

KAROLINA TURA

WYKORZYSTANIE MODELI DSGE W PROCESIE PROGNOSTYCZNYM NA PODSTAWIE MODELI STOSOWANYCH PRZEZ WYBRANE BANKI CENTRALNE

Models are tools, not sources of definitive answers.

Norges Bank Monetary Policy

All models are abstractions.

Bank of England

I. WSTĘP

Proces prognostyczny podstawowych zmiennych makroekonomicznych jest niezwykle istotny z punktu widzenia stosowanej przez wybrane banki centralne strategii *inflation targeting*. Artykuł opisuje procesy prognostyczne Norges Banku oraz Szwedzkim Banku Narodowym oparte na dynamicznym stochastycznym modelu równowagi ogólnej (Dynamic Stochastic General Equilibrium – DSGE). Modele DSGE stosowane w polityce pieniężnej są nowym i wzbudzającym duże zainteresowanie zagadnieniem. Nie można jednak nie zauważyć stosunkowo dużej roli innych typów modeli wykorzystywanych w procesie prognostycznym i analizach polityki pieniężnej. Przedstawiając proces prognostyczny w norweskim banku centralnym należy wskazać, że główną rolę pełni model NEMO, ale także niezwykle istotne są pozostałe modele wspomagające model główny. Zatem należy zwrócić uwagę na rolę pozostałych modeli ekonometrycznych w procesie prognozowania.

Prace nad konstrukcją i ulepszaniem modeli DSGE w bankach centralnych wciąż trwają, jednakże trzeba zdawać sobie sprawę z tego, iż mimo szeroko zakrojonych prac nad tego typu modelowaniem gospodarki, modele te stanowią wciąż eksperyment. Czy będą one w przyszłości wykorzystywane jako główny model prognostyczny, czy jako model pomocniczy, trudno dokładnie określić¹. Nie sposób bowiem nie zauważyć nowych narzędzi matematycznych, ekonometrycznych i statystycznych, które w przyszłości mogą zostać wykorzystane przez banki centralne. Obecnie stosowanie modelu DSGE staje się poniekąd wyznacznikiem prestiżu banku centralnego.

¹ E. Tovar, *DSGE Models and Central Banks*, „BIS Working Paper”, Monetary and Policy Department, Bank for International Settlements, Basel 2008, s. 1-4.

Artykuł składa się z czterech części. W pierwszej zostały przedstawione przyczyny stosowania modeli w polityce pieniężnej, których podstaw należy szukać w realizacji celu inflacyjnego i przejrzystości prowadzonej polityki monetarnej. Druga w bardzo ogólny sposób wprowadza w tematykę podstaw modelowania polityki pieniężnej. Część trzecia prezentuje podstawy teoretyczne modeli DSGE wykorzystywanych w bankach centralnych. Ostatnia część stanowi przykładowy opis procesu prognostycznego z wykorzystaniem głównego modelu prognostycznego typu DSGE. Klamrą łączącą poszczególne części artykułu są modele wykorzystywane w polityce pieniężnej banków centralnych Szwecji i Norwegii.

II. PODSTAWY FORMALNE STOSOWANIA MODELI W POLITYCE PIENIĘŻNEJ

Obecnie około 20 krajów na wszystkich kontynentach formalnie operuje wariantem określonej strategii celu inflacyjnego. Wykorzystywanie tego typu strategii łączy się z większą niż w innych wypadkach odpowiedzialnością banku centralnego i koniecznością tworzenia klarownych przesłanek dotyczących przewidywań przyszłej inflacji.

Banki centralne Norwegii i Szwecji stosują *flexible inflation targeting*. Jego główne założenia przedstawia schemat 1. Niech hipotetycznie zaburzenie spowoduje wzrost inflacji. W wypadku *strict inflation targeting* bank centralny podejmie decyzje, aby inflacja zbliżyła się do celu inflacyjnego w jak najkrótszym okresie (punkt B), natomiast w wypadku *flexible inflation targeting* bank centralny zastosuje bardziej elastyczną politykę (zwracając uwagę na inne aspekty gospodarki) i cel inflacyjny zostanie osiągnięty w dłuższym okresie (punkt A)².

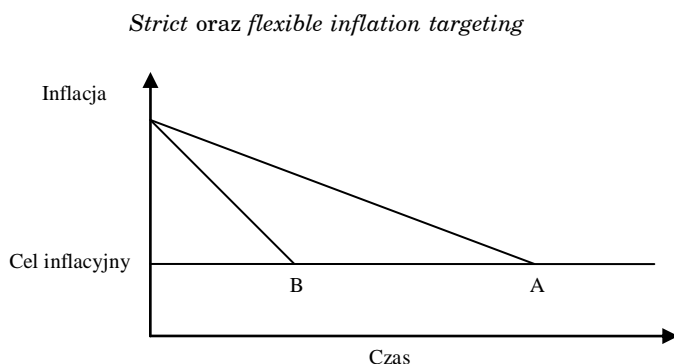
Typowy *flexible inflation target* stosowany jest przez Norges Bank. Jego celem operacyjnym jest utrzymanie rocznego wzrostu wskaźnika CPI na poziomie około 2,5% w pewnym czasie, przy czym ustala on stopę procentową w kierunku celu inflacyjnego w średnim, a nie w krótkim okresie. Czas ten zależy od zaburzeń, na jakie narażona została gospodarka, i prognoz związanych z przyszłą ścieżką nie tylko inflacji, ale i gospodarki³. W przypadku Sveriges Riksbank ta kwestia nie jest już tak jasna. Bank ten stosował wcześniej *strict inflation targeting*, natomiast obecne jego działania obierają kierunek *flexible inflation targeting*. Ponadto centralny bank ten, oprócz dbałości o utrzymanie inflacji na poziomie celu inflacyjnego (2% +/- p.p.), wspiera inne cele, takie jak wzrost gospodarczy czy wysokie zatrudnienie⁴. Należy jednak pamiętać, że *flexible inflation targeting* jest strategią celu inflacyjnego, który jest głównym celem polityki pieniężnej. Stosowanie w jej ramach modeli, które są w stanie opisać gospodarkę jako całość, może być niezwykle pomocne.

² L. Svensson, *Inflation Targeting in an Open Economy: Strict or Flexible Inflation Targeting?*, Institute for International Economic Studies, Stockholm University, Stockholm 1997, s. 13-16.

³ Zob. www.norges-bank.no.

⁴ *Monetary Policy in Sweden*, Sveriges Riksbank, 2010, s. 14-15.

Schemat 1



Źródło: L. Svensson, op. cit., s. 16.

Podjęwane przez komitety monetarne banków centralnych decyzje, oprócz ocen i informacji, powinny mieścić się w pewnych ramach formalnych i technicznych. Ramy formalne obejmują określony schemat podejmowania decyzji przez komitety monetarne, przy zachowaniu odpowiedniego stopnia przejrzystości prowadzonej polityki, ujęty w dokumentach banków centralnych. Z kolei ramy techniczne określają narzędzia wspomagające ten proces, takie jak modele makroekonomiczne, ekonometryczne i statystyczne. W rzeczywistości modele te stosowane są w sposób spójny i służą do konstrukcji bądź są przesłankami konstrukcji symulacji i prognoz głównych wielkości ekonomicznych. Stosowanie strategii celu inflacyjnego wymaga bowiem badania przyszłości i możliwych sytuacji ekonomiczno-społecznych.

Pełna, idealna przejrzystość prowadzonej polityki pieniężnej obejmuje prezentację prognoz i przewidywanie określonych zmiennych makroekonomicznych (np. inflacji, PKB, stopy procentowej), opis reakcji banku centralnego na wybrane zaburzenia oraz opis kryteriów leżących u podstaw funkcji reakcji polityki pieniężnej⁵. Realizacja i prezentacja prognoz zmiennych makroekonomicznych wraz z obszarem towarzyszących im niepewności stanowi niezwykle istotny element prowadzonej polityki pieniężnej banków centralnych. Tego typu przewidywania zawierają dokumenty większości banków centralnych stosujących strategię bezpośredniego celu inflacyjnego.

Ogólnie przygotowywane przez banki centralne prognozy pełnią dwie podstawowe funkcje. Po pierwsze, określenie rocznego celu inflacyjnego przez bank centralny implikuje odpowiedzialność banku wobec podmiotów gospodarczych odnośnie do podejmowanych decyzji i wykonywanych działań. Stąd też prognozy nie tylko prezentują obecną i możliwą przyszłą wielkość określonych zmiennych, w tym inflacji, ale także uzasadniają podejmowane decyzje. Można

⁵ A. Holmsen, J. Qvigstad, Ø. Røisland, K. Solberg-Johansen, *Communicating Monetary Policy Intentions: The Case of Norges Bank*, Working Paper, 2008/20, Monetary Policy Department, Norges Bank 2008, s. 5.

Tabela 1

Ogólne informacje na temat banków centralnych Norwegii i Szwecji

	Norwegia	Szwecja
Bank centralny	Norges Bank	Sveriges Riksbank
Strategia	Roczny wzrost CPI 2,5% +/- 1 p.p. <i>Flexible targeting inflation</i>	Roczny wzrost CPI 2% +/- 1 p.p. <i>Flexible targeting inflation</i>
Data wprowadzenia celu inflacyjnego	2001	1993
Deklaracja dotycząca przejrzystości	Tak	Tak
Publikacja prognoz	<i>Monetary Policy Report</i>	<i>Inflation Report</i> <i>Monetary Policy Report</i>
Częstotliwość	Trzy razy w roku	Trzy razy w roku
Model DSGE	NEMO	RAMZES

Źródło: www.riksbank.com; www.norges-bank.no; *Monetary Policy Report*, Reports from the Central Bank of Norway No. 4/2010, s. 10-40; *Monetary Policy Report* No. 1/2011, February 2011, Sveriges Riksbank, s. 7-60; *Monetary Policy in Sweden*, Sveriges Riksbank, 2010, s. 11-13.

zasugerować nawet, że są one rodzajem rozliczenia banku centralnego z decydentami w kwestii osiągniętego bądź nieosiągniętego celu inflacyjnego. Ponadto żaden z *policy makers* nie powinien sam ponosić odpowiedzialności za podejmowane decyzje dotyczące polityki pieniężnej, jeżeli nie są one oparte na konkretnych przesłankach, którymi w tym wypadku są analizy kontrfaktyczne i prognozy z modelu. Publikowane prognozy inflacji zapewniają otwartą i usystematyzowaną komunikację z opinią publiczną. Ta cecha stanowi nie tylko o przejrzystości prowadzonej polityki, lecz także o zmianie podejścia w stosunku do pozostałych podmiotów. Druga główna funkcja przygotowywanych przez banki centralne prognoz dotyczy bardziej technicznego aspektu. Z punktu widzenia decydentów polityki służą one do organizowania, informowania członków RPP oraz ukierunkowują ich dyskusje i sposób myślenia. Stanowią podstawę organizacyjną pracy RPP, zwracając uwagę na określone informacje i możliwość głębszego rozważenia pewnych zagadnień w gronie ekspertów⁶. Tabela 1 przedstawia generalne informacje na temat Norges Banku oraz Sveriges Riksbanku z punktu widzenia stosowanej strategii polityki pieniężnej oraz przejrzystości prowadzonej polityki.

Norweski bank centralny i szwedzki bank centralny publikują prognozy zmiennych makroekonomicznych trzy razy w roku w raporcie polityki pie-

⁶ R. Lomax, *Inflation Targeting in Practice: Models, Forecasts, and Hunches*, 59th International Atlantic Economic Conference in London, London 2005, s. 2-6.

nieżnej (*Monetary Policy Report* – MPR), natomiast decyzje dotyczące stóp procentowych są podejmowane zazwyczaj na spotkaniu rady polityki pieniężnej co sześć tygodni. Bank centralny Szwecji podejmuje decyzje dotyczące stopy procentowej osiem razy w roku⁷. Raporty obu banków centralnych są do siebie bardzo podobne. Ponadto zawarte są w nich porównania prognoz rozwoju gospodarki Szwecji i Norwegii. Raport polityki pieniężnej norweskiego banku centralnego zawiera prognozy zmiennych makroekonomicznych dla norweskiej ekonomii i przedstawia założenia dotyczące podejścia do polityki monetarnej, włączając w to ścieżkę centralną dla przyszłej stopy procentowej.

W pierwszym rozdziale MPR omawia się dyskusję dotyczącą założeń i kryteriów, na podstawie których skonstruowano przyszłą ścieżkę stopy procentowej w odniesieniu do celów prowadzonej polityki pieniężnej⁸. Sveriges Riksbank od 1995 r. do stycznia 2007 r. publikował *Inflation Report*, w którym od 1997 r. prezentowano prognozę inflacji⁹. Publikowana w nim prognoza stóp procentowych pochodziła z krzywych dochodowości rynku, natomiast w 2007 r. została ona zastąpiona własną prognozą banku, opartą na aktualnej prognozie i opiniach zarządu dotyczących ścieżek przyszłej stopy procentowej. Od 15 lutego 2007 r. w MPR publikowana jest ścieżka stopy repo wraz z wachlarzem jej niepewności (*fan chart*). W rozdziale pierwszym MPR przedstawia się dyskusję dotyczącą prognozy i jej porównanie z poprzednim raportem, w drugim – alternatywne scenariusze, a w trzecim – aktualną sytuacją gospodarczą. Norges Bank od listopada 2005 r. także publikuje w MPR prognozy stopy procentowej wraz z wachlarzem niepewności¹⁰. W obu bankach publikowane są prognozy zmiennych dla trzech następujących lat. Ponadto podawane są tabelarycznie wartości ścieżki centralnej prognozy w poszczególnych latach. W przypadku norweskiego banku centralnego publikowane są również prognozy na trzy następne kwartały uzyskiwane z systemu SAM (system uśredniania prognoz). W MPR przedstawiona jest także długookresowa prognoza stopy procentowej banku centralnego wraz z główną ścieżką stopy oraz jej alternatywnymi scenariuszami. Tego typu podejście różni się od podejścia stosowanego przez niektóre banki centralne, na przykład Bank of England. Stosuje on strategię celu inflacyjnego, ale publikuje *Raport o inflacji*, w którym zawarte są krótkookresowe prognozy inflacji i PKB, natomiast nie ma informacji na temat przyszłej stopy procentowej. W odniesieniu do strategii celu inflacyjnego bank centralny podejmuje decyzje dotyczące stopy procentowej w celu utrzymania inflacji na poziomie celu inflacyjnego. Zatem część banków centralnych, w tym Narodowy Bank Polski i Bank Anglii, nie przedstawia prognoz stopy procentowej, wychodząc z założenia, iż bank centralny prognozowałby swoje decyzje. Natomiast projekcje stopy procentowej norweskiego i szwedzkiego banku centralnego stanowią jedynie istotną wskazówkę dla RPP

⁷ L. Heikensten, A. Vredin, *The Art of Targeting Inflation*, „Sveriges Riksbank Economic Review” 2002, nr 4, s. 20-25.

⁸ L. Brubakk, T. Anders Husebø, J. Maih, K. Olsen, M. Østnor, *Finding NEMO: Documentation of the Norwegian Economy Model*, „Staff Memo Monetary Policy”, No. 2006/6, Norges Bank, Oslo 2006, s. 7-8.

⁹ L. Heikensten, A. Vredin, op. cit., s. 20-25.

¹⁰ *Central Bank Monitoring*, March 2007, Monetary and Statistics Department, Monetary Policy and Strategy Division, Česká Národní Banka, s. 1-4.

i opinii publicznej, ponieważ upłynie wiele czasu, zanim polityka monetarna będzie miała pełny wpływ na inflację i stopę procentową¹¹. Wiąże się to – z jednej strony – z niezakończonym działaniem mechanizmu transmisji monetarnej, z drugiej – z faktem, że skutki tego oddziaływania można obserwować po upływie około 2-3 lat. Ponadto główna ścieżka inflacji jest rezultatem modelu, opinii i założeń, a przedstawiana jest w raportach wraz z jej alternatywnymi scenariuszami. Podsumowując, główna ścieżka stopy procentowej jest tylko prognozą uzyskaną z dużą dozą niepewności, a nie obietnicą banku centralnego¹². Tabela 2 przedstawia aktualne publikacje prognoz (wraz z *fan chart*) głównych zmiennych makroekonomicznych zawarte w *Monetary Policy Reports* z 2010 r. w szwedzkim i norweskim banku centralnym.

Tabela 2

Prognozy głównych zmiennych makroekonomicznych zawarte w MPR

	Norges Bank	Sveriges Riksbank
Prognoza krótkookresowa na trzy kwartały	CPI-ATE-CPI bez podatków i wykluczając tymczasowe zmiany w cenach energii	brak
	<i>Mainland GDP</i>	
Prognoza długookresowa na trzy lata	CPI	CPI
	Stopa procentowa	Stopa procentowa
	CPIXE-CPI bez podatków i wykluczając tymczasowe zmiany w cenach energii	CPIF-CPI o stałej stopie procentowej
	<i>output gap</i> (luka popytowa)	PKB
		bezrobocie

Źródło: opracowanie własne.

W każdym procesie decyzyjnym modele i prognozy stanowią nieoceniony wkład w proces podejmowania decyzji. Głównym problemem polityki pieniężnej w bankach centralnych Norwegii i Szwecji jest to, jak uzyskać i utrzymać stabilność finansową. Dobrze dobrane modele powinny ułatwić sprecyzowanie problemów ekonomicznych, zwracając uwagę na wpływ najistotniejszych czynników, oraz usprawnić pracę RPP. Stąd też wynika przeświadczenie, że polityka pieniężna potrzebuje modeli ekonomicznych¹³. Kluczowe pytanie, na które starają się znaleźć odpowiedź *policy makers*, brzmi: jaka powinna być obecnie

¹¹ K. Hallsten, S. Tägtström, *The Decision-Making Process – How the Executive Board of the Riksbank Decides on the Repo Rate*, „Economic Review” 2009, nr 1, Sveriges Riksbank 2009, s. 79.

¹² *Monetary Policy Report*, Sveriges Riksbank, No. 1/2011, s. 9.

¹³ *Economic Models at the Bank of England*, Bank of England 1999, s. 3-4.

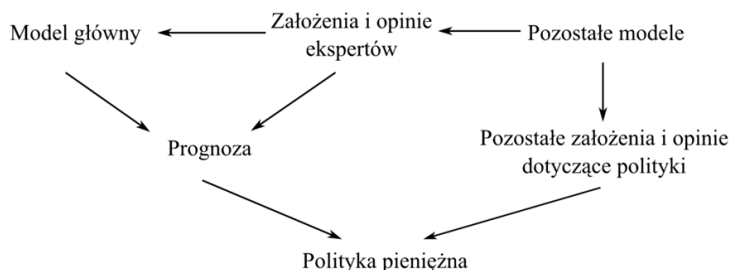
i w przyszłości stopa procentowa, aby jak najlepiej gwarantowała osiągnięcie wyznaczonych celów ekonomicznych? Wykorzystywany przez bank centralny model musi być zawsze oceniany przez pryzmat tego, jak bardzo jest użyteczny w prowadzeniu polityki pieniężnej. Stanowi to podstawowe kryterium wyboru modelu. Dobrze sformułowany model polityki pieniężnej musi posiadać pewne podstawowe cechy:

- powinien być oparty na dokładnie sprawdzonej empirycznej analizie tworzącej w modelu zależności ekonomiczne,
- powinien wprowadzać odpowiednią strukturę i dyscyplinę w procesie prognostycznym i analizie polityki,
- powinien zwracać uwagę na odpowiednie, choć trudno zauważalne i nieoczywiste zależności¹⁴.

Schemat 2 przedstawia proces podejmowania decyzji dotyczących polityki monetarnej z punktu widzenia wykorzystania różnych źródeł informacji w Bank of England. Wykorzystywany jest w nim jeden podstawowy model prognostyczny (BEQM) należący do modeli DSGE. Jest to bardzo ogólne zobrazowanie całego procesu, który podobnie przeprowadzany jest w bankach centralnych Szwecji i Norwegii.

Schemat 2

Proces podejmowania decyzji dotyczących polityki monetarnej z punktu widzenia wykorzystania różnych źródeł informacji w Bank of England



Źródło: *Economic Models at the Bank of England*, Bank of England 1999, s. 7.

III. MODELE STOSOWANE W POLITYCE PIENIĘŻNEJ

Obecnie banki centralne korzystają z modeli konstrukcji prognoz wybranych zmiennych makroekonomicznych, symulacji reakcji gospodarki na określone wstrząsy i alternatywnych scenariuszy polityki monetarnej¹⁵. W procesie

¹⁴ L. Brubakk, T. Anders Husebø, J. Maih, K. Olsen, M. Østnor, op. cit., s. 6.

¹⁵ S. Štefanovičová, J. Zeman, *Model Use in Central Banks of Selected European Countries*, „Banking Journal” 18, 2010, March, Nařodná Banka Slovenska, s. 3.

Tabela 3

Zadania stawiane przed modelami wykorzystywanymi obecnie przez banki centralne

Zadanie	Opis	Uzasadnienie
Identyfikacja wstrząsów oraz prognozowanie	1. Potrzeba przewidywać dotyczących przyszłości. 2. Opracowywanie prognoz zmian i rozwoju ekonomicznego.	1. Mechanizm transmisji monetarnej ma największy wpływ na inflację w okresie najbliższych 2-3 lat. 2. Potrzeba identyfikacji sił napędzających zmiany ekonomiczne i przewidywanie zachowań w warunkach występującej nierównowagi. 3. Potrzeba aktywnego i zewnętrznego definiowania stanu stacjonarnego gospodarki.
Analizy ryzyka i prowadzonej polityki monetarnej	1. Prezentacja i opis ryzyk wokół centralnej ścieżki projekcji.	1. Próba przedstawienia problemu niepewności w podejmowanych przez RPP decyzjach. 2. Możliwość przedstawienia i prowadzenia systematycznej dyskusji nad zależnościami ekonomicznymi, implikacjami, alternatywnymi założeniami i rodzajami ryzyka.
Komunikacja	1. Analiza efektywności kanału oczekiwań inflacyjnych w mechanizmie transmisji monetarnej.	1. Przejrzystość, otwarta komunikacja i jasno przedstawiona, wraz z obrazem towarzyszącej jej niepewności, prognoza, pomaga zrozumieć podmiotom decyzje banku centralnego. 2. Podmioty te odpowiadają na nowo uzyskane informacje, ustosunkowują się do decyzji i realizacji celów oraz zadań banku centralnego.

Źródło: L. Brubakk, T. Anders Husebø, J. Maih, K. Olsen, M. Østnor, op. cit., s. 6-8.

doboru i konstrukcji modelu wykorzystywanego w polityce pieniężnej brane są pod uwagę zadania, jakie będą na tym modelu spoczywać¹⁶. Przedstawia je tabela 3. Są to przykładowe aktualne zadania stawiane przed modelem DSGE norweskiego banku centralnego, które wpisują się w potrzebę stosowania obecnie modeli tego typu w polityce pieniężnej.

Modelowanie ekonomiczne wykorzystywane w polityce pieniężnej powinno stanowić konsensus pomiędzy spójnością teoretyczną i empiryczną. Wykorzystywany model – będący jednocześnie modelem idealnym – powinien:

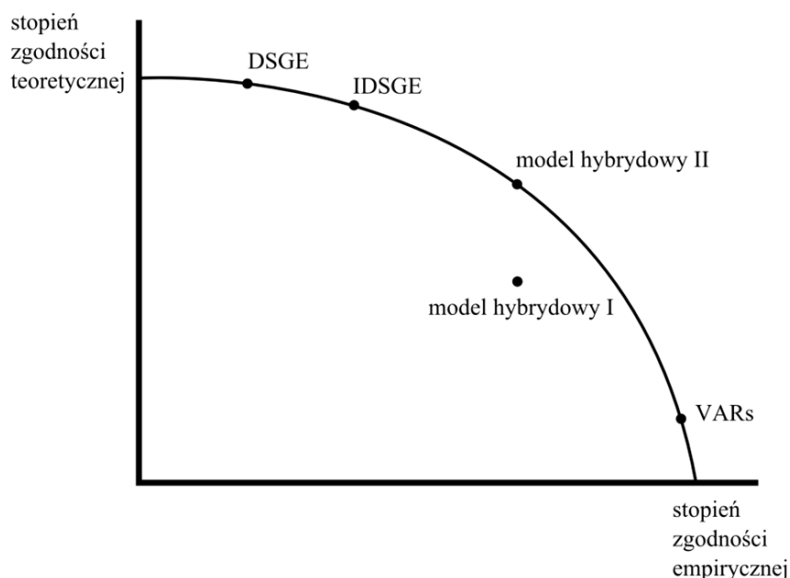
¹⁶ L. Brubakk, T. Anders Husebø, J. Maih, K. Olsen, M. Østnor, op. cit., s. 6.

- charakteryzować się wysokim stopniem spójności teoretycznej,
- umożliwiać przeprowadzanie analiz ekonomicznych dotyczących określonych zagadnień oraz
- być spójny z danymi empirycznymi¹⁷.

Schemat 3 prezentuje zagadnienie konsensusu na gruncie spójności empirycznej i teoretycznej typów modeli stosowanych w polityce pieniężnej¹⁸. Analizując schemat, należy zdawać sobie sprawę, że żaden model nie jest w stanie w pełni zobrazować sytuacji gospodarczej. Każdy z typów modeli przedstawionych na schemacie był (bądź jest obecnie) wykorzystywany w poli-

Schemat 3

Zagadnienie konsensusu na gruncie spójności empirycznej i teoretycznej typów modeli stosowanych w polityce pieniężnej



Źródło: A. Pagan, op. cit., s. 9.

tyce pieniężnej, poza tym w całym procesie prognostycznym korzysta się z wielu różnego typu modeli (opisano je w pkt IV). Natomiast istotny jest wykorzystywany podstawowy model prognostyczny. Część banków centralnych, w tym Polska (model Necmod), jako główny stosuje model hybrydowy, a część – dynamiczny stochastyczny model równowagi ogólnej. Z pewnością modele typu DSGE są modelami młodszymi, które dopiero zaczynają znajdować zastosowanie w polityce pieniężnej.

¹⁷ A. Pagan, *Report on Modelling and Forecasting at the Bank of England*, Bank of England, 2003, s. 1-9.

¹⁸ Ibidem.

Siłą napędową rozwoju nowych modeli makroekonometrycznych w XX w. były w głównej mierze problemy z identyfikacją strukturalną i statystyczną modelu¹⁹. Tabela 4 prezentuje etapy konstrukcji poszczególnych modeli z punktu widzenia problemów z identyfikacją.

Tabela 4

Etapy konstrukcji poszczególnych modeli z punktu widzenia problemów z identyfikacją

Model	Identyfikacja statystyczna	Identyfikacja strukturalna
Tradycyjny model strukturalny	Krytyka Hendry'ego (1976) i Qina (1993). Problemy ze statystyczną oceną jakości modeli. Brak diagnozy błędów specyfikacji. Modele nie zawsze były w stanie „[...] wiernie replikować własności statystycznych procesów, których dynamikę miały reprezentować”.	Krytyka Lucasa (1976). Krytyka Simsa (1980). „Żadna zmienna nie może uchodzić za egzogeniczną w świecie podmiotów gospodarczych, które antycypują przyszłe wydarzenia i których zachowanie oparte jest o optymalizację międzyokresową”. Skupienie na identyfikacji strukturalnej.
Modele VAR	Rozwiązanie większości problemów. Skupienie na identyfikacji statystycznej.	VAR – niestrukturalne modele wektorowej autoregresji. Rozwiązanie części problemów stanowią modele SVAR, SVECM.
DSGE	Mniejsza jakość statystyczna modelu, ale postać zredukowana ma strukturę VAR.	Podstawę stanowi teoria ekonomii.

Źródło: G. Grabek, B. Kłos, G. Koloch, *SOE^{PL-2009} – Model DSGE małej otwartej gospodarki estymowany na danych polskich. Specyfikacja, oceny parametrów, zastosowania*, NBP, Warszawa 2010, s. 14-17.

Wszystkie modele są pewnym rodzajem abstrakcji – niewystarczająco dokładnym przedstawieniem rzeczywistości gospodarczej. Jednakże i tak najważniejszym kryterium oceny wykorzystywanego modelu jest ocena jego wyników, czy to z punktu widzenia wykonywanych analiz i symulacji, czy prognoz. Najistotniejszą cechą jest oczywiście rzetelność²⁰. Tabela 5 prezentuje ogólne kryteria oceny modeli stosowanych przez banki centralne.

Analizując schemat 2 przedstawiony przez prezesa Bank of England, A. Pagana, tabelę 4 określającą problemy z identyfikacją oraz kryteria oceny modeli z punktu widzenia modeli DSGE, można dojść do następujących wniosków. Modele DSGE w porównaniu z pozostałymi prezentują stosunkowo wysoki stopień zgodności teoretycznej. Największą zgodnością empiryczną charakteryzują się modele VAR. W modelach DSGE natomiast postać zredukowana ma strukturę VAR. Stąd też stanowią one rodzaj konsensusu pomiędzy identyfikacją strukturalną i statystyczną. W części IV artykułu, opisującej proces uzyskiwania prognoz z wykorzystaniem modeli DSGE, podkreślono, że prognoza ostateczna jest często wynikiem połączenia prognozy

¹⁹ G. Grabek, B. Kłos, G. Koloch, op. cit., s. 15.

²⁰ E. Tovar, op. cit., s. 17.

Tabela 5

Ogólne kryteria oceny modeli stosowanych przez banki centralne

Ocena modelu	Opis
Zrozumiałość	Im większy model, tym większa liczba parametrów do wyestymowania i więcej zależności pomiędzy zmiennymi. Wielkość modelu może utrudniać zwrócenie uwagi na czynniki wpływające na określone rezultaty.
Racjonalność	Model powinien pasować do danych. Zachowanie zgodności modelu zarówno pod względem teorii ekonomii, jak i rzeczywistości gospodarczej.
Elastyczność	Zdolność modelu do dostosowywania się do zmian w podejściu do gospodarki stosowanym przez politymakers oraz wprowadzania tych zmian i opinii ekspertów.
Rzetelność	Przedstawiają stosunkowo dokładny obraz rzeczywistości gospodarczej. Uzyskiwane na ich podstawie analizy i prognozy są względnie trafne.

Źródło: E. Tovar, op. cit., s. 17-18.

uzyskanej z modelu DSGE i modeli typu VAR i BVAR. Zatem opracowywane obecnie prognozy nie są wyłącznym wynikiem modelu DSGE. Z tabeli 5 wynika, że modele DSGE zachowują stosunkowo wysoki stopień racjonalności. Mają one na celu przedstawienie gospodarki jako całości, a nie tylko poszczególnych jej elementów. W swojej strukturze są spójne. Modele równowagi ogólnej określają mechanizm rynkowy poprzez balans pomiędzy popytem a podażą na różnych rynkach. Jeżeli poszczególna zmienna ulegnie zmianie, cały system dostosuje się do zmiany, zatem modele DSGE, ze względu na swoją strukturę, są bardzo elastyczne. Jest to ewidentna zaleta dla modeli wykorzystywanych w polityce pieniężnej, która zdecydowanie ułatwia proces podejmowania decyzji przez komitety monetarne. Modele DSGE w porównaniu z modelami hybrydowymi stosowanymi w polityce pieniężnej są o wiele prostsze, co wpływa na ich zrozumiałość. Prace nad modelami hybrydowymi miały swoje początki w latach 70. minionego wieku, natomiast badania nad modelami DSGE prowadzone są od około 20 lat. W porównaniu z pozostałymi modelami wykorzystywanymi w polityce pieniężnej stosowane są bardzo krótko, trudno zatem określić stopień ich rzetelności.

IV. MODELE DSGE STOSOWANE W POLITYCE PIENIĘŻNEJ

Dynamiczne stochastyczne modele równowagi ogólnej stanowią obecnie narzędzie polityki pieniężnej, które jest w stanie opisać mechanizm transmisji monetarnej, poczynając od impulsu monetarnego (decyzji dotyczących polityki pieniężnej) aż do reakcji głównych zmiennych makroekonomicznych²¹. Stąd też

²¹ R. Kokoszczyński, *Współczesna polityka pieniężna*, PWE, Warszawa 2004, s. 191-192.

modele DSGE stanowią niezwykle silne narzędzie zapewniające spójną podstawę wykonywania analiz i formułowania prognoz polityki pieniężnej. W szczególności wpływają na proces identyfikacji źródeł wahań, odpowiadają na pytania dotyczące zmian strukturalnych, przewidują zmiany w polityce pieniężnej i gospodarczej, przeprowadzają analizy i kontrfaktyczne eksperymenty²². Eksperymenty kontrfaktyczne przedstawiają alternatywne scenariusze przyszłych zachowań gospodarki, to znaczy „co by było gdyby” i pozwalają na ocenę przeszłej i bieżącej sytuacji gospodarczej. Modele DSGE wykorzystywane jako główne narzędzie analityczne w bankach centralnych pozwalają na realizację symulacji obrazującej wpływ szoku, jakiemu poddano stopę procentową, na inflację i PKB.

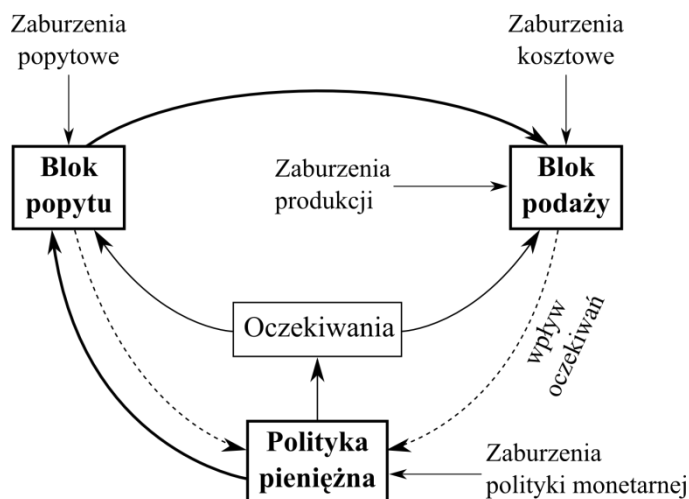
Schemat 4 przedstawia bardzo ogólną przykładową strukturę modeli DSGE wykorzystywanych w polityce pieniężnej. Zaprezentowano na nim trzy podstawowe elementy: bloki struktur, oczekiwania dotyczące przyszłych wielkości i zaburzenia stochastyczne. Część blokowa składa się z trzech powiązanych ze sobą elementów (blok podaży, blok popytu i równanie polityki monetarnej). Opisana poniżej struktura została ograniczona do opisu zmian inflacji, PKB i krótkookresowej stopy procentowej. Blok popytu określony został poprzez funkcję realnej stopy procentowej *ex ante*, czyli nominalnej stopy procentowej pomniejszonej o oczekiwaną inflację i przewidywaną przyszłą aktywność gospodarczą. Determinuje on realną aktywność gospodarczą podmiotów. Blok podaży określono natomiast poprzez poziom rzeczywistej aktywności gospodarczej i oczekiwaną inflację. Determinuje on inflację. Równanie polityki monetarnej określone jest zazwyczaj poprzez funkcję inflacji i rzeczywistej aktywności gospodarczej. Bloki modelu są ze sobą powiązane i tworzą spójną całość. W dużym uproszczeniu – blok popytu prezentuje zależność pomiędzy tymczasową wielkością realnej stopy procentowej a wyborami podmiotów, pomiędzy oszczędzaniem a konsumpcją i inwestowaniem, przy czym niezależnie od poziomu stopy procentowej wydają one więcej, gdy perspektywy gospodarcze są obiecujące. Odczytany z bloku popytu poziom aktywności gospodarczej jest wykorzystywany dalej w bloku podaży i wraz z oczekiwaniami dotyczącymi przyszłej inflacji wpływa na ustalenie inflacji. Zdeterminowane wielkości produkcji i inflacji wpływają na blok polityki pieniężnej. Przedstawione tam zależności określają sposób ustalania przez bank centralny stopy procentowej. W ten sposób cykl się zamyka. Przedstawiony został zatem model zależności pomiędzy wybranymi zmiennymi endogenicznymi (inflacja, produkcja i nominalna stopa procentowa). Modele DSGE są modelami dynamicznymi, stąd też – jak widać na zamieszczonym poniżej schemacie – występują interakcje pomiędzy poszczególnymi blokami. W szczególności niezwykle ważną rolę grają oczekiwania co do przyszłych wielkości gospodarczych, które są obecne na każdym etapie i stanowią podstawowy wyznacznik wyników modelu. W tym przypadku oczekiwania przyszłej inflacji, produkcji i stopy procentowej zależą zarówno od bieżącej, jak i przyszłej polityki pieniężnej. Ponadto ze schematu wynika, że prowadzona polityka pieniężna ma duży wpływ na kształtowanie się

²² E. Tovar, op. cit., s. 1-4.

oczekiwań. Są one podstawowym kanałem jej wpływu na gospodarkę. Modele DSGE są modelami stochastycznymi. Na modelowaną gospodarkę wpływają zaburzenia, które wytrącają ją ze stanu równowagi²³.

Schemat 4

Podstawowa struktura modeli DSGE



Źródło: M. Sbordone, A. Tambalotti, K. Rao, K. Walsh, op. cit., s. 25.

Równania, które definiują opisane bloki przykładowego uproszczonego modelu DSGE wykorzystywanego do analiz polityki pieniężnej, mają swoje źródło w mikropodstawach²⁴. W modelach DSGE punktem wyjścia jest przyjęcie założenia, że mechanizmy kształtujące reguły decyzyjne podmiotów gospodarczych kształtowane są *explicite*. Stanowią one wynik procesów optymalizacyjnych zachodzących w stochastycznym środowisku. Wyróżnia się cztery grupy podmiotów, tak zwanych agentów: gospodarstwa domowe, przedsiębiorstwa, rząd i bank centralny. Podmioty gospodarcze przy dostępnej informacji decydują o wykorzystaniu dóbr, usług i aktywów (finansowych i niefinansowych), a ich decyzje są najlepsze z możliwych przy zadanych ograniczeniach. Mają na nie wpływ wprowadzane do modelu czynniki, takie jak ograniczenia budżetowe, warunki równowagi czy dostępność technologii. Należy także zwrócić uwagę na międzyokresowość procesu decyzyjnego,

²³ M. Sbordone, A. Tambalotti, K. Rao, K. Walsh, *Policy Analysis Using DSGE Models: An Introduction*, „FRBNY Economic Policy Review” 2010, October, s. 23-26.

²⁴ Ibidem, s. 23.

możliwość rozłożenia skutków podejmowanych decyzji w czasie. Gospodarstwa domowe optymalizują swój dobrobyt, czyli zdyskontowany strumień oczekiwanej użyteczności, przy czym zadana jest struktura preferencji podmiotów. Z kolei przedsiębiorstwa maksymalizują swój oczekiwany zysk. W przypadku rządu i banku centralnego reguły decyzyjne są w większości modeli DSGE określone *ad hoc*²⁵. Tabela 6 prezentuje opis agentów.

Tabela 6

Agenci w modelach DSGE

Podmiot	Opis
Gospodarstwa domowe	Gospodarstwa domowe decydują, ile konsumować i inwestować, ile pracować, by osiągnąć aktywa.
Przedsiębiorstwa	Przedsiębiorstwa zatrudniają pracowników, wykorzystują kapitał i decydują, ile produkować i za jaką cenę.
Rząd	Rząd podejmuje decyzje dotyczące wydatków publicznych, podatków, transferów oraz długu publicznego.
Bank centralny	Bank centralny wpływa na nominalną stopę procentową.

Źródło: F. Smets, R. Wouter, *An Estimated Stochastic Dynamic General Equilibrium Model of the Euro Area*, w: European Central Bank Working Series nr 171, w: *International Seminar of Macroeconomics*, EBC 2002, s. 10.

W modelach DSGE wykorzystywanych przez banki centralne uwzględniono występowanie równowagi krótkookresowej oraz równowagi długookresowej. Równowaga krótkookresowa dotyczy założenia, że w każdym punkcie gospodarka jest w równowadze ogólnej w sensie Walrasa i że mechanizm kreowania oczekiwań podmiotów gospodarczych jest racjonalny. Natomiast równowaga długookresowa w modelu DSGE jest tożsama ze stanem stacjonarnym modelu, tak zwanym *steady state*. Związana jest ze stacjonarnością modelu, czyli powracaniem modelowej gospodarki do stanu ustalonego po wystąpieniu określonego szoku strukturalnego. Jest to możliwe, gdyż równowaga długookresowa dotyczy *stricte* modelu i stanowi punkt stały odwzorowania określającego dynamikę postaci zredukowanej. Zgodnie z powyższym stan równowagi długookresowej w modelowanej gospodarce występuje, gdy wszystkie zmienne modelu rosną w tych samych odstępach czasu według stałych stóp wzrostu, a gospodarka jest z niego wytracona, gdy pojawią się zaburzenia stochastyczne. Najczęściej branymi pod uwagę szokami są szoki technologiczne, szoki preferencji lub zmiana polityki monetarnej. Modele typu DSGE służą głównie do badania reakcji gospodarki na szoki²⁶.

Podsumowując, modele DSGE posiadają wewnętrznie spójną strukturę teoretyczną, a występujące w modelach równania ruchu wyprowadzane są na

²⁵ G. Grabek, B. Kłos, G. Koloch, op. cit., s. 14-17.

²⁶ Ibidem, s. 18.

zasadzie rozwiązań międzyokresowych problemów optymalizacyjnych agentów na oczyszczających się rynkach²⁷.

Wykorzystywane w polityce pieniężnej modele DSGE różnią się ekonomicznymi charakterystykami związanymi z odmiennym podejściem do różnych nurtów makroekonomii. Najważniejsze postulaty przedstawia tabela 7.

Tabela 7

Podejście do modelowania DSGE

Podejście	Opis
Teoria realnego cyklu koniunkturalnego	Źródłem fluktuacji wielkości zatrudnienia i produktu są trwałe szoki podażowe. Cykl koniunkturalny określa optymalną ścieżkę agregatów pieniężnych. Szoki technologiczne stanowią podstawową przyczynę wahań gospodarczych. Występuje neutralność pieniądza w czasie.
Nowa synteza neoklasyczna	Keynesowskie tłumaczenie wahań zatrudnienia i produkcji na mikropodstawach. Założenie o niedoskonałej konkurencji. Założenie o istnieniu kosztów dostosowań cenowych. Międzyokresowa optymalizacja oraz racjonalne oczekiwania oparte na nowej ekonomii klasycznej. Model równowagi ogólnej pozbawiony sztywności.
Nowa ekonomia keynesowska	Niedoskonała konkurencja. Założenie lepkości płac i cen wyjaśnione poprzez koszty zmian cen. Racjonalne oczekiwania. Model równowagi ogólnej ze sztywnościami nominalnymi.
Nowa otwarta makroekonomia	Otwartość gospodarki może oznaczać konieczność dodatkowego wprowadzenia kanału kursu walutowego do mechanizmu transmisji polityki pieniężnej. Gospodarka podlega zarówno wstrząsom krajowym, jak i zagranicznym.

Źródło: R. Kokoszcyński, op. cit., s. 41-56; G. Grabek, B. Kłos, G. Koloch, op. cit., s. 14-17.

Intensywne prace badawcze dotyczące konstrukcji teoretycznej, specyfikacji oraz estymacji modeli DSGE prowadzone są od około 15 lat. Większość banków centralnych stosujących strategię celu inflacyjnego już taki model posiada bądź jest w trakcie jego opracowywania. Zdarza się także, że bank centralny korzysta z kilku modeli typu DSGE. Tabela 8 przedstawia modele DSGE stosowane przez wybrane banki centralne.

Model DSGE szwedzkiego banku centralnego RAMZES (Riksbank Aggregate Macromodel for Studies of the Economy of Sweden) wykorzystywany jest od 2005 r., a model NEMO (Norwegian Economy Model) norweskiego banku centralnego od 2007 r. Oba modele są neokeynesowskimi modelami małej otwartej gospodarki.

²⁷ Ibidem, s. 19.

Tabela 8

Modele DSGE stosowane przez wybrane banki centralne

Bank centralny	Model DSGE	Rodzaj modelu	Wykorzystanie
Bank of England	BEQM	Model główny	Prognozy, analizy
	DSGE	Model pomocniczy	Prognozy, analizy (Europa, Stany Zjednoczone, Azja)
Czech National Bank	G-3	Model główny	Prognozy, analizy
Norges Bank	NEMO	Model główny	Prognozy, analizy
Sveriges Riksbank	RAMZES	Model główny	Prognozy, analizy
Central Bank of Hungary	PUSCAS	Model pomocniczy	analizy
Swiss National Bank	DSGE-CH	Model główny	Prognozy, analizy
Bank of Finland	AINO	Model główny	Krótkookresowe i długookresowe prognozy
	EDGE	Model pomocniczy	Prognozy dla strefy euro

Źródło: S. Štefanovičová, *Použitie modelov v centrálnych bankách vybraných európskych krajín*, Univerzita Komenského v Bratislave, Fakulta Matematiky, Fyziky a Informatiky, Katedra Aplikovanej Matematiky a Štatistiky, Bratislava 2010, s. 27-28; L. Brubakk, T. Anders Husebø, J. Maih, K. Olsen, M. Østnor, op. cit., s. 10.

Modele NEMO i RAMZES różnią się przede wszystkim założeniami polityki monetarnej. Dwoma najbardziej popularnymi sposobami jej przedstawienia są prosta reguła stopy procentowej i oparcie stopy procentowej na zasadzie optymalnej polityki. Rozumiane jest to przez minimalizację międzyokresowej funkcji straty zgodnej z ustaleniami polityki pieniężnej. Analizy banku centralnego Szwecji oparte są na uogólnionej regule Taylora. Jej główną zaletą jest prostota i łatwość we wdrożeniu. Jej wady wynikają jednak także z prostoty – nie jest ona optymalna w sensie pełnej minimalizacji funkcji straty. W wypadku analiz wykonywanych przez bank centralny Norwegii zastosowana reguła stanowi połączenie reguły stopy procentowej i funkcji straty. Reguła minimalizacji funkcji straty uwzględnia tutaj lukę inflacyjną i lukę produkcji i uwzględnia wygładzanie stóp procentowych. Regułę minimalizacji funkcji straty wprowadzono w postaci argumentów odchylenia od reguły prostej²⁸. Ponadto reguła polityki pieniężnej w obu modelach wprowadzana jest *ad hoc*. Przedstawia to tabela 9.

²⁸ I. Bache, L. Brubakk, A. Jore, J. Maih, J. Nicolaisen, *Monetary Policy Analysis in Practice – A Conditional Forecasting Approach*, „Staff Memo Monetary Policy”, No. 8/2010, Norges Bank Monetary Policy, s. 1-2.

Tabela 9

Reguła stopy procentowej w wybranych modelach

Bank centralny	Model	Reguła polityki pieniężnej
Norges Bank	NEMO	Reguła polityki pieniężnej wprowadzana jest do modelu <i>ad hoc</i> . Reguła stanowi połączenie reguły stopy procentowej i minimalizacji funkcji straty.
Sveriges Riksbank	RAMZES	Reguła polityki pieniężnej wprowadzana jest do modelu <i>ad hoc</i> . Uogólniona reguła Taylora.

Źródło: L. Brubakk, T. Anders Husebø, J. Maih, K. Olsen, M. Østnor, op. cit., s. 10; I. Bache, L. Brubakk, A. Jore, J. Maih, J. Nicolaisen, op. cit., s. 1-2; M. Adolfson, S. Laséen, J. Linde, M. Villani, *RAMSES – A New General Equilibrium Model for Monetary Policy Analysis*, „Economic Review” 2007, nr 2, Sveriges Riksbank 2007, s. 13-14; L. Svensson, op. cit., s. 13-16.

Prognoza uzyskiwana z modelu DSGE stanowi opis tego, co by się stało z interesującymi nas zmiennymi, gdyby model rozpoczął pracę, wychodząc z warunku początkowego bez wprowadzania szoków technologicznych. Każde zaobserwowane odchylenie od prognozy jest związane z realizacją określonej kombinacji tego typu szoków²⁹.

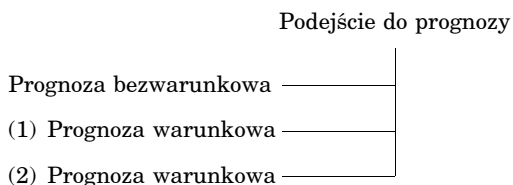
Dalszej analizie poddany zostanie proces prognostyczny banku centralnego Szwecji, w którym wykorzystuje się model RAMZES, oraz banku centralnego Norwegii (model NEMO).

V. PROCES PROGNOSTYCZNY W WYBRANYCH BANKACH CENTRALNYCH

W wypadku modeli DSGE stosowanych jako narzędzie podstawowe, prezentowane prognozy inflacji mogą mieć charakter bezwarunkowy bądź warunkowy. Schemat 5 przedstawia możliwe podejście do opracowywanych prognoz inflacji przez banki centralne wykorzystujące modele DSGE.

Schemat 5

Możliwe podejście do prognozy na podstawie modeli typu DSGE



Źródło: opracowanie własne.

²⁹ M. Sbordone, A. Tambalotti, K. Rao, K. Walsh, op. cit., s. 36.

Modele DSGE są na tyle spójne, że mogą generować prognozy bezwarunkowe w wybranym przez decydenta okresie. Wiele jednak zależy od dostosowania modelu do gospodarki. Prognozy warunkowe stosowane są przez większość banków centralnych wykorzystujących w procesie prognostycznym model DSGE. Mogą być przygotowywane w dwóch wariantach. Pierwszy z nich polega na uzależnieniu prognozy od tak zwanych warunkowych informacji. Mogą one dotyczyć na przykład specyficznych danych dotyczących rynku finansowego, opinii decydentów, których model DSGE nie jest w stanie bezpośrednio zinterpretować, bądź informacji pochodzących z modeli, które są w stanie wykorzystać najwcześniejsze dane lub informacje pochodzące z dużych zbiorów danych. Zaletą tego podejścia jest możliwość zauważenia dużych zaburzeń w informacjach niewidocznych w ostatnich rachunkach narodowych i ujęcia ich w sposób spójny, bez konieczności zmiany struktury modelu DSGE. Drugi możliwy wariant przygotowywania prognoz warunkowych polega na wygenerowaniu przez model prognozy bezwarunkowej, która potem *ex post* jest dostosowywana do rozważań i sugestii pozamodelowych³⁰. W procesie prognostycznym wykorzystującym zarówno model NEMO, jak i model RAMZES opracowywane prognozy mają charakter prognoz warunkowych (wariant 1).

Model DSGE banku centralnego w procesie prognostycznym może pełnić funkcję modelu podstawowego lub modelu pomocniczego. Tabela 10 przedstawia wykorzystanie modeli w procesie prognostycznym wybranych banków centralnych.

Tabela 10

Wykorzystanie modeli w procesie prognostycznym wybranych banków centralnych

Państwo	Model DSGE	Rodzaj modelu	Funkcja	Pozostałe modele
Norwegia	NEMO	podstawowy	analizy, prognozy	SAM + proste modele ekonometryczne
Szwecja	RAMZES	podstawowy	analizy, prognozy	BVAR + proste modele ekonometryczne

Źródło: opracowanie własne.

Proces prognostyczny norweskiego banku centralnego jest opisany najbardziej szczegółowo. Został on oparty na modelu makroekonomicznym NEMO, na którym bazują głównie prognozy inflacji w średnim, a przede wszystkim długim okresie.

W procesie prognostycznym banku centralnego Norwegii stosowana jest bardzo duża liczba modeli ekonometrycznych. Modele te można podzielić na

³⁰ I. Bache, L. Brubakk, A. Jore, J. Maih, J. Nicolaisen, s. 1-2.

dwie grupy. Pierwszą z nich stanowią te, które wchodzi wraz ze specyficznymi informacjami bieżącymi do tak zwanej warunkowej informacji, będących punktem wyjścia w modelu NEMO i przedstawiających bardziej dokładny obraz niż same dane kwartalne. Stanowią one bazę, którą tworzą i na której pracują eksperci bardziej szczegółowo zajmujący się wybranymi sektorami gospodarki i zmianami w nich zachodzącymi. Praktycznie każdy z nich dysponuje jednym bądź kilkoma modelami ekonometrycznymi, obejmującymi szerszy i dokładniejszy zakres informacji, niż ujęto w budowie modelu NEMO. Dane te mogą mieć charakter zmiennych jakościowych. Na bazie tych modeli formułowane są tak zwane krótkoterminowe prognozy ekspertów. Dodatkowym narzędziem prognozowania krótkoterminowego, uzupełniającym model NEMO, jest tak zwany system uśredniania modeli (SAM). Służy on do generowania gęstości prognozy na obecny i kilka przyszłych kwartałów. System ten ma na celu uśrednianie wyników prognoz krótkoterminowych z dużej puli różnych wykorzystywanych modeli. Na jego podstawie opracowywane są obecnie przez norweski bank centralny prognozy krótkoterminowe takich wielkości gospodarczych, jak inflacja i PKB. Jednakże w planach jest rozszerzenie tego systemu, tak by generował on prognozy dla większości zmiennych obserwowalnych w modelu NEMO³¹.

Określając ogólnie schemat prognozowania średnioterminowego i analiz polityki przy wykorzystaniu podstawowego modelu prognostycznego NEMO, strukturę procesu można rozdzielić na trzy główne płaszczyzny. Pierwszą nich stanowi ocena obecnej sytuacji społeczno-gospodarczej i prognoz głównych zmiennych makroekonomicznych dla najbliższych czterech kwartałów. Te krótkookresowe prognozy dla inflacji i PKB formułowane są za pomocą systemu SAM, natomiast prognozy innych istotnych w procesie zmiennych oparte są także na prostszych modelach ekonometrycznych, aktualnych statystykach gospodarczych oraz informacjach norweskiego banku centralnego. Dodatkowo, przygotowując prognozy krótkookresowe, korzysta się ze zmiennych spoza modelu. Krótkookresowe prognozy stanowią zatem wynik obu rodzajów modeli i sądów ekspertów. Uzyskane w ten sposób prognozy krótkookresowe, które w drugim etapie stanowią bazę tworzenia prognoz średnioterminowych i analiz, wykorzystują model NEMO. W modelu tym podczas całego procesu wykorzystywane są informacje z pierwszego etapu i wyniki bardziej szczegółowych badań³².

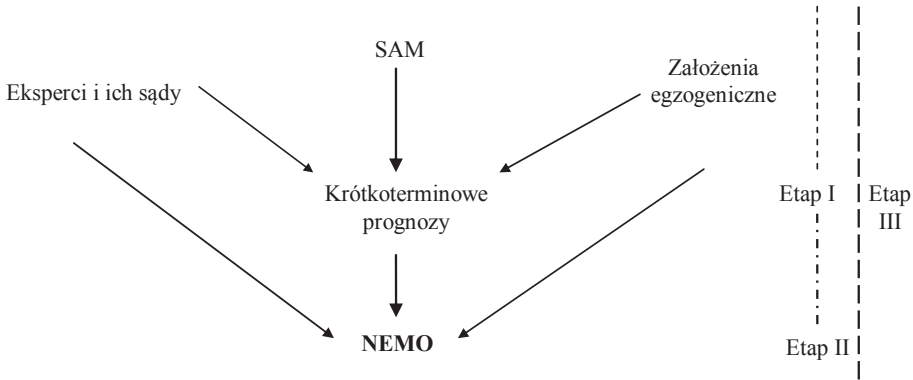
Struktura procesu prognostycznego w tym artykule została podzielona na trzy etapy w sposób subiektywny. Należy jednak tę strukturę postrzegać jako spójną, gdyż niektóre zmienne egzogeniczne, zdeterminowane poza modelem, są wprowadzane zarówno do modeli na etapie pierwszym, jak i bezpośrednio do modelu NEMO. Ponadto została ona zaprezentowana w sposób bardzo ogólny. Wyniki etapu pierwszego stanowią przesłanki następnego etapu. Ciągłość struktury procesu prognostycznego prezentuje schemat 6.

³¹ Ibidem, s. 5-6.

³² Ibidem, s. 5-7.

Schemat 6

Struktura opracowywania prognoz w Norges Banku

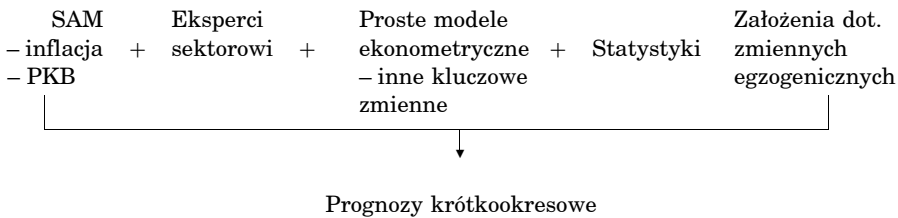


Źródło: I. Bache, L. Brubakk, A. Jore, J. Maih, J. Nicolaisen, op. cit., s. 4.

Analizując proces tworzenia prognoz średnioterminowych, należy bardziej szczegółowo przedstawić poszczególne jego etapy i modele w nich wykorzystywane. Schemat 7 dokładniej określa strukturę tworzenia prognoz krótkoterminowych.

Schemat 7

Uproszczona struktura konstrukcji prognoz krótkookresowych w Norges Banku



Źródło: opracowanie własne.

Dane uzyskiwane za pomocą systemu SAM są prognozami gęstości inflacji i PKB, przy czym określają także rozkład prawdopodobieństwa ich wystąpienia. Odpowiadają one na pytanie dotyczące prawdopodobieństwa, że inflacja osiągnie ustalony cel inflacyjny w następnych czterech kwartałach. System ten zbudowany jest w sumie z 414 modeli ekonometrycznych, z czego 167 służy do wykonywania krótkoterminowych prognoz PKB, a 167 do prognozowania inflacji. Błędy standardowe niektórych modeli są estymowane. Przy większych i bardziej skomplikowanych modelach rozkład prognoz uzyskiwany jest za pomocą metod symulacyjnych. Wykorzystywane modele są różnej wielkości i różnego typu. Dla inflacji i PKB norweski bank centralny korzysta z modeli typu ARIMA, VAR, BVAR, modeli czynnikowych, mniejszego modelu DSGE

oraz makroekonometrycznych modeli VEqCM³³. Tabela 11 przedstawia modele wykorzystywane w systemie SAM do prognozowania inflacji, tak zwane CPI-ATE (CPI bez uwzględnienia cen energii i bez podatków). Wynika z niej, że w tym celu powstało najwięcej modeli wektorowej autoregresji i autoregresji. Ponadto wykorzystywany jest także jeden mniejszy dynamiczny stochastyczny model równowagi ogólnej.

Tabela 11

Modele wykorzystywane do tworzenia krótkookresowych prognoz inflacji w Norges Banku

Typ	Opis	Liczba modeli
eDisAgg	Model AR dla niezagregowanego CPI	1
eMth	Model VAR – miesięczny	3
eFM	Model czynnikowy	3
eEmod	Model makroekonomiczny VEQM	1
eDSGE	Model makroekonomiczny DSGE	1
eBVAR	Model VAR estymowany metodami bayesowskimi	10
Eunik	Model AR	39
eVAR2	Model VAR z PKB i CPI	36
eVAR3	Model VAR z PKB, CPI i/lub ze stopą procentową	72
eMny	Model VAR z PKB i podażą pieniądza	1

Źródło: I. Bache, L. Brubakk, A. Jore, J. Maih, J. Nicolaisen, op. cit., s. 6.

Podstawą tworzenia krótkookresowych prognoz w norweskim banku centralnym są dane pochodzące z kwartalnych rachunków narodowych, miesięcznych informacji dotyczących produkcji i zatrudnienia, różnego rodzaju statystyk, struktury stóp procentowych, cen, agregatów pieniężnych oraz ankiet. Główną ideą systemu SAM jest stworzenie kombinacji prognoz uzyskanych z przedstawionych modeli. Prognozy w tym systemie przygotowywane są dwuetapowo (schemat 8)³⁴.

Schemat 8

Etapy systemu SAM

Grupowanie modeli ze względu na wykorzystywane w nich informacje lub podobną strukturę modelu w oddzielne „grupy” [patrz tabela 3]

Konstrukcja kombinacji gęstości prawdopodobieństw poszczególnych typów modeli w „grupach”

Źródło: I. Bache, L. Brubakk, A. Jore, J. Maih, J. Nicolaisen, op. cit., s. 6.

³³ Ibidem, s. 5-8.

³⁴ Ibidem, s. 16-18.

Aby wynik uzyskany z poszczególnych modeli prognoz nie zdominował prognozy ostatecznej, zarówno na pierwszym, jak i na drugim etapie norweski bank centralny stosuje metodę liniowej agregacji. Na etapie pierwszym kombinację gęstości prawdopodobieństwa uzyskuje się poprzez gęstości pochodzące z indywidualnych modeli; drugim – gęstości pochodzące z określonych „grup” stanowią liniową kombinację wyjściowej gęstości prawdopodobieństwa³⁵. Na obu etapach, konstruując kombinację gęstości, korzysta się z wcześniej określonych wag. Przedstawiają to równania poniżej:

$$P(y_t) = \sum_{i=1}^n w_i P_i(y_t),$$

$$w_i \in [0, 1]; \sum_{i=1}^n w_i = 1,$$

gdzie:

- $P(y_t)$ – uzyskana kombinacja gęstości prawdopodobieństwa,
- $P_i(y_t)$ – gęstość prawdopodobieństwa z i -tego modelu (i -tej grupy modeli),
- w_i – odpowiadająca i -temu modelowi (i -tej grupie modeli) waga³⁶.

Wagi powinny być tak dobrane, aby zarówno w pierwszym, jak i drugim etapie jeden typ zmiennych nie przeważał ilościowo. Ponadto należy tak podzielić modele na grupy, aby uzyskiwane z nich prognozy były od siebie niezależne. Uzyskane w ten sposób prognozy krótkoterminowe są na dalszym etapie oceniane przez ekspertów z danych branż. To na nich spoczywa odpowiedzialność dostarczenia do modelu NEMO uzyskanych wartości początkowych i informacji warunkowych. Decyzje te podejmują oni na podstawie prognoz z SAM, prognoz innych modeli z danych sektorów oraz własnych przesłanek dotyczących sytuacji społeczno-gospodarczej spoza modelu³⁷.

Niezwykle ważnym aspektem całego procesu prognostycznego w norweskim banku centralnym jest zagadnienie tworzenia prognoz warunkowych. Ich główną cechą jest zastosowanie do ich konstrukcji tak zwanych informacji warunkowych, które wytyczają ścieżkę dla prognoz uzyskiwanych z modelu podstawowego, w tym wypadku NEMO. Wprowadzając system prognozowania warunkowego, bank centralny zmuszony jest podjąć decyzje dotyczące tak zwanych informacji warunkowych. Dla modelu NEMO przyjęte zostały założenia, że informacja warunkowa jest antycypowana przez podmioty i jest uznawana za informację pewną (*hard conditioning*)³⁸. Przedstawia to schemat 9.

Przede wszystkim system prognozowania warunkowego polega na wprowadzeniu do modelu podstawowego sekwencji szoków strukturalnych dla określonego okresu prognozowania, tak aby model wyprodukował informację warunkową. Jeśli liczba warunkowych zmiennych egzogenicznych jest większa

³⁵ Ibidem.

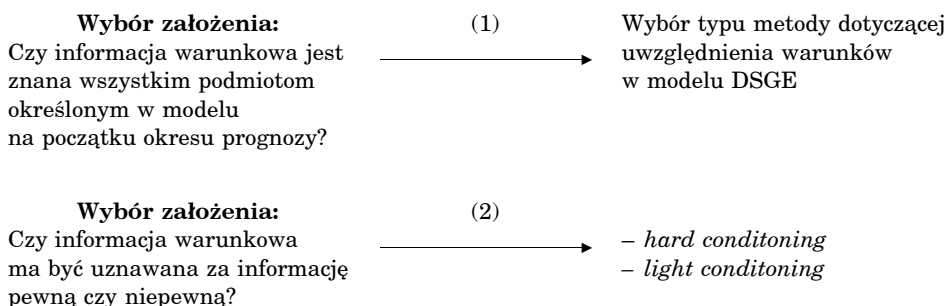
³⁶ Ibidem.

³⁷ Ibidem, s. 18-21.

³⁸ Ibidem.

Schemat 9

Decyzje dotyczące informacji warunkowych



Źródło: I. Bache, L. Brubakk, A. Jore, J. Maih, J. Nicolaisen, op. cit., s. 2-6. J. Maih, *Conditional Forecasts in DSGE Models*, Norges Bank, October 2009, s. 3-16.

od liczby szoków strukturalnych, należy dokonać wyboru, które wstrząsy wykorzystać. Jak już podkreślono, struktura całego procesu prognostycznego jest spójna, natomiast sam proces prognostyczny jest nie tyle spójny, ile bogaty w iteracje na poszczególnych jego etapach. Uzyskane z modelu NEMO prognozy inicjują krótkoterminowe prognozy przygotowywane przez ekspertów sektorowych. Wykorzystując implikacje uzyskane z krótkookresowych prognoz dla szoków strukturalnych i zmiennych endogenicznych, sektor ekspertów koryguje swoje prognozy. Te poprawione prognozy zostają później użyte jako informacje warunkowe w modelu NEMO. Iteracje te są tak długo powtarzane, aż osiągnięty zostanie zadowalający efekt, przy czym dla niektórych zmiennych sektor ekspertów prezentuje prognozy na okres dłuższy, które są następnie porównywane ze średniookresowymi prognozami modelu NEMO³⁹. Jednym ze sposobów poprawienia prognoz uzyskiwanych z modeli DSGE jest użycie właściwej informacji warunkowej – proponuje się techniki pozwalające na wykorzystanie skończonej liczby stopni niepewności wokół średniej z informacji warunkowej, założenia informacji pewnej (*hard conditioning*) oraz – w specjalnych wypadkach – prognoz bezwarunkowych⁴⁰. Informacje warunkowe i *hard conditioning* stosowane są także w modelu RAMZES.

Proces prognostyczny wykonywany przez Norges Bank został przedstawiony stosunkowo szczegółowo. W odniesieniu do niego szkielet procesu prognostycznego w banku centralnym Szwecji przebiega podobnie. Podstawowym modelem prognostycznym DSGE jest model RAMZES. Jest to także proces prognozowania warunkowego. Do tworzenia krótkookresowych prognoz stosowany jest model BVAR. W całym procesie wykorzystywana jest także duża liczba innych narzędzi ekonometryczno-matematycznych dotyczących zarówno

³⁹ Ibidem, s. 18.

⁴⁰ J. Maih, op. cit., s. 1.

Tabela 12

Proces tworzenia prognoz w Sveriges Riksbanku

Tydzień	Cel spotkania	Skutek
1	Dyskusja na temat ryzyka i alternatywnych dróg rozwoju gospodarki.	Robocza konstrukcja alternatywnego scenariusza dotyczącego konkretnych składników gospodarki. Spisanie liczby prawdopodobnych scenariuszy i potrzebnych analiz.
	1. Aktualna sytuacja gospodarcza. 2. Prognozy międzynarodowe. 3. Rynek finansowy. Aktualny stan gospodarki w Szwecji.	Dyskusja na poziomie technicznym dotycząca kształtu prognoz i głównego scenariusza. Analiza prognoz zewnętrznych instytucji (OECD i IMF). Pierwsze określenie przedwczesnej ścieżki stopy procentowej i propozycje jej alternatywnej ścieżki. Analiza oczekiwań podmiotów rynku finansowego związana ze ścieżką stóp procentowych. Ocena aktualnego stanu gospodarki w Szwecji na podstawie rachunków narodowych. Prezentacja wyników modeli wskaźnikowych i modeli badających obecny stan gospodarki.
2	Prognoza makroekonomiczna.	Określenie ogólnego obrazu sytuacji gospodarki z punktu widzenia inflacji, stopy procentowej i PKB. Określenie podstawowych warunków egzogenicznych. Konstrukcja prognozy makroekonomicznej na podstawie modelu RAMZES i modeli BVAR.
3	1. Prognoza szczegółowa.	Opracowywanie prognoz wybranych zmiennych na podstawie innych modeli makroekonomicznych, wykorzystujących różne założenia.
	2. Pierwsze duże spotkanie. Przedstawienie prognoz uzyskanych z różnych modeli i podjęcie ostatecznej decyzji odnośnie do założeń dla prognozy ostatecznej.	Prezentacja prognoz z modelu RAMZES i modeli BVAR opartych na międzynarodowym spojrzeniu na sytuację gospodarczą i informacjach z bieżącego kwartału. Prezentacja korekt modelu RAMZES w stosunku do modelu wykorzystywanego we wcześniejszych prognozach. Prezentacja głównego scenariusza z innego modelu makroekonomicznego. Prezentacja łącznej prognozy, złożonej z poprzednich prognoz, prognoz modelowych i prognoz głównego scenariusza.
	3. Drugie duże spotkanie. Opinie zarządu.	Analiza czynników i ich wpływu na gospodarkę i cel inflacyjny. Analiza głównych scenariuszy alternatywnych. Dyskusja członków RPP na temat głównego scenariusza. Członkowie Zarządu prezentują swoje opinie i podejście do uzyskanych prognoz. Do badania wpływu poszczególnych zmiennych na model (gospodarkę) mają do dyspozycji wykonywanie symulacji. Prezentowana jest zmienna stopa procentowa, która jest skutkiem balansu pomiędzy celem inflacyjnym a rozwojem gospodarczym.

cd. tab. 12

4	Spotkanie zarządu. Prognoza.	Decyzja zarządu o tym, którą z alternatywnych ścieżek stopy procentowej preferuje.
5	Spotkanie RPP. Opis tekstowy.	Tworzenie szkicu <i>Monetary Policy Report</i> .
6	monetary policy meeting	
	Publikacja. Konferencja prasowa.	

Źródło: K. Hallsten, S. Tägtström, op. cit., s. 75-85.

zagadnień teoretycznych, jak i empirycznych w ekonomii. Każde z narzędzi pełni odrębną bądź uzupełniającą, konkretną funkcję. Taka różnorodność narzędzi jest konieczna do konstrukcji jak najbardziej dokładnych prognoz. Ten kompleksowy zestaw narzędzi, oprócz modelu RAMZES, składa się z różnego rodzaju modeli makroekonomicznych bazujących na nowoczesnej teorii ekonomii oraz doświadczeniach empirycznych. Tworzą one – z jednej strony – strukturę niezależnych modeli, a z drugiej – stanowią pomost pomiędzy poszczególnymi modelowanymi sektorami gospodarki. Modele te są uzupełniane o założenia i opinie ekspertów z różnych dziedzin. Uzyskane z modeli prognozy są dobrym punktem wyjścia dyskusji ekspertów. Model RAMZES jest modelem równowagi ogólnej, DSGE – neokeynesowskim. Jest on wykorzystywany do tworzenia prognoz, interpretacji zmian, prezentacji alternatywnego scenariusza, analiz kontrfaktycznych oraz kalkulowania efektów polityki monetarnej. Ponieważ jest to model bardzo spójny DSGE, nie wszystkie jego elementy są dokładnie rozwinięte (np. rynek kredytów). Jest on zatem uzupełniany o mniejsze częściowe modele, skupiające się na określonych indywidualnych zmiennych. Ponadto w procesie prognostycznym wykorzystywane są modele VAR, estymowane technikami bayesowskimi. W celu określenia obecnego stanu gospodarki wykorzystywane są modele szeregów czasowych oraz modele wskaźnikowe. Te mniejsze modele wykorzystywane są do tworzenia prognoz od jednego do dwóch kwartałów do przodu. Wyniki są potem wykorzystywane jako wartości początkowe w modelu RAMZES. Proces konstrukcji prognozy w Sveriges Riksbank trwa sześć tygodni⁴¹. Tabela 12 przedstawia proces tworzenia prognoz w szwedzkim banku centralnym z punktu widzenia bardziej formalnego, niż przedstawiono w wypadku modelu NEMO.

VI. PODSUMOWANIE

Banki centralne Norwegii i Szwecji publikują, oprócz prognoz podstawowych zmiennych makroekonomicznych, takich jak inflacja i PKB, także przewidywania co do stopy procentowej wraz z jej alternatywnym scenariuszem

⁴¹ K. Hallsten, S. Tägtström, op. cit., s. 72-75.

w długim okresie. Cały proces prognostyczny przebiega wieloetapowo i na każdym jego etapie wykorzystywane są informacje z różnorodnych źródeł (opinie ekspertów, różnego rodzaju modele, nie tylko makroekonomiczne i ekonometryczne, lecz także statystyczne i matematyczne). W procesie prognostycznym w tych bankach centralnych modelami podstawowymi są modele DSGE (NEMO, RAMZES). Ich wykorzystanie w całym procesie prognostycznym jest wielokrotne; wpływają one na całą konstrukcję prognoz i pomagają komitetom monetarnym w wykonywaniu analiz, symulacji i konstrukcji alternatywnych scenariuszy. Poza wymienionymi modelami DSGE stosowane są modele różnego typu: modele obrazujące określone sektory gospodarki, modele statystyczne, modele ekonometryczne. Szczególna rola przypada modelom, które bezpośrednio wspierają modele DSGE. W wypadku modelu NEMO uzupełnia go tak zwany system uśredniania prognoz.

Warto zauważyć, że zdecydowaną większość modeli wspomagających modele NEMO i RAMZES stanowią modele VAR i BVAR. Może to świadczyć o potrzebie uzyskania większego stopnia zgodności empirycznej otrzymany prognoz i analiz. Niewystarczającą zgodność empiryczną zarzucił modelom DSGE A. Pagan – ilustruje to schemat 2 przedstawiony w części II. Należy także zauważyć, że wybrane na potrzeby artykułu banki centralne w procesie prognostycznym stosują informacje warunkowe.

Generalnie, proces prognostyczny w centralnym banku Norwegii przebiega w podobny sposób jak w centralnym banku Szwecji. Ponadto wykorzystywane są w nich podobne typy modeli. W obu bankach jest on złożony. Oprócz stosowania tych samych modeli, należy zwrócić uwagę, że w zasadzie na każdym etapie wynik modelowy jest uzupełniany i korygowany o opinie ekspertów. Ponadto prace modelowe (symulacyjne) są powtarzane, tworzone są alternatywne scenariusze, analizy kontrfaktyczne, zachowana jest zasada, oceniona w sposób subiektywny przez autora artykułu, ograniczonego zaufania do modelu podstawowego. Najbardziej wyraźnym tego przykładem jest wykorzystanie w 2007 r. przez centralny bank Szwecji (z powodu kryzysu finansowego) dodatkowego, innego niż RAMZES, modelu makroekonomicznego.

Analizując dokładniej proces prognostyczny w Centralnym Banku Norwegii, można zauważyć wiele zalet stosowanego w procesie prognostycznym schematu „model podstawowy + modele pomocnicze”. Model podstawowy stanowi szkielet, podstawę analiz ekspertów, wyznaczania kierunków zmian, wskazywania czynników mających duży wpływ na realizację strategii i całą gospodarkę, natomiast modele pomocnicze – z jednej strony – pełnią kluczową funkcję w całym procesie, a z drugiej – wspierają model główny.

Należy podkreślić łatwy dostęp do informacji dotyczących procesu podejmowania decyzji przez RPP i procesu prognostycznego w Norges Bank i Sveriges Riksbanku. Niezbędne informacje zawarte są w dokumentach udostępnianych na stronie internetowej banków. Świadczy to o przejrzystości prowadzonej polityki pieniężnej.

USING DSGE MODELS IN THE FORECASTING PROCESS: A CASE STUDY
OF MODELS USED BY SELECTED CENTRAL BANKS

Summary

Currently, central banks use many types of macroeconomic models such as hybrid models, VAR and DSGE models. DSGE models are based on microfoundations and have an internally consistent theoretical structure. DSGE models are the main models in the prediction process used by central banks of Norway (NEMO model) and Sweden (RAMZES model). Medium-term forecasts are made on the basis of DSGE models and short-term forecasts are made on the basis of SAM system (Norway) and BVAR models (Sweden). However, other models and judgments are also important in the process of creating predictions and analysis for monetary policy. The need for forecasting models is connected with the strategy of inflation targeting and the need to preserve the transparency of the monetary policy.

