poland were presented. Inventory which has the biggest influence on the general financial activity of the power station was taken into consideration. The value of inventory excluding stock which is direct used in the process of energy production (coal, mazout) was analyzed. The autoregressive moving average models were constructed for distinguished groups of inventory.

Key words: inventory, inventory cost, autoregressive process, moving average process