

Aurelia RYBAK
Anna MANOWSKA
Politechnika Śląska
Wydział Górnictwa i Geologii
Aurelia.Rybak@polsl.pl

ZJAWISKO SEZONOWOŚCI POPYTU A STRATEGIE PRODUKCJI WĘGLA KAMIENNEGO W POLSCE¹

Streszczenie. Celem zaprezentowanych w artykule badań było scharakteryzowanie zjawiska sezonowości zapotrzebowania na węgiel kamienny w Polsce. W tym celu posłużono się procedurą X-12-ARIMA. W wyniku przeprowadzonej analizy uzyskano składowe szeregu czasowego oraz prognozę zapotrzebowania na węgiel kamienny na dwanaście miesięcy. Zaproponowano także możliwe do zastosowania strategie wydobycia węgla kamiennego oraz procedurę wyboru optymalnej strategii.

Słowa kluczowe: prognoza popytu na węgiel kamienny, model X12-ARIMA, sezonowość

SEASONALITY OF THE COAL DEMAND IN POLAND AND THE STRATEGIES OF HARD COAL PRODUCTION

Summary. The article presents seasonality of the hard coal demand in Poland. For this purpose, the X-12-ARIMA procedure was used. As a result of the analysis the components of the hard coal demand time series were obtained. A 12-month demand forecast was also constructed. The authors also proposed the coal production strategies possible to apply and a procedure for selection of the optimal strategy.

Keywords: hard coal demand, X12-ARIMA, seasonality

¹ Praca została wykonana w ramach badań statutowych 06/030/BK_17/0022.

1. Wstęp

Przedsiębiorstwa zajmujące się wydobywaniem surowców energetycznych w ostatnich latach zostały postawione przed ogromnym wyzwaniem. Jego źródłem jest głównie spadek popytu na nośniki energii na rynku chińskim związany z zahamowaniem rozwoju gospodarczego. Jako dodatkowy czynnik może być postrzegana także rewolucja łupkowa w Stanach Zjednoczonych. Przedsiębiorstwa wydobywcze musiały podjąć odpowiednie kroki, aby móc dostosować się do nowej, trudnej sytuacji.

Spadek zapotrzebowania na węgiel kamienny na rynkach światowych odcisnął swoje piętno również na polskich spółkach węglowych. Wysokie koszty produkcji w zderzeniu z rekordowo niskimi cenami surowców, zjawisko sezonowości zapotrzebowania i produkcji węgla kamiennego spadek popytu, nadpodaż to główne przyczyny słabej kondycji rodzimych przedsiębiorstw wydobywczych. Powyższe problemy stanowią od wielu lat przedmiot zainteresowania autorów publikacji. W prezentowanym artykule autorzy skupili swoją uwagę na zjawisku sezonowości. Celem badań przedstawionych w publikacji było scharakteryzowanie tego zjawiska. Sezonowość kształtuje zyski przedsiębiorstw górniczych oraz ich koszty. Dogłębna analiza sezonowości, zidentyfikowanie jej charakteru oraz możliwość przewidzenia przyszłych wahań zapotrzebowania na węgiel umożliwi skuteczne zwalczanie negatywnych skutków sezonowości. Ponieważ sezonowość jest czynnikiem zewnętrznym, na którego występowanie przedsiębiorstwo nie ma wpływu, możliwe jest jedynie stosowanie metod i środków, mających za zadanie niwelowanie problemów oraz utrudnień związanych z sezonowością. W dalszej części publikacji przedstawiono analizę sezonowości szeregu czasowego popytu na węgiel kamienny oraz wskaźniki sezonowości opisujące charakter tego zjawiska w przypadku badanego szeregu. Skonstruowano także prognozę zapotrzebowania na węgiel kamienny o 12 miesięcznym horyzoncie czasowym. Badania tego typu umożliwiają przedsiębiorstwu planowanie prac, przygotowanie się do działania w najbliższej przyszłości, stosowanie skutecznej strategii działania, ograniczenie kosztów, wynikających z marnotrawstwa w okresach spadku zainteresowania węglem kamiennym, a tym samym zwiększenie zysku operacyjnego. Autorzy zaprezentowali także strategię, które mają przedsiębiorstwu umożliwić osiągnięcie wymienionych benefitów. Właściwe zbudowanie strategii, zarządzanie na poziomie zarówno strategicznym, taktycznym jak i operacyjnym, wymaga dokładnych prognoz popytu, a prezentowane narzędzia z całą pewnością dostarczają prognoz obarczonych dopuszczalnym błędem.

2. Analiza sezonowości szeregu czasowego popytu na węgiel kamienny w Polsce

Aby móc przewidzieć przyszły popyt na węgiel kamienny należy właściwie rozpoznać składowe szeregu czasowego. Będzie to podstawą do zbudowania dokładnej prognozy.

Wahania sezonowe są wahaniami obserwowanej zmiennej wokół tendencji rozwojowej lub stałego, przeciętnego poziomu tej zmiennej. Wahania te powtarzają się w okresie czasu nieprzekraczającym jednego roku [1].

Na szereg czasowy procesu stochastycznego składają się następujące elementy:

- Trend, czyli tendencja rozwojowa. Może on mieć charakter malejący, bądź rosnący. Wywołany jest oddziaływaniem na dane zjawisko niezmiennego zestawu czynników.
- Składnik losowy - wahania przypadkowe, nieprzewidywalne, niewykazujące żadnych prawidłowości. Stanowią odchylenia od wartości średniej. Mogą to być zjawiska jednorazowe, długotrwałe, innowacyjne, wywołane przez czynniki losowe na przykład: klęski żywiołowe, zmiany polityczne.
- Składnik sezonowy.
- Składnik cykliczny, czyli długookresowe, wahania rytmiczne wokół średniej, bądź trendu [2, 3, 4].

Matematyczny zapis modelu szeregu czasowego:

$$Y_t = T_t S_t D_t H_t L_t \quad (1)$$

gdzie:

T_t - trend-cykl;

S_t - wahania sezonowe,

D_t - efekt zmiennej liczby roboczych dni,

H_t - efekt świąt,

L_t - wahania losowe.

W zależności od charakteru modelu (addytywny, multiplikatywny) pomiędzy poszczególnymi składnikami należy postawić znak dodawania lub mnożenia [5; 6]. Efekty D_t i H_t uzależnione są od liczby dni roboczych w badanym okresie czasu. Podczas dni wolnych od pracy poziom aktywności ekonomicznej przedsiębiorstw jest obniżony [7; 8; 9].

Wymienione składowe kształtują szereg czasowy popytu na węgiel kamienny. Analiza szeregu polega zatem na jego dekompozycji, czyli na wyodrębnieniu jego poszczególnych elementów i poddaniu ich z osobna analizie. Analiza ta ma na celu wyłącznie zaprognozowanie przyszłego poziomu badanego zjawiska, a nie określanie przyczyn jego rozwoju.

Wyrównanie sezonowe polega na usunięciu z szeregu czasowego składowej sezonowej efektu kalendarza. W tym celu można zastosować wiele modeli i metod prognozowania. Dopiero właściwe wyrównanie szeregu daje możliwość odpowiedniej interpretacji badanego zjawiska. Umożliwia to porównanie także okresów różnoimiennych.

W celu przeanalizowania zjawiska sezonowości można zastosować między innymi model Wintersa, analizę harmoniczną, model SARIMA oraz wskaźniki sezonowości. Do dwóch najlepszych i najczęściej stosowanych metod wyrównania sezonowego zalicza się procedury X-12-ARIMA oraz TRAMO/SEATS. Autorzy stosując wymienione powyżej modele zaobserwowali, iż w przypadku węgla kamiennego najdokładniejsze prognozy można uzyskać stosując procedurę X-12-ARIMA. Dlatego też zastosowano właśnie tę metodę. Została ona stworzona przez U.S. Bureau of the Census. Podstawą działania jest tu stosowanie tradycyjnego modelu sezonowego ARIMA. Wprowadzono wstępną estymację, która ma miejsce przed ostatecznym odsezonowaniem. Dzięki temu z szeregu usunięte zostają obserwacje odstające, efekty kalendarza, co pozytywnie wpływa na jakość dekompozycji. Kolejnym etapem jest wybór odpowiedniego modelu ARIMA, sprowadzenie szeregu czasowego do postaci stacjonarnej oraz wybór optymalnych parametrów modelu [6; 10].

Wpływ sezonowości na działalność przedsiębiorstw górniczych jest niezwykle istotny. W górnictwie węgla kamiennego mamy bowiem do czynienia z sezonowością, zarówno podczas sprzedaży, która w ogromnym stopniu oddziałuje na zyski przedsiębiorstwa, ale także w czasie produkcji, wpływającej na koszty całkowite przedsiębiorstw [11].

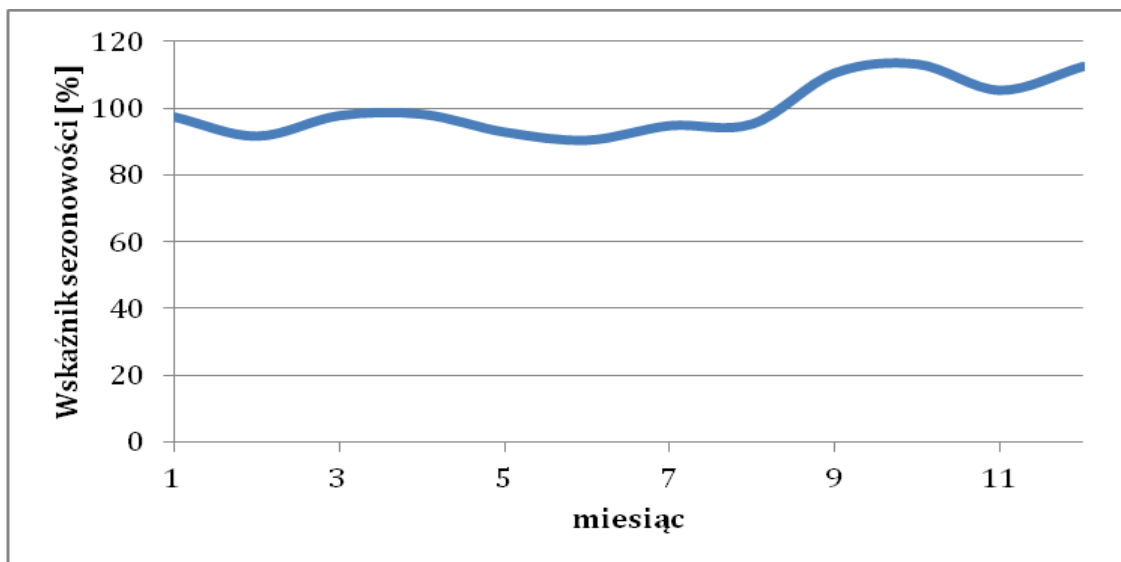
W zbudowanym modelu uwzględniono dane statystyczne na temat sprzedaży węgla kamiennego w Polsce od roku 2010. Analiza prowadzona była w ujęciu miesięcznym. Podczas analizy szeregu czasowego miesięcznej sprzedaży węgla kamiennego posłużono się modelem X-12 Arima (011)(110). Estymacja obejmowała 9 iteracji prowadzonych dla 28 ewaluacji funkcji. W celu wygładzenia z szeregu czasowego usunięto składnik sezonowy, a także składniki związane z efektem kalendarza. Oczyszczony szereg czasowy zawiera takie składniki czasowe: jak trend-cykl i składnik losowy [12]. Szczegółowa procedura została przedstawiona poniżej.

2.1 Potwierdzenie występowania składowej sezonowej szeregu czasowego

Prowadzenie analizy za pomocą modelu X-12-ARIMA wymaga potwierdzenia występowania w szeregu składnika sezonowego. Obecność sezonowości szeregu czasowego zweryfikowano za pomocą testu Kruskala-Wallisa: statystyka testu: 47.45; stopnie swobody: 11. Zastosowany test potwierdził występowanie zjawiska sezonowości w szeregu czasowym sprzedaży węgla kamiennego.

W wyniku powyższego możliwe było określenie wskaźników sezonowości. Wskaźniki w modelu multiplikatywnym sumują się do 100, obrazując odchylenia od średniej rocznej w poszczególnych miesiącach roku.

Wielkość sprzedaży jest największa w miesiącach jesiennych i zimowych. Największy popyt na węgiel kamienny odnotowano w październiku oraz w grudniu, gdzie jest on wyższy o 13% od wartości średniorocznej. Z kolei największy spadek popytu pojawia się w czerwcu i wynosi on niecałe 10%.



Rys. 1. Wskaźniki sezonowości sprzedaży węgla kamiennego w 2016 roku
Źródło: Opracowanie własne.

2.2 Wiarygodność modelu

Wiarygodność modelu, a co za tym idzie tworzonych na jego podstawie prognoz to jedno z najistotniejszych zagadnień decydujących o trafności podejmowanych w przedsiębiorstwie decyzji. Kryteria informacyjne umożliwiają dokonanie wyboru najlepszego modelu dla zmiennej zależnej. Przyjmuje się, iż modelem najlepszym jest ten, dla którego wartość kryterium informacyjnego jest najniższa.

Najczęściej stosowane kryteria to AIC (Kryterium Akaike), BIC (kryterium bayesowskie Schwarz), Kryterium Hannan Quinn [13]. Dla ostatecznie wybranego modelu wartości kryteriów prezentują się następująco: AIC – 2174; Hannan Quinn – 2176; BIC – 2180.

W celu wyznaczenia dokładności predykcji określono błąd MAPE (średni bezwzględny błąd procentowy), który przyjmuje wartość około 6%.

2.3 Testowanie sezonowości reszt modelu

Bardzo istotne dla określania jakości modelu jest również zweryfikowanie obecności sezonowości w modelu. Analiza przeprowadzona została w oparciu o test F, gdzie przetestowano całą próbę oraz okres ostatnich trzech lat. Jest to jeden z najważniejszych wskaźników jakości modelu, wskazujący czy sezonowe wahania zostały pomyślnie usunięte z szeregu czasowego i stanowi niezbędny czynnik, który umożliwiają walidację modelu

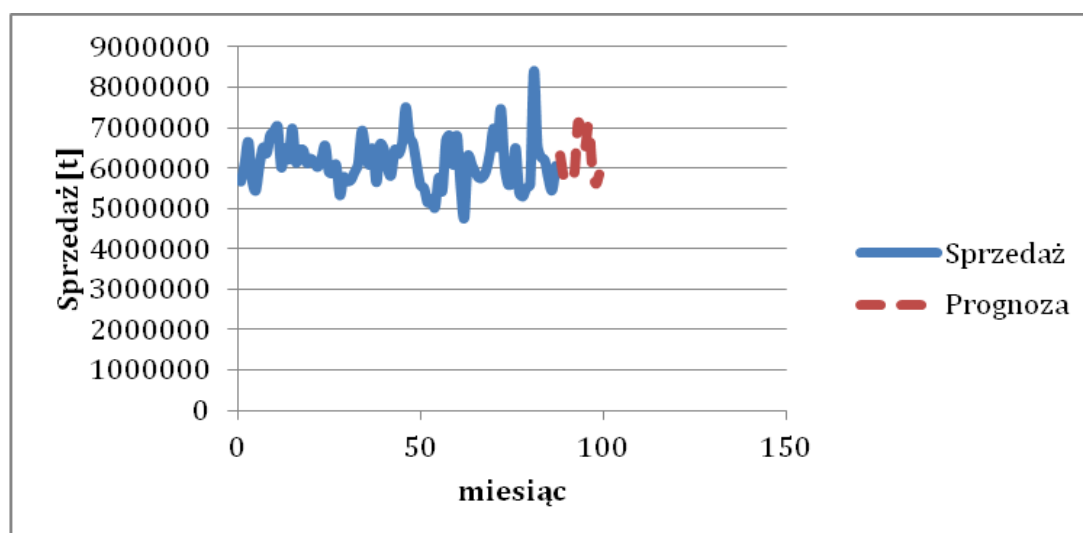
matematycznego. W przypadku niepowodzenia w tym zakresie konieczna byłaby zmiana specyfikacji modelu.

Uzyskane wyniki:

- Brak dowodów na sezonowość resztkową w całej serii: $F = 0.85$
- Brak dowodów na sezonowość resztkową w całej serii w ostatnich trzech latach: $F = 0.24$
- Brak zależności sezonowych oznacza, że model został zbudowany prawidłowo.

2.4 Prognoza wielkości popytu na węgiel kamienny

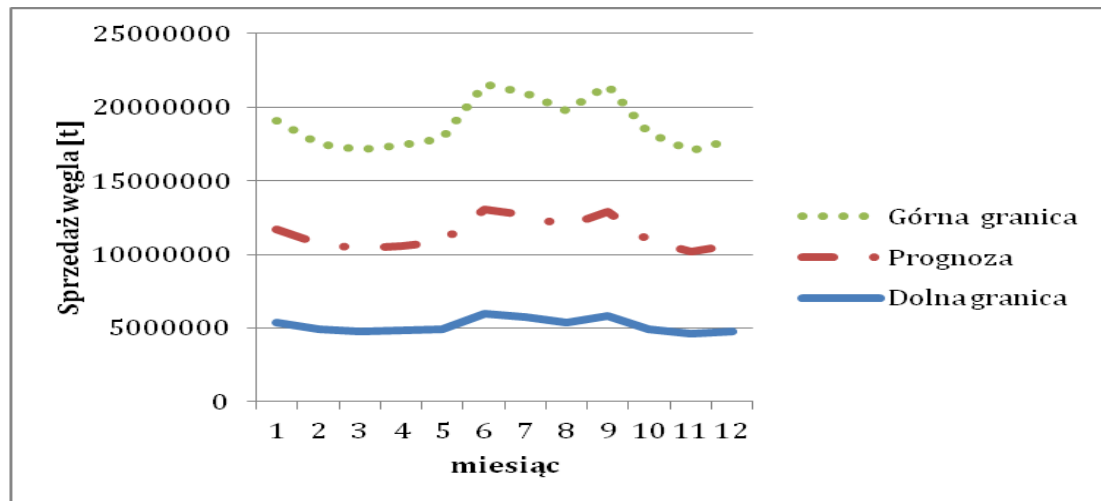
Na rysunku 2 zaprezentowano dane historyczne produkcji węgla kamiennego oraz prognozę na kolejne 12 miesięcy (prognoza przewiduje utrzymanie trendu z lat poprzednich). Przedstawiona prognoza będzie stanowiła podstawę zarządzania przedsiębiorstwem, budowania strategii, planowania zapotrzebowania materiałowego oraz niezbędnego poziomu środków pracy żywej, itp.



Rys. 2. Model sprzedaży miesięcznej węgla kamiennego X-12 ARIMA (011)(110)

Źródło: Opracowanie własne.

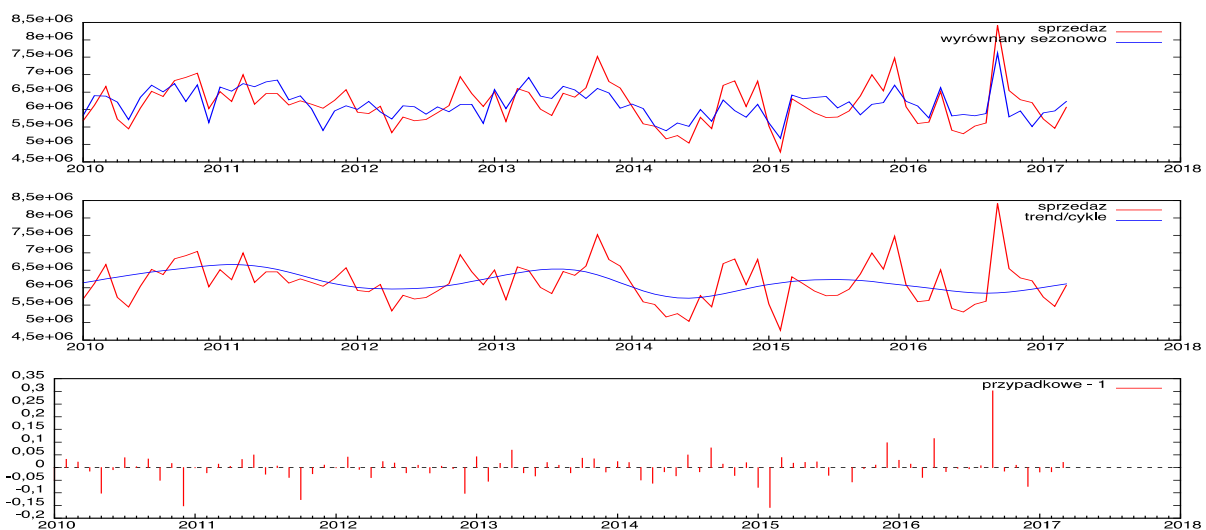
Przedział ufności prognozy to zakres, w którym z zadaniem prawdopodobieństwem będzie kształtowała się wartość, którą prognozujemy. Na przykład, jeśli dla sprzedaży węgla kamiennego w przyszłym miesiącu 95-procentowy przedział ufności prognozy wynosi od 5 398 994 ton do 7 397 737 ton, to oznacza, że z prawdopodobieństwem 95% sprzedane zostanie co najmniej 5 398 994 ton i co najwyżej 7 397 737 ton.



Rys. 3. Przedział ufności prognozy sprzedaży miesięcznej węgla kamiennego
Źródło: Opracowanie własne.

Na rysunku 4 przedstawiono uzyskane wyniki badań. Pierwszy wykres pokazuje rzeczywistą wielkość sprzedaży oraz wyrównaną sezonowo, drugi wykres to składowe trendu i cyklu na tle wartości empirycznych sprzedaży w poszczególnych miesiącach. Ostatni wykres przedstawia wahania przypadkowe występujące w szeregu czasowym.

Szereg czasowy zapotrzebowania na węgiel kamienny charakteryzuje się delikatnie malejącym trendem. Może to oznaczać, iż w najbliższych latach nastąpi w dalszym ciągu spadek zapotrzebowania na węgiel kamienny. Widoczne są również znaczące fluktuacje wynikające z cyklu koniunkturalnego. Są to wahania, które należy rozpatrywać w okresach kilkuletnich, związanych z rozwojem gospodarczym kraju.



Rys. 4. Wielkość rzeczywista sprzedaży węgla kamiennego wyrównana sezonowo, trend-cykl oraz wahania przypadkowe
Źródło: Opracowanie własne.

3. Strategie produkcji węgla kamiennego

Sezonowość to czynnik zewnętrzny, kształtujący zapotrzebowanie na węgiel kamienny. Oznacza to że, przedsiębiorstwo nie ma wpływu zjawisko sezonowości, może jedynie zastosować odpowiednie strategie i metody działania, które przyczynią się do niwelacji negatywnych skutków sezonowości. Przewidywanie wielkości zapotrzebowania na węgiel kamienny w określonym miesiącu pozwoli przedsiębiorstwu na właściwe dostosowanie poziomu czynników produkcji. Przedstawiony w niniejszej publikacji model matematyczny sprzedaży węgla umożliwi zrozumienie natury sezonowości zapotrzebowania, dostosowania do potrzeb klientów, co z kolei ułatwia tworzenie prognozy na najbliższe miesiące. Do głównych negatywnych skutków sezonowości zaliczyć można [14]:

- utratę płynności finansowej,
- wzrost kosztów produkcji,
- nadmiar mocy produkcyjnych,
- niski zysk operacyjny,
- konieczność ponoszenia kosztów magazynowania,
- koszty utraconych możliwości,
- przerost zatrudnienia,
- korzystanie z upustów, rabatów.

Aby możliwe było dostosowanie działań przedsiębiorstwa do potrzeb rynku należy zastosować odpowiednią strategię produkcji węgla kamiennego. Możliwe strategie to na przykład:

- zsynchronizowanie wielkości wydobycia i popytu w danym miesiącu,
- ustabilizowanie produkcji na stałym, niezmiennym w ciągu roku poziomie,
- ustabilizowanie produkcji oraz stosowanie tak zwanego „sezonowego nacisku”, polegającego na zwiększaniu wydobycia w miesiącach charakteryzujących się wyższymi wartościami wskaźnika sezonowości [15].

W celu doboru najbardziej optymalnej, w danych warunkach otoczenia, strategii należy:

- utworzyć prognozę popytu na węgiel kamienny (zgodnie z przedstawioną procedurą),
- skonstruować możliwe do zastosowania strategie,
- ustalić poziom czynników produkcji niezbędnych podczas wydobycia (można to zrealizować z wykorzystaniem funkcji produkcji),
- dokonać porównania opcjonalnych wariantów strategicznych względem wybranych kryteriów,
- różnicować kryteria oceny (aby ocena była skuteczna pod uwagę należy wziąć np. koszty całkowite, zysk operacyjny, płynność finansową, współczynnik spóźnionych dostaw, reklamacji, itp.).

- wskazać strategię optymalną w warunkach otoczenia spółki.

Ostatecznie wyboru strategii dokonuje decydent w spółce węglowej. Jednakże, aby jego decyzja nie opierała się jedynie na przeczeniach można posłużyć się wyżej opisanym schematem postępowania.

4. Podsumowanie i wnioski

Przedsiębiorstwa górnicze w Polsce funkcjonują w wysoce niesprzyjających warunkach otoczenia. Dotyczy to zarówno coraz trudniejszych warunków geologicznych, jak i ekonomicznych. Jedną z przyczyn trudnej sytuacji ekonomicznej przedsiębiorstw jest przedstawione w artykule zjawisko sezonowości. Ponieważ spółki węglowe nie mają wpływu na obecność tego czynnika otoczenia muszą wypracować odpowiednie metody przeciwdziałania skutkom sezonowości. Aby można było zastosować odpowiednie środki zaradcze niezbędne jest potwierdzenie występowania oraz właściwe rozpoznanie charakteru składowej sezonowej szeregu czasowego. Tylko w takim wypadku istnieje możliwość skonstruowania wiarygodnej prognozy wielkości sprzedaży węgla kamiennego. Narzędziem umożliwiającym tworzenie dokładnych prognoz jest metoda X-12-ARIMA. Dzięki jej zastosowaniu można wyznaczyć wskaźniki sezonowości, określić charakter analizowanego zjawiska, a także zaprognozować jego wielkość w określonym horyzoncie czasowym. Stworzenie prognozy stanowi pierwszy etap planowania strategii wydobycia węgla kamiennego. Znając przyszłe potrzeby można zaplanować z odpowiednim wyprzedzeniem czasowym poziom niezbędnych w danym czasie czynników produkcji. Właściwa strategia, dostosowana do warunków otoczenia pozwoli przedsiębiorstwu na wyeliminowanie zbędnych kosztów, zoptymalizowanie zatrudnienia, optymalizację wykorzystania maszyn i urządzeń.. Dzięki tym zabiegom przedsiębiorstwo będzie miało możliwość obniżenia kosztów wydobycia, zwiększenia zysku operacyjnego, a tym samym przetrwania w turbulentnym otoczeniu.

Bibliografia

1. Diettman P.: Prognozowanie w przedsiębiorstwie. Oficyna Wolters Kluwer Business, Kraków 2008.
2. Cieślak M.: Prognozowanie gospodarcze: metody i zastosowanie. PWN, Warszawa 2001.
3. Kot S.; Jakubowski, J., Sokołowski, A.: Statystyka, Difin, Warszawa 2007.

4. Jonek-Kowalska I., Sojda A., Wolny M.: Analiza harmoniczna szeregów czasowych cen węgla. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Organizacji i Zarządzania z. 74. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2014.
5. Grudkowska, S., Paśnicka, E.: X-12-ARIMA i TRAMO/SEATS - empiryczne porównanie metod wyrównania sezonowego w kontekście długości próby. Materiały i studia z. 220. Wydawnictwo NBP, Warszawa 2007.
6. Grudkowska S., Nehrebecka N.: Identyfikacja i usuwanie sezonowości z polskich agregatów monetarnych. Materiały i studia z. 237. Wydawnictwo NBP, Warszawa 2009.
7. Hood C.: Comparison of Time Series Characteristics for Seasonal Adjustments from SEATS and X-12-Arima. US Census Bureau, Washington 2002.
8. Mazzi G., Savio G.: The Seasonal Adjustment of Short Time Series. European Commission, Luksemburg 2005.
9. Rybak A.: Analiza synchronizacji cykli koniunkturalnych w strefie euro. Materiały i Studia z. 210. Wydawnictwo NBP, Warszawa 2006.
10. Kufel T.: Ekonometria. Rozwiązania z wykorzystaniem programu GRET. PWN, Warszawa 2011.
11. Uberman R.: Sezonowość w odkrywkowym górnictwie surowców skalnych. Wyzwanie dla zarządzających. Górnictwo Odkrywkowe, Nr 4, 2002.
12. Farnum N.R, Stanton W.: Quantitative Forecasting Methods. PWS-Kent Publishing Company, Boston 1989.
13. Piłatowska M.: Kryteria informacyjne w wyborze modelu ekonometrycznego. Studia i Prace Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie nr 10, 2010.
14. Rybak A.: Analiza i ocena możliwych strategii produkcji węgla kamiennego dla zaspokojenia sezonowych potrzeb. Rozprawa doktorska, Gliwice 2011.
15. Rybak A.: Possible strategies for hard coal mining in Poland as a result of production function analysis. Resources Policy, Vol. 50, 2016.