

Piotr Kosowski, Jerzy Stopa, Stanisław Rychlicki
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

Analiza rynku gazu ziemnego w Polsce w latach 2003–2009 i prognozy na lata 2010–2012

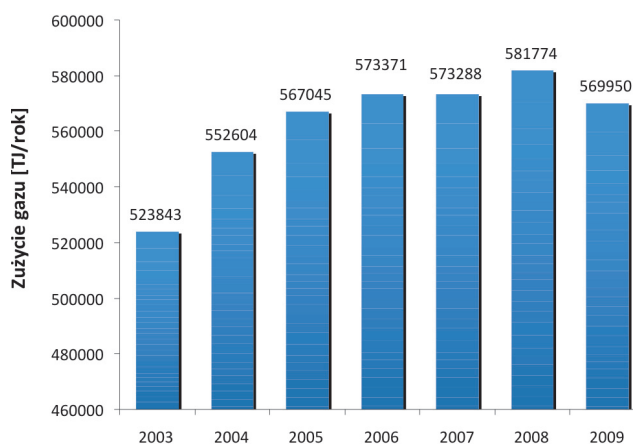
Zużycie gazu w Polsce, w porównaniu z innymi krajami europejskimi, jest stosunkowo niewielkie; wystarczy podać przykład naszego zachodniego sąsiada – Niemiec, który zużywa ponad 3561 tys. TJ gazu rocznie; Włoch – zużywających podobne ilości tego surowca, czy Holandii – kraju znacznie mniejszego od Polski, której roczna konsumpcja przekracza 1617 tys. TJ. Niewątpliwie jednak gaz ziemny ma interesujące perspektywy w naszym kraju, co wiąże się m.in. z rozwojem energetyki opartej na tym surowcu, wzrostem poziomu zamożności społeczeństwa i związanym z tym przechodzeniem na wygodniejsze paliwa, a także z politycznymi i ekonomicznymi naciskami mającymi na celu ograniczenie zużycia węgla.

W niniejszym artykule zbadano sytuację na rynku gazu ziemnego w Polsce. Przedstawiono historyczne dane dotyczące zużycia, importu oraz krajowej produkcji gazu ziemnego w latach 2003–2009; dokonano również dekompozycji miesięcznych wielkości zużycia gazu (szeregu czasowego), w celu wyodrębnienia trendu, wahań sezonowych i losowych. Przeanalizowano także wpływ temperatury na wielkość zużycia, importu oraz krajowej produkcji gazu ziemnego oraz przedstawiono prognozę zużycia gazu ziemnego na lata 2010–2012 z wykorzystaniem metody ARIMA.

Podstawą do obliczeń były dane udostępniane przez Europejski Urząd Statystyczny – Eurostat, dotyczące wydobycia krajowego, importu, eksportu, konsumpcji, a także zmiany stanu zapasu gazu ziemnego w poszczególnych miesiącach analizowanego okresu. Wielkości te zostały wyrażone nie w jednostkach objętości, a energii – w tym przypadku w TJ (ciepło spalania gazu wysokometanowego GZ-50 to $38,147 \text{ MJ/m}^3$) [2].

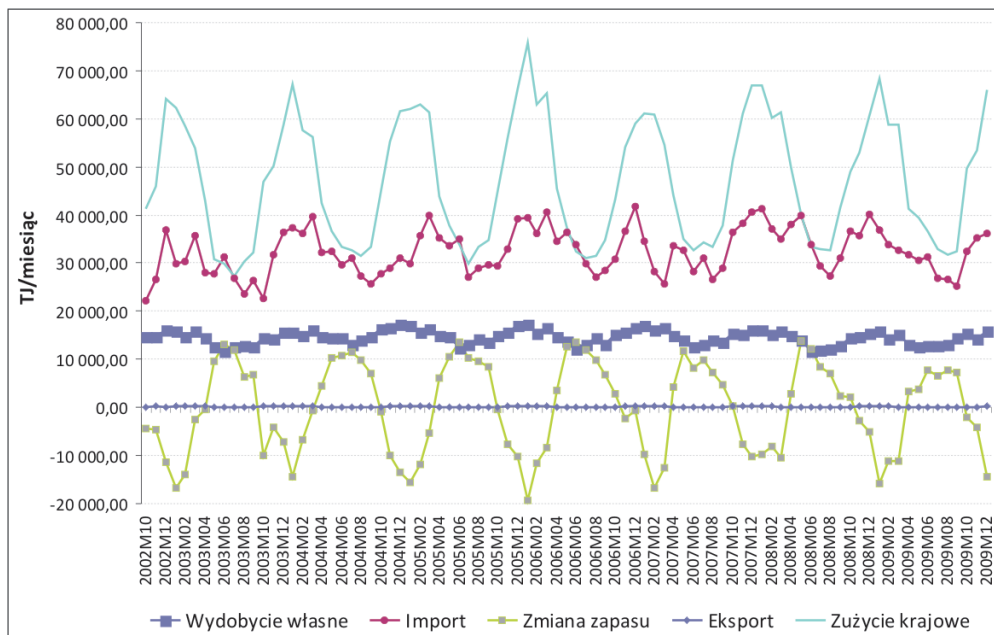
Zużycie gazu ziemnego w Polsce w ostatniej dekadzie wykazuje słaby trend wzrostowy; zwiększyło się ono

z 523 843 TJ w roku 2003 do 569 950 TJ w roku 2009. Warto zauważyć, iż w roku 2009 nastąpił spadek zużycia w porównaniu z latami poprzednimi – było to skutkiem kryzysu gospodarczego i wynikało z problemów firm zużywających duże ilości gazu ziemnego. Konsumpcję gazu w poszczególnych latach przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Zużycie gazu ziemnego w Polsce w latach 2003–2009 [Źródło: Eurostat]

Zużycie gazu ziemnego w Polsce, oprócz trendu wzrostowego, charakteryzuje się bardzo silną sezonowością. Szczyt zużycia przypada na miesiące zimowe, a minimalne wartości – na miesiące letnie, co jest ściśle związane z temperaturami panującymi w tym czasie na terenie Polski. Należy wspomnieć o tym, że odbiorcy gazu dzielą się na grupy, które wykazują zróżnicowaną sezonowość: najsilniejsza występuje w przypadku odbiorców indywidualnych, a najmniejsza – w grupie odbiorców przemysłowych. Gdyby odbiorców przemysłowych podzielić na mniejsze grupy to najmniejsze wahania sezonowe występowałyby wśród klientów z branży chemicznej i energetycznej.



Rys. 2. Miesięczna konsumpcja, import, krajowa produkcja, eksport oraz zmiana stanu zapasu gazu ziemnego w Polsce w latach 2003–2009 [Źródło: Eurostat]

Warto w tym miejscu zwrócić uwagę na fakt, iż najsilniejsze wahania generowane są przez odbiorców o stosunkowo niewielkim wolumenie zużycia, co zmusza dostawców gazu do utrzymywania kosztownych zapasów, zlokalizowanych w podziemnych magazynach gazu.

Na rysunku 2 przedstawiono miesięczną konsumpcję, import, eksport, krajową produkcję oraz zmianę stanu zapasów gazu ziemnego w latach 2003–2009. Na tle zużycia gazu ziemnego, cechującego się bardzo silną sezonowością, mamy produkcję krajową – charakteryzującą się z kolei stosunkowo stabilnym przebiegiem i niewielką zmiennością – oraz import, który rośnie w okresie zwiększonej konsumpcji (niskie temperatury) i maleje w okresie zmniejszonego zużycia (wysokie temperatury). Zmienność dostaw z importu jest jednak znacznie ograniczona, co wynika z realizacji umów – a zwłaszcza obowiązku odbioru minimalnych ilości rocznych i letnich (klauzule *take-or-pay*) – oraz parametrów technicznych sieci przesyłowej. Również wydobywanie krajowe – choć wykazuje pewną elastyczność – nie może być zmieniane dowolnie, co związane jest z koniecznością prowadzenia racjonalnej eksploatacji złóż, polegającej m.in. na zapewnieniu pracy złoża przy depresji nie przekraczającej wartości dopuszczalnych i w miarę możliwości utrzymywania wydajności na stałym poziomie.

Z matematycznego punktu widzenia, miesięczne zużycie gazu ziemnego w analizowanym okresie może być traktowane jako szereg czasowy, na który składa się część systematyczna i przypadkowa. Składową systematycz-

ną możemy podzielić na trend i składową okresową, której odmianę stanowi wahania sezonowe. W trakcie dekompozycji szeregu czasowego rozważany model matematyczny może przyjąć różne formy, ale najczęściej jest to model addytywny lub multiplikatywny. W przypadku modelu addytywnego zakładamy, że wartości szeregu czasowego stanowią sumę składowych, czyli nie występują pomiędzy nimi interakcje, a w procesie dekompozycji szeregu wahania sezonowe i losowe są odchyleniami od trendu. W przypadku modelu multiplikatywnego przyjmuje się, że wartości szeregu stanowią iloczyn pewnych czynników, a wahania sezonowe przedstawiane są jako względne odchylenia od trendu [1].

W przypadku zużycia gazu ziemnego w omawianym okresie mamy do czynienia z modelem addytywnym, wyrażonym wzorem:

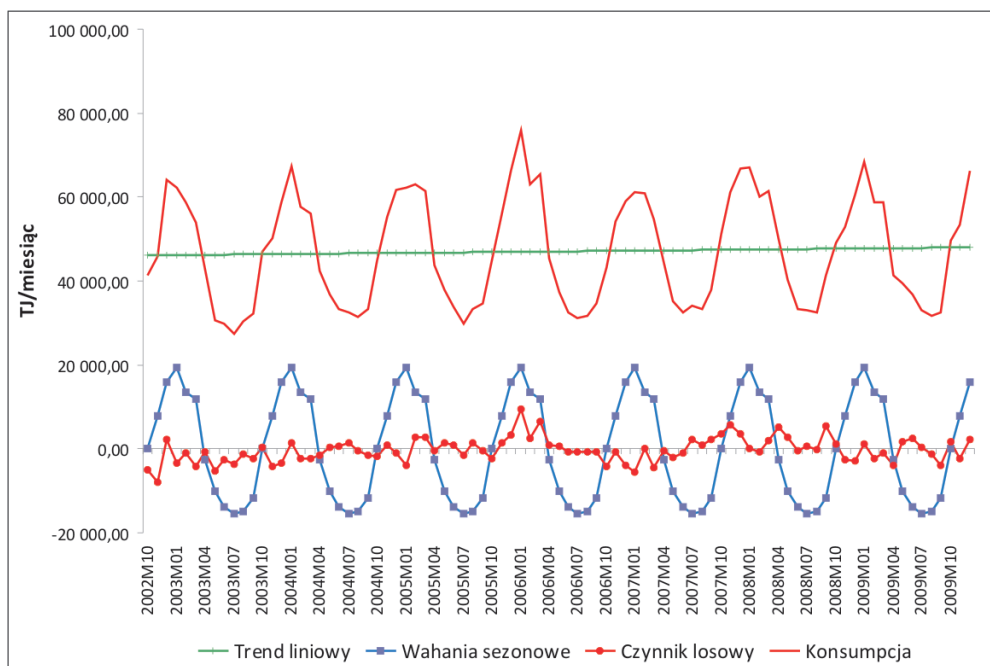
$$K = T + S + L \quad (1)$$

gdzie:

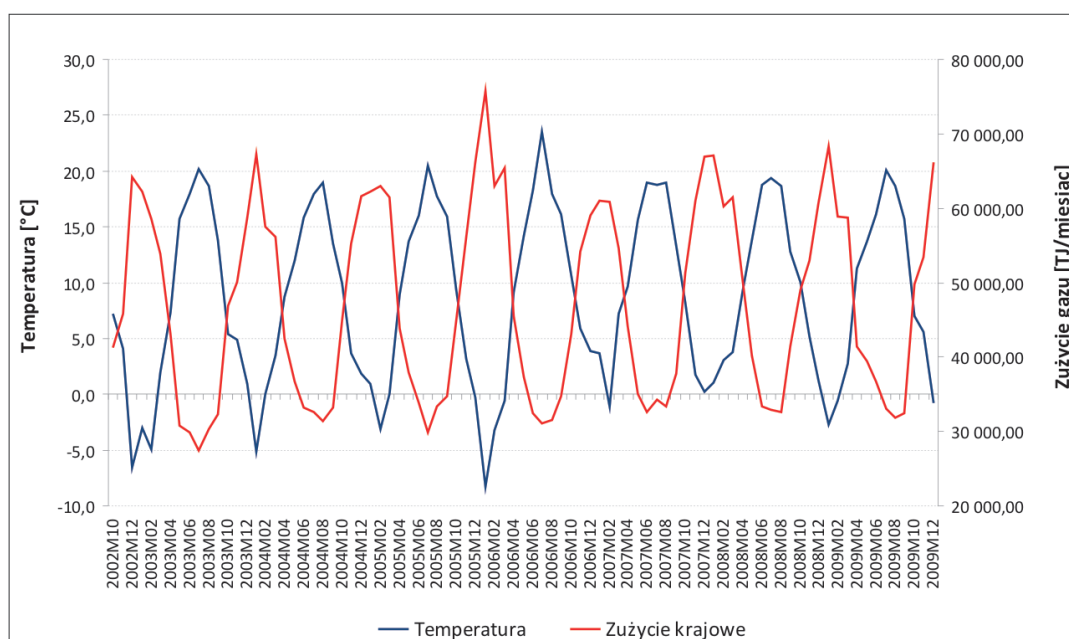
- K – zużycie,
- T – trend,
- S – wahania sezonowe,
- L – wahania losowe.

Trend liniowy został wyznaczony metodą najmniejszych kwadratów, a wahania sezonowe – metodą wskaźników, polegającą na obliczeniu wskaźników sezonowości dla wszystkich składników cyklu (w tym przypadku miesięcy). Wahania losowe stanowią różnicę pomiędzy zużyciem a pozostałymi składnikami szeregu. Efekty dekompozycji zaprezentowano na rysunku 3, gdzie można także wyróżnić słaby trend wzrostowy zużycia gazu ziemnego w Polsce, silne wahania sezonowe oraz wahania losowe.

Znaczne wahania sezonowe zużycia gazu ziemnego sugerują mocne powiązanie z temperaturą. Na rysunku 4 przedstawiono średnie miesięczne temperatury w latach 2003–2009 dla stacji meteorologicznej Warszawa-Okęcie (uzyskane za pomocą serwisu internetowego www.ogimet.pl).



Rys. 3. Miesięczna konsumpcja gazu ziemnego w Polsce w latach 2003–2009, w rozbiciu na trend liniowy, wahania sezonowe i losowe



Rys. 4. Średnia miesięczna temperatura dla stacji meteorologicznej Warszawa-Okęcie w latach 2003–2009 [Źródło: www.ogimet.com, Eurostat]

com) oraz miesięczne zużycie gazu w tym samym okresie. Nietrudno zauważyć silny związek łączący obie te zmienne.

Potwierdza to także wykres zależności miesięcznego zużycia gazu ziemnego od średniej miesięcznej temperatury (rysunek 5), pokazujący silną liniową zależność pomiędzy tymi zmiennymi. Współczynnik korelacji liniowej Pearsona wynosi w tym przypadku $-0,96$, co świadczy o bardzo silnej korelacji ujemnej. Spadek temperatury powoduje więc

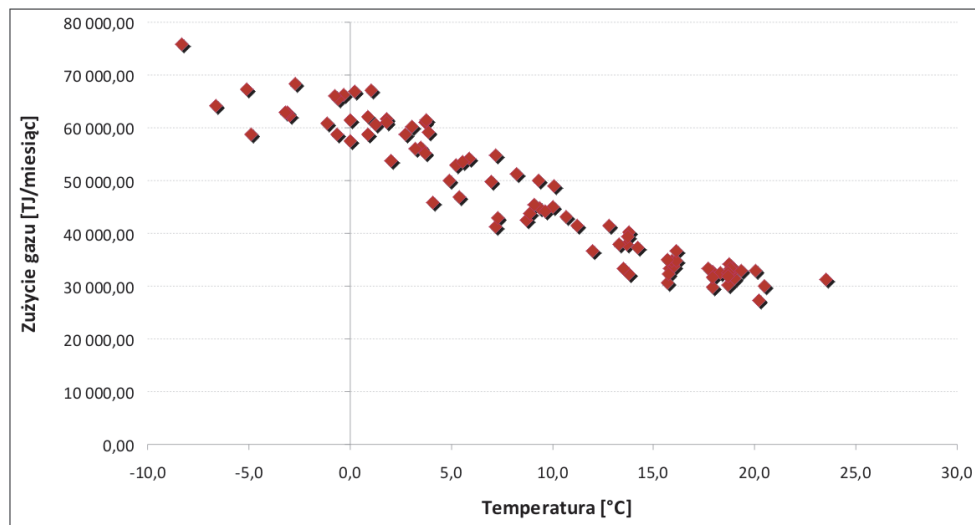
silny wzrost zużycia gazu i na odwrót – wzrost temperatury skutkuje spadkiem konsumpcji tego surowca.

W związku z bardzo silną zależnością zużycia gazu ziemnego od temperatury, zbadano, czy wahania losowe zużycia wykazują związek z wahaniami losowymi temperatury (rysunki 6 i 7). Po dokonaniu dekompozycji średnich miesięcznych temperatur i obliczeniu wskaźnika korelacji stwierdzono, iż możemy mówić o istnieniu umiar-

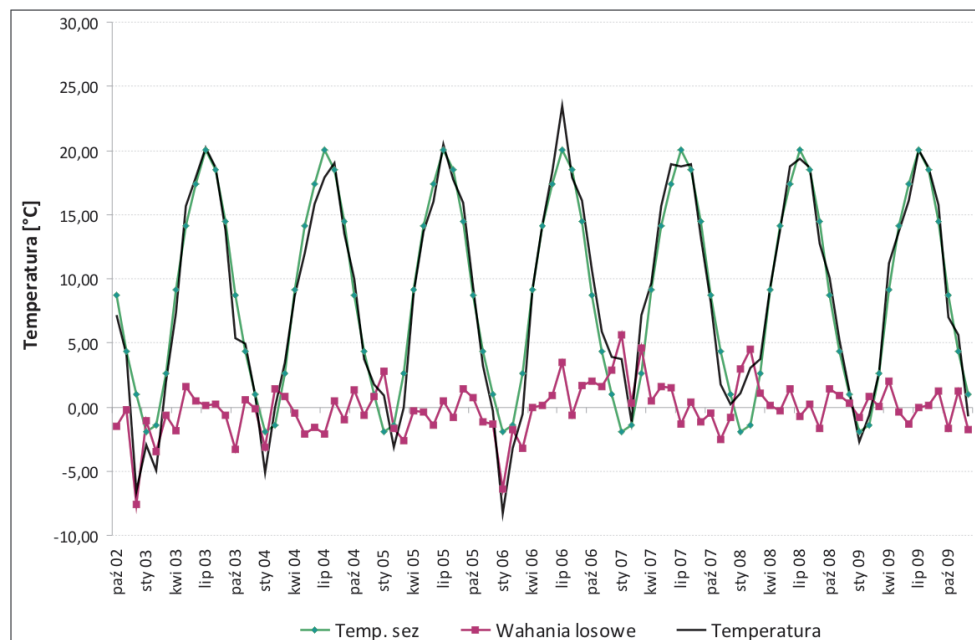
kowanie silnej zależności pomiędzy tymi zmiennymi, gdyż współczynnik korelacji wynosi $-0,6$. Losowe zmiany temperatur nie tłumaczą więc w pełni losowych zmian zużycia gazu ziemnego, które mają też inne przyczyny, nie analizowane w tym artykule (takie jak np. czynniki makroekonomiczne).

Metoda szeregów czasowych może być wykorzystana do krótkoterminowego prognozowania zużycia gazu ziemnego – przy założeniu iż jest to proces losowy opisany równaniem (1) – które nie zmienia się w okresie prognozy. W szczególności oznacza to, iż w okresie prognozy nie mogą wystąpić zmiany strukturalne wpływające na zużycie gazu (np. rozwój energetyki gazowej). W dalszej części artykułu przedstawiono prognozę zużycia gazu w Polsce na lata 2009–2012, opartą na analizie danych historycznych i wykorzystaniu metody ARIMA – będącej jedną z popularnych metod prognozowania z wykorzystaniem szeregów czasowych [1]. Charakterystyczne dla takich metod prognozowania jest tworzenie prognozy w oparciu o dotychczasowy przebieg zmiennej, bez szczegółowego wnikania w przyczyny jej zachowania. Przyjmuje się zasadę, że w okresie prognozy na zmienną będą działały te same czynniki co w przeszłości. Oznacza to, że metody te są przydatne w tworzeniu krótkookresowych prognoz dla zjawisk cechujących się dużą inercją – co ma miejsce w przypadku prognoz energetycznych. Prognozy tego typu są wykorzystywane gdy:

- prognozowane zjawisko jest złożone, a jego opis wymaga zastosowania skomplikowanych modeli,



Rys. 5. Miesięczne zużycie gazu ziemnego w zależności od średniej miesięcznej temperatury w latach 2003–2009



Rys. 6. Średnia miesięczna temperatura dla stacji meteorologicznej Warszawa-Okęcie w latach 2003–2009, z podziałem na wahania sezonowe i losowe

- interesuje nas określenie tego co się zdarzy, a nie wyjaśnienie dlaczego tak będzie,
 - koszty wyjaśnienia zjawiska są nieporównywalnie większe niż koszty prognozy opartej o szereg czasowy [1].
- Wprowadzony przez Boxa i Jenkinsa (1976) ogólny model metody ARIMA zawiera zarówno parametry autoregresyjne, jak i średniej ruchomej oraz wprowadza do postaci modelu operator różnicowania. W szczególności, w modelu wyróżnia się trzy typy parametrów:
- p – parametry autoregresyjne,
 - d – rząd różnicowania,
 - q – parametry średniej ruchomej.

Wedle notacji wprowadzonej przez Boxa i Jenkinsa, modele określa się jako ARIMA (p, d, q); a więc np. opisanie modelu jako (0, 1, 2) oznacza, że zawiera on 0 (zero) parametrów autoregresyjnych (p) i 2 parametry średniej ruchomej (q), które zostały obliczone dla szeregu po jednokrotnym różnicowaniu. Wymaga się, by wejściowy szereg dla metody ARIMA był stacjonarny, tzn. powinien on mieć stałą w czasie średnią, wariancję i autokorelację. Dlatego zazwyczaj szereg wymaga różnicowania aż do osiągnięcia stacjonarności – co polega na d -krotnym obliczeniu różnic sąsiednich wyrazów szeregu.

Pierwsze różnice oblicza się jako:

$$w_t = y_t - y_{t-1} \quad (2)$$

drugie jako:

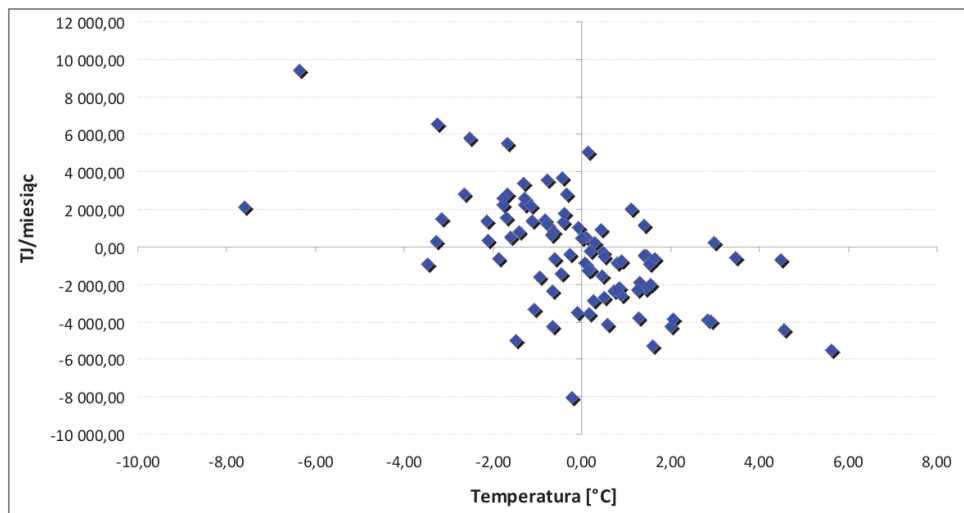
$$z_t = w_t - w_{t-1} \quad (3)$$

i następne w ten sam sposób [1].

W ostatnich latach metoda ta zyskała bardzo dużą popularność, a praktyka badawcza potwierdza jej przydatność w wielu dziedzinach [1]. W niniejszej pracy do stworzenia prognoz zużycia gazu metodą ARIMA wykorzystano pakiet statystyczny STATISTICA 9.0.

W celu weryfikacji skuteczności metody opracowano prognozę zużycia gazu ziemnego na rok 2009, opierając się na danych z lat 2003–2008 (rysunek 8), a następnie porównano ją z rzeczywistą konsumpcją gazu w roku 2009 (rysunek 9).

Wyniki wskazują na dużą przydatność praktyczną tego typu prognozowania. Rzeczywiste zużycie okazało się zbliżone do prognozowanego i w całym 2009 roku zmieściło się w przedziale, w którym z prawdopodobieństwem 90%

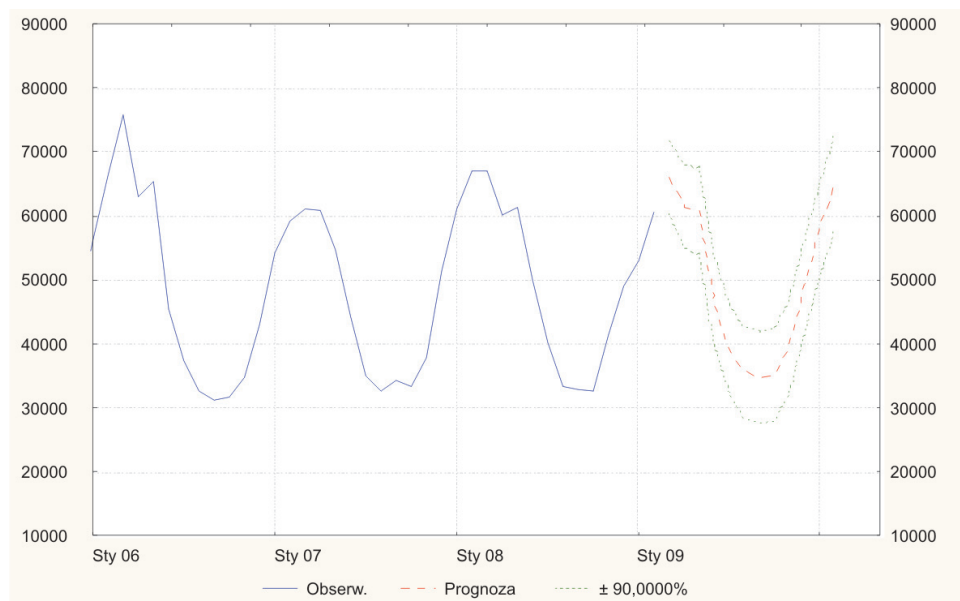


Rys. 7. Miesięczne wahania losowe zużycia gazu ziemnego w zależności od wahań losowych średniej miesięcznej temperatury w latach 2003–2009

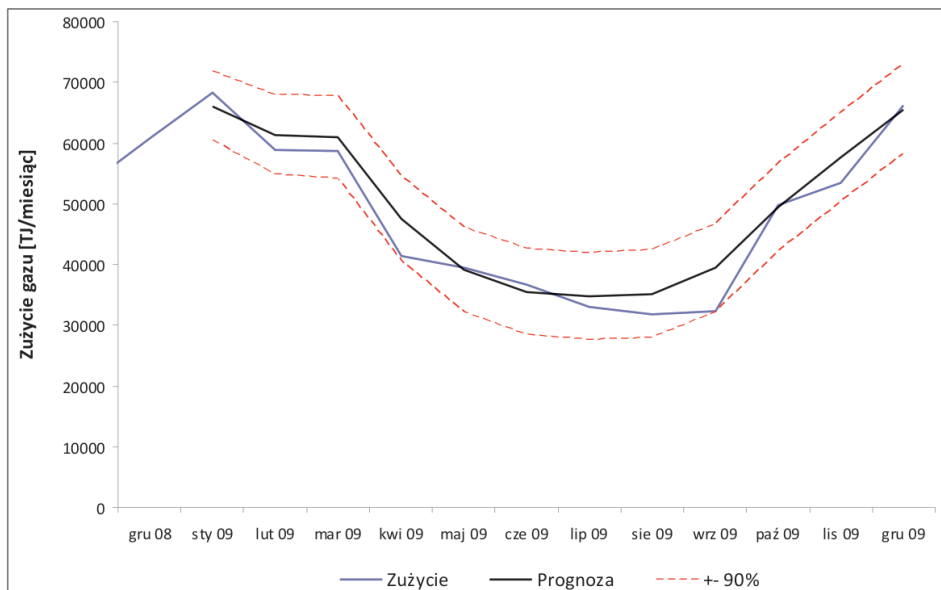
– wyznaczonym w prognozie – powinna znajdować się rzeczywista konsumpcja.

Następnie przygotowano prognozę na lata 2010–2012, która została przedstawiona na rysunkach 10 i 11. Widoczny jest stały wzrost zużycia gazu w okresie prognozy; od nieco ponad 589 tys. TJ w roku 2010, poprzez ponad 596 tys. TJ w roku następnym, do 605,5 tys. TJ w roku 2012.

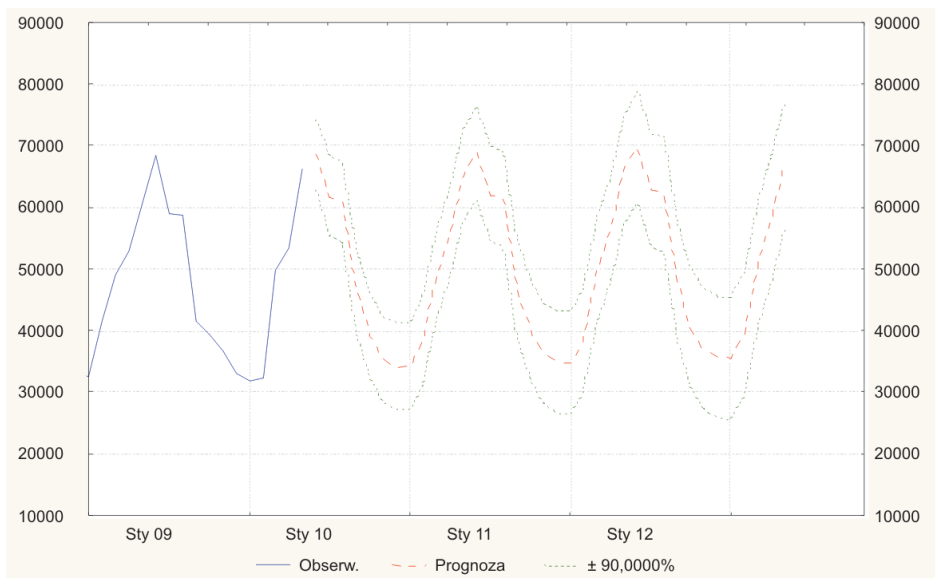
Warto zauważyć, że w kolejnych latach prognozy rozszerza się obszar, w którym z 90-proc. prawdopodobieństwem powinna znaleźć się rzeczywista konsumpcja. Pokazuje to wyraźnie ograniczenia tej metody i pozwala na stwierdzenie, że należy ją stosować dla krótkiego horyzontu czasowego – np. jednego roku. Prognoza ta nie uwzględnia także gwałtownych zmian, które mogą



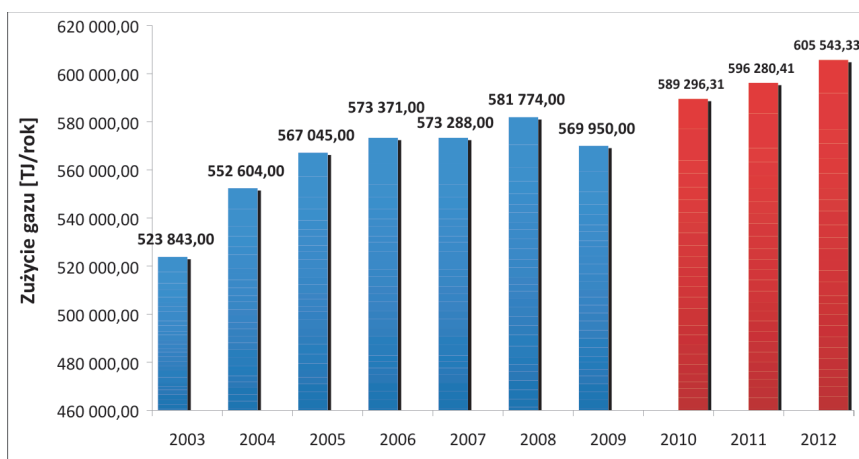
Rys. 8. Prognoza miesięcznego zużycia gazu ziemnego na rok 2009



Rys. 9. Prognoza miesięcznego zużycia gazu ziemnego na rok 2009 oraz rzeczywista konsumpcja



Rys. 10. Prognoza miesięcznego zużycia gazu ziemnego na lata 2010–2012



Rys. 11. Prognoza rocznego zużycia gazu ziemnego na lata 2010–2012

wystąpić na rynku gazu (takich jak np. wzrost zużycia gazu spowodowany rozwojem energetyki gazowej). Nietrudno jednak taką prognozę skorygować oraz uwzględnić rosnącą konsumpcję, gdyż zużycie gazu w energetyce jest łatwe do przewidzenia i cechuje się stabilnym przebiegiem. Wymienione powyżej niedoskonałości metody ARIMA nie powinny przesłonić oczywistych zalet z korzystania z niej, w celu krótkoterminowego prognozowania zużycia gazu ziemnego z uwzględnieniem czynników losowych i trendu.

Przedstawiona w artykule analiza rynku gazowego w Polsce pokazuje, że w ostatnich latach rozwija się on bardzo powoli. Zużycie gazu ziemnego charakteryzuje się słabym trendem wzrostowym i silną sezonowością, która jest mocno skorelowana z temperaturami panującymi w naszym kraju. Około jednej trzeciej zapotrzebowania na gaz ziemny pokrywane jest z wydobycia ze złóż krajowych, a pozostała część pochodzi z importu. Ze względu na ograniczoną elastyczność dostaw importowych i produkcji krajowej konieczne jest wykorzystywanie pojemności czynnych podziemnych magazynów gazu; w okresie letnim do przyjmowania nadwyżek, a w zimowym do pokrywania niedoborów gazu ziemnego.

Zaprezentowano również wykorzystanie metody ARIMA, która z powodzeniem może być wykorzystana do krótkoterminowego prognozowania zużycia gazu ziemnego lub wykorzystania mocy przesyłowych gazociągów, a także do określania poziomu niezbędnych pojemności czynnych podziemnych magazynów,

służących do regulacji sezonowych wahań konsumpcji. Sporządzone prognozy wskazują na wzrost konsumpcji w najbliższych latach, który może dodatkowo ulec wzmocnieniu na skutek rozwoju energetyki opartej na gazie.

Stanowi to jednak pewne wyzwanie, ponieważ wymaga znaczących inwestycji w system przesyłowy i magazynowy – tak, aby zapewnić stabilne dostawy tego surowca, niewrażliwe na zakłócenia techniczne, losowe i polityczne.

Artykuł nadesłano do Redakcji 21.09.2010 r. Przyjęto do druku 11.10.2010 r.

Recenzent: dr inż. Andrzej Froński

Literatura

- [1] Dittman P.: *Prognozowanie w przedsiębiorstwie. Metody i ich zastosowanie*. Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2004.
- [2] Europejski Urząd Statystyczny Eurostat, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>



Dr inż. Piotr KOSOWSKI – adiunkt na Wydziale Wiertnictwa Nafty i Gazu AGH. Absolwent Wydziału Zarządzania AGH. Stopień doktora uzyskał w zakresie górnictwa i geologii inżynierskiej. Autor oraz współautor ponad 40 publikacji.



Dr hab. inż. Jerzy STOPA – profesor nadzwyczajny na Wydziale Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH. Absolwent kierunku Podstawowe Problemy Techniki – specjalność: matematyka stosowana. Stopień dr habilitowanego uzyskał w zakresie inżynierii złożowej i hydrodynamiki podziemnej. Specjalista w zakresie komputerowej symulacji eksploatacji złóż węglowodorów.



Prof. dr hab. inż. Stanisław RYCHLIICKI – profesor zwyczajny na Wydziale Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH. Absolwent Wydz. Geologiczno-Poszukiwawczego AGH. Były Prodziekan i Dziekan Wydziału, obecnie jest Kierownikiem Katedry Inżynierii Naftowej. Od 2008 roku pełni funkcję Przewodniczącego Rady Nadzorczej PGNiG S.A. Autor lub współautor ponad 330 publikacji.