

NEMO – en ny makromodell for prognoser og pengepolitisk analyse

Leif Brubakk og Tommy Sveen, Økonomisk avdeling, Norges Bank*

Makroøkonomiske modeller er ett av flere verktøy som brukes i analyser av norsk økonomi og i pengepolitikken. I denne artikkelen beskriver vi en ny makroøkonomisk modell kalt NEMO som er utviklet i Norges Bank. NEMO har en sentral plass i utformingen av rentebanen. I tillegg til å beskrive modellens oppbygning, tallfesting og virkemåte fokuserer vi på bakgrunnen for valg av modell og hvilke egenskaper som kreves av den. Til slutt gir vi eksempler på anvendelser av modellen.

1 Innledning

NEMO («Norwegian Economy Model») er en ny makromodell for anslag og pengepolitisk analyse i Norges Bank.¹ Modellen er basert på internasjonal forskning og modellutvikling de siste 10–15 årene og har mange fellestrekk med tilsvarende modeller i andre sentralbanker.² NEMO har vært under utvikling siden høsten 2004 og har tidligere vært benyttet til å analysere spesifikke problemstillinger knyttet til utviklingen i norsk økonomi.

NEMO bygger på at Norge med egen valuta kan bestemme sitt eget nivå på inflasjonen over tid. Et krav i modellen er derfor at pengepolitikken forankrer inflasjonsforventningene. Dette innebærer at pengepolitikken er avgjørende for å bringe inflasjonen tilbake på målet. I modellen legges det til grunn at aktørene, som husholdninger og foretak, ser fremover når de fatter beslutninger om pengeplasseringer, forbruk og investeringer, lønninger og priser. Det legges også til grunn at disse aktørene tar hensyn til den økonomiske politikken ikke bare slik den er i dag, men også slik de forventer at den vil være i morgen og i overmorgen. Modellen reflekterer videre erfaringen fra 1970- og 1980-årene om at en ikke kan redusere arbeidsledigheten på varig basis ved å akseptere høyere inflasjon. Fordi priser og lønninger tilpasser seg tregt, kan likevel pengepolitikken påvirke etterspørselen og dermed produksjonen og sysselsettingen på kort til mellomlang sikt.

Atferden til de ulike aktørene modelleres i NEMO eksplisitt, basert på mikroøkonomisk teori. Et konsistent teoretisk rammeverk gjør det lett å tolke sammenhenger og mekanismer i modellen i lys av økonomisk teori. En fordel er at vi kan analysere effekten av mer strukturelle endringer i økonomien. I NEMO kan utviklingen i norsk økonomi blant annet føres tilbake til endringer i bedriftenes teknologi, konkurranseforhold i produkt- og arbeidsmarkedet, husholdningenes preferanser mellom konsum og fritid og pengepolitikken. Den strukturelle rammen gjør det mulig å gi en sammenhengende og detaljert økonomisk begrunnelse for de løpende anslagene for norsk økonomi som Norges Bank utarbeider. Dette skiller NEMO fra rent statistiske modeller, som i liten grad gir rom for økonomiske tolkninger.

NEMO kan betegnes som en ny-keynesiansk DSGE-modell (dynamisk, stokastisk generell likevektsmodell). Denne modellklassen kjennetegnes ved at den bygger bro mellom den klassiske teoriretningen (hvor aktørene har rasjonelle forventninger og maksimerer nytte og profitt over tid) og den keynesianske teoriretningen (hvor ufullkommen konkurranse og nominelle stivheter fører til treg tilpasning i priser og lønninger). Som resultat får modellen klassiske egenskaper på lang sikt (tilbudssidebestemt produksjon) og keynesianske egenskaper på kort til mellomlang sikt (etterspørselsbestemt produksjon).

I utviklingen av NEMO er det lagt særlig vekt på at modellen skal være et nyttig beslutningsverktøy i pengepolitikken. Modellen er derfor laget med tanke på at den skal være oversiktlig og håndterbar. Produksjonssiden, prissettingen, lønnsdannelsen og alle de viktigste etterspørselskomponentene er modellert, og det skilles mellom innenlandsk generert og importert inflasjon.

Det er imidlertid også viktig at modellen kan forklare de viktigste utviklingstrekkene i norsk økonomi, slik de fremkommer i data. En vesentlig del av modellutviklingen har derfor bestått i empirisk evaluering av NEMO på norske data. Modellen er estimert som et system med utgangspunkt i en bayesiansk³ tilnærming. Prognoseegenskapene til NEMO er sammenlignet med alternative modeller som i mindre grad bygger på økonomisk teori. Hovedkonklusjonen er at NEMO er relativt treffsikker sammenliknet med konkurrerende modeller.

2 Nærmere om modellen

NEMO tilhører klassen av moderne dynamiske, stokastiske generelle likevektsmodeller som er en videreføring av den såkalte realkonjunkturteorien⁴. At modellen er dynamisk betyr at den spesifiserer et tidsforløp for alle endogene variable i modellen. Utviklingen i de ulike variablene vil imidlertid avhenge av fremtidige tilfeldige – eller stokastiske – forstyrrelser som ikke er kjent på det tidspunkt aktørene legger sine planer. Det innebærer i prinsippet at fremtidige realisasjoner av variablene kan beskrives med en sannsynlighetsfordeling,

* Takk til Kjersti-Gro Lindquist, Bent Vale, Anne Berit Christiansen, Kåre Hagelund, Kjetil Olsen, Bjørn Naug og Junior Maih for nyttige kommentarer og innspill.

¹ Se Brubakk et al. (2006) for en mer detaljert beskrivelse av modellen.

² Se for eksempel Adolfsson et al. (2005a,b), Bank of England (2004), Coenen et al. (2007) og Fenton og Murchinson (2006).

³ Se for eksempel Koop et al. (2007) for en innføring i de viktigste metodene i Bayesiansk økonometri.

⁴ Se King og Rebelo (1999) for en oversikt over denne teoriretningen.

dvs. de endogene variablene i modellen vil også være stokastiske. Med generell likevekt mener vi at markeds-mekanismene, til enhver tid, bidrar til å balansere tilbud og etterspørsel i alle markedene i modellen. NEMO gir likevel en stilisert beskrivelse av økonomien, og det er derfor en rekke markeder som ikke er representert, for eksempel boligmarkedet.

2.1 Hovedtrekk

I NEMO modelleres verdensøkonomien som to land: hjemlandet, som representerer Norge, og utlandet, som betraktes synonymt med våre handelspartnere. Bortsett fra størrelsen, behandles de to landene i utgangspunktet helt symmetrisk. Vi legger til grunn at Norge, som en liten økonomi, har en marginal innvirkning på utlandet. Dermed betrakter vi utenlandske variable som eksogent bestemte, dvs. at innenlandske variable ikke påvirker de utenlandske. Vi vil derfor i det følgende konsentrere fremstillingen om hjemlandet (Norge).

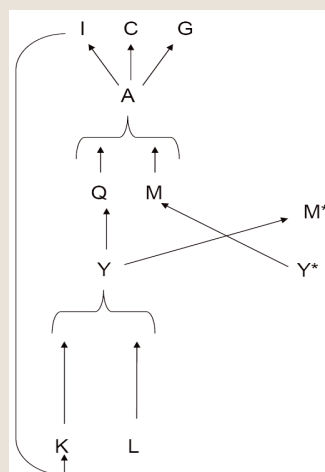
Figur 1 gir et oversiktsbilde av modellen. Økonomien består av bedrifter, husholdninger og en offentlig sektor – som også inkluderer sentralbanken. Det er én produksjonssektor i hjemlandet som produserer varer. Hjemmeproduserte varer (Y) kan både eksporteres (M^*)⁵ og benyttes innenlands (Q), sammen med import (M), til å lage en ferdigvare (A)⁶ som kan brukes til å dekke etterspørselen etter konsum (C), investering (I)⁷ og offentlige utgifter (G).

Produksjonssektoren består av bedrifter som benytter arbeidskraft (L) og kapital⁸ (K) til å produsere differensierte produkter, som omsettes i markeder kjennetegnet ved monopolistisk konkurranse. Det betyr at hver enkelt bedrift har en viss grad av markedsrett og setter priser som et påslag over marginalkostnadene. Vi antar videre at det er kostnader forbundet med å endre prisene.⁹ Som en konsekvens kan prisdannelsen beskrives ved en Phillipskurve hvor prisene gradvis endrer seg i takt med endringer i produksjonskostnadene.

Husholdningene benytter kapitalmarkedene til å fordele konsum optimalt over tid. Hver enkelt husholdning tilbyr sin arbeidskraft til bedriftene og bestemmer selv lønnen gitt bedriftenes etterspørsel. Når det gjelder lønnsdannelsen følger vi i all hovedsak Kim (2000). Vi antar at lønnstakere har markedsrett og dermed velger et lønnsnivå som ligger over frikonkurranselønnen. Dessuten antar vi at det er kostnader forbundet med å endre lønningene, og at lønnstakerne tar hensyn til dette.

Offentlige utgifter finansieres med en kopskatt.

Figur 1 NEMO i fugleperspektiv



Sentralbanken styrer etter et inflasjonsmål og bestemmer de korte nominelle rentene. Pengepolitikken modelleres enten ved en enkel regel (f.eks Taylor-regelen) eller ved minimering av en tapsfunksjon.

2.2 Noen sentrale ligninger

I dette avsnittet går vi nærmere inn på enkelte nøkkelrelasjoner i modellen. NEMO er i utgangspunktet ikke-lineær i variablene. Her presenterer vi imidlertid en log-lineær tilnærming av modellen rundt en gitt likevekt. Det innebærer at alle variable i modellen kan tolkes som prosentvis avvik fra langsiktig likevekt.¹⁰ For volumstørrelsene i modellen er likevekten målt relativt til en underliggende vekstbane, som drives av eksogene¹¹ teknologiske fremskritt og befolkningsvekst.

Husholdningene

Husholdningene maksimerer en nyttefunksjon gitt en budsjettbetingelse. For en representativ husholdning¹² gir dette følgende sammenheng for konsum over tid:

$$(1) \quad c_t = (1 - \alpha_1)c_{t-1} + \alpha_1 E_t c_{t+1} - \alpha_2 rr_t + z_t^c$$

hvor α_1 og α_2 er positive konstanter¹³ og E_t er forventningsoperatoren slik at $E_t c_{t+1}$ er forventet konsum i periode $t+1$, gitt informasjonen på tidspunkt t . Videre er rr_t korte realrenter, som bestemmes av Fisher-sammenhengen, $rr_t = r_t - E_t \pi_{t+1}$, der r_t er nominelle renter og π_{t+1} måler økningen i konsumprisene (KPI) mellom periode t og periode $t+1$. Til slutt betegner z_t^c sjokk i konsumetterspørselen.

⁵ Utenlandske variable er merket med stjerne. M^* representerer derfor utenlandsk import (av norskproduserte varer), dvs. vår eksport.

⁶ Rent teknisk modelleres dette som en egen produksjonssektor, som benytter de ulike produksjonsvarene som innsatsfaktor.

⁷ I modellen skiller oljeinvesteringene ut som egen etterspørselskomponent. Grunnen er at NEMO er en modell for fastlandsøkonomien.

⁸ Kapitalen er bedriftsspesifikk, men utnyttelsesgraden kan endres over tid.

⁹ Rent teknisk følger vi Rotemberg (1982) og antar at bedriftene står overfor kvadratiske tilpasningskostnader. Det betyr at det er lønnsomt for bedriftene å foreta en gitt prisjustering over flere perioder. En mulig tolkning er at bedriften risikerer å miste kunder dersom prisene endres for raskt opp til et nytt nivå.

¹⁰ Vi bruker små bokstaver for å betegne prosentvis avvik fra langsiktig likevekt, dvs. $x_t = \ln(X_t) - \ln(\bar{X})$ der \bar{X} representerer den langsiktige likevekten til nivåvariabelen X .

¹¹ Generelt bruker vi begrepet «eksogen» om forhold bestemt utenfor modellen.

¹² Det antas at det eksisterer et stort antall husholdninger og bedrifter. Vi antar imidlertid at de har samme preferanser og teknologi. De aggregerte relasjonene i modellen vil derfor ha nøyaktig samme funksjonsform og parametre som tilsvarende adferdsrelasjoner for den enkelte aktør.

¹³ Vi vil for enkelthets skyld la α_i betegne bruttokoeffisienter i modellen. Disse er igjen funksjoner av de strukturelle parametrene i modellen.

Konsumet avhenger dermed av realrenten. Dette er en egenskap ved den såkalte «Euler-ligningen» for optimal konsumfordeling mellom ulike perioder. Økt realrente gjør det mer lønnsomt å spare, og dermed blir det lønnsomt å utsette konsumet til senere perioder. Ved lavere realrente gjelder det motsatte. Husholdningene ønsker å fordele konsumet over tid, og dette gjenspeiles i at forventet konsum inngår som forklaringsvariabel for inneværende periodes konsum.

Konsumeterspørselen avhenger videre av etterspørselen perioden før, og som oftest knyttes dette til vanedannelser i konsumet. Ideen kommer opprinnelig fra finansteorien og nevnes ofte som én mulig forklaring på at forskjellene i avkastning mellom risikable og risikofrie aktiva er så store.¹⁴ Effekten av vanedannelse er at det gir husholdningene insentiv til å jevne ut konsumutviklingen, og aggregert konsum blir glattere.

Ligning (1) kan løses fremover betinget på renteforventningene, noe som gir:

$$(2) \quad c_t = \alpha_3 c_{t-1} + \alpha_4 \sum_{i=0}^{\infty} E_t r r_{t+i} + \alpha_5 z_t^c$$

Ifølge ligning (2) avhenger konsumet i dag ikke bare av dagens rentenivå, men også av forventningen til fremtidige renter, dvs. hele rentebanen.

Arbeidsmarkedet i NEMO er kjennetegnet ved monopolistisk konkurranse. Det betyr at hver enkelt husholdning har en viss markedsrett i fastsettelsen av lønnen. Bedriftene velger så hvor mange arbeidstimer de ønsker, gitt lønnen. Dette leder til følgende ligning for lønnsveksten, π_t^w :

$$(3) \quad \pi_t^w = (1 - \alpha_6) \pi_{t-1}^w + \alpha_6 E_t \pi_{t+1}^w + \alpha_7 (w_t^* - w_t) + z_t^w$$

Lønnsveksten i en gitt periode avhenger altså både av tidligere og forventet framtidig lønnsvekst. I tillegg drives lønnsveksten av differansen mellom «ønsket lønn»¹⁵, w_t^* , og den faktiske lønnskompensasjonen, w_t . Dette leddet kan tolkes som en feilkorreksjonsmekanisme; når det oppstår et avvik mellom ønsket og faktisk lønn, vil det finne sted en korreksjon i lønningene. Retningen av korreksjonen bestemmes av fortegnet på avviket.

Lønsligningen kan alternativt skrives på følgende form:

$$(4) \quad \pi_t^w = (1 - \alpha_6) \pi_{t-1}^w + \alpha_6 E_t \pi_{t+1}^w + \alpha_8 \left(\underbrace{\alpha_9 c_t + \alpha_{10} \Delta c_t + \alpha_{11} l_t}_{\text{Pressindikatorer}} - \underbrace{\alpha_{12} (y_t - l_t) - \alpha_{13} m c_t}_{\text{Lønnsevne}} \right) + z_t^w$$

Lønnsveksten drives altså i tillegg til egendynamikken av konsumnivået, endring i konsumet, sysselsettingsnivået l_t , arbeidsproduktiviteten ($y_t - l_t$) og marginalkostnadene ($m c_t$). De tre første leddene kan

tolkes som pressindikatorer, mens forholdet mellom arbeidsproduktiviteten og marginalkostnader sier noe om lønnsevnen. Alternativt kan derfor lønnsutviklingen betraktes som utfallet av en forhandlingsmodell, der husholdningenes lønnskrav er bestemt av presset i økonomien, mens bedriftenes lønnstilbud avhenger av lønnsevnen.

Husholdningene har fri tilgang til internasjonale obligasjonsmarkeder. For lån i utlandet påløper imidlertid premie utover rentekostnaden, bestemt av husholdningenes nettofordringsposisjon.¹⁶ Optimal tilpasning i obligasjonsmarkedene gir opphav til følgende modifiserte versjon av udekket renteparitet (UIP):

$$(5) \quad s_t = E_t s_{t+1} - r r_t + r r_t^* - \alpha_{14} b_t^* + z_t^s$$

hvor s_t er realvalutakursen, $r r_t^*$ er utenlandske realrenter, b_t^* betegner husholdningenes beholdning av utenlandske obligasjoner eller nettofordringsposisjon, og z_t^s er en eksogen risikopremie.

Bedriftene

I vareproduksjonen brukes arbeid og kapital som innsatsfaktorer. På log-lineær form kan produktfunksjonen for en representativ bedrift uttrykkes som følger:

$$(6) \quad y_t = \alpha_{15} \bar{k}_t + (1 - \alpha_{15}) l_t + (1 - \alpha_{15}) z_t^l$$

hvor y_t betegner samlet produksjon, \bar{k}_t er kapitaltjenester, l_t uttrykker antall arbeidstimer og z_t^l er et midlertidig produktivitetssjokk. I modellen vil altså arbeidsproduktiviteten avhenge av kapitaltjenestene per arbeidstime og det eksogene faktorproduktivitetssjokket.

På kort sikt er den fysiske kapitalmengden gitt. Bedriftene kan likevel variere innsatsen av kapitaltjenester på kort sikt ved å endre kapasitetsutnyttelsen. Over tid bestemmes utviklingen i den fysiske kapitalmengden, k_t , på vanlig måte av depresierings- og investeringsraten. På log-lineær form, kan investeringsraten ($\frac{I}{K}$) uttrykkes som følger:

$$(7) \quad i_t - k_{t-1} = \alpha_{16} E_t (i_{t+1} - k_t) + \alpha_{17} (i_{t-1} - k_{t-2}) - r r_t + \alpha_{18} E_t r_{t+1}^k + z_t^i$$

hvor i_t betegner investeringene, r_t^k er brukerprisen på kapital og z_t^i er et midlertidig sjokk i investeringene. Investeringsraten bestemmes av realrenten og forventet brukerpris på kapital, i tillegg til tilbakedatert og forventet nivå på investeringsraten. De to sistnevnte leddene reflekterer en antakelse om at det er kostnader forbundet med å endre investeringsraten. En økning i forventet brukerpris betyr isolert sett høyere forventet avkastning på kapitalen, mens høyere realrente, ved å redusere den neddiskonterte verdien av framtidig avkastning, trekker i motsatt retning.

¹⁴ Grunnen er at med høy grad av vanedannelse i konsumet, øker husholdningenes motvilje mot variasjoner i konsumet. Dermed krever de høy avkastning for å sitte med risikable aktiva.

¹⁵ Med *ønsket lønn* mener vi det lønnsnivået som ville blitt realisert dersom lønningene var fullt ut fleksible. Dette lønnsnivået svarer til den marginale substitusjonsraten mellom konsum og fritid og måler husholdningenes nytteforbruk, målt i konsumenheter, ved å jobbe én time ekstra. Husholdningenes uvilje mot å jobbe mer vil i sin tur avhenge av hvor mye de jobber og konsumerer i utgangspunktet.

¹⁶ Dette kan tolkes som en endogen risikopremie. Rentemarginen innenlandske aktører betaler for lån i utlandet, avhenger av den samlede gjelden overfor utlandet. Høy gjeld innebærer høyere risiko og dermed en høyere premie.

Bedriftene har en viss monopolmakt i prisingen av sine produkter. De vil derfor sette prisene som et påslag på marginalkostandene. Vi antar at bedriftene foretar en viss grad av prisdiskriminering mellom hjemme- og eksportmarkedet, bestemt av etterspørselsforholdene i de to markedene. Tilsvarende som for lønningene legger vi til grunn at prisene endres gradvis som følge av tilpasningskostnader. Optimal tilpasning gir følgende Phillips-kurve for innenlandskgenerert inflasjon, π_t^q :

$$(8) \quad \pi_t^q = (1 - \alpha_{19})\pi_{t-1}^q + \alpha_{19}E_t\pi_{t+1}^q - \alpha_{20}(p_t^q - mc_t) + z_t^q$$

hvor mc_t refererer til marginalkostnadene, mens p_t^q betegner realprisen på varer produsert og anvendt innenlands. Leddet $(p_t^q - mc_t)$ kan tolkes som et uttrykk for bedriftens profittmargin eller inntjening og fungerer som en feilkorreksjonsmekanisme. Når marginene er høye relativt til normalsituasjonen (>0), vil det oppstå et press i retning av lavere priser. Motsatt vil bedriftene ønske å øke prisene dersom marginene er lave (<0). Siden det er kostnader forbundet med å endre prisene, vil det ikke være optimalt for bedriftene å endre prisene i takt med endringer i marginalkostnadene. En følge av dette er at inntjeningen i bedriftene vil variere over konjunktorene. Hvorvidt marginene er med- eller mot- sykliske avhenger av de eksogene drivkreftene.¹⁷

Det er imidlertid ikke bare inntjeningen i inneværende periode som er bestemmende for prisveksten. Dette ser vi lettere ved å løse ligning (8) fremover, betinget på marginene:

$$(9) \quad \pi_t^q = \pi_{t-1}^q - \alpha_{21} \sum_{i=0}^{\infty} \alpha_{22}^i E_t (p_{t+i}^q - mc_{t+i}) + \alpha_{23} z_t^q$$

der igjen α -ene representerer bruttokoeffisienter. Vi ser av (9) at bedriftene setter sine priser på bakgrunn av forventet inntjening.

Både eksport- og importprisene er modellert tilsvarende som i (6). Her vil imidlertid også realvalutakursen ha betydning. Veksten i importprisene, π_t^m , kan derfor uttrykkes som følger:

$$(10) \quad \pi_t^m = (1 - \alpha_{24})\pi_{t-1}^m + \alpha_{24}E_t\pi_{t+1}^m - \alpha_{25}[(p_t^m - s_t) - mc_t^*] + z_t^m$$

der mc_t^* uttrykker utenlandske bedrifters marginalkostnader, s_t er realvalutakursen, p_t^m betegner nivået på importprisene og z_t^m er en eksogen forstyrrelse i importprisene. Betinget på utviklingen i de utenlandske bedriftenes inntjening, $(p_t^m - s_t) - mc_t^*$, kan vi skrive ligning (10) som:

$$(11) \quad \pi_t^m = \pi_{t-1}^m - \alpha_{26} \sum_{i=0}^{\infty} \alpha_{27}^i E_t [(p_{t+i}^m - s_{t+i}) - mc_{t+i}^*] + \alpha_{28} z_t^m$$

Importert inflasjon vil altså avhenge av utenlandske bedrifters forventede inntjening (målt i utenlandsk valuta). Samlet inflasjon er i modellen gitt som en vektet sum av innenlandsk og importert inflasjon.

De differensierte hjemmeproduserte varene settes

sammen til et aggregat av hjemmeproduserte varer, som igjen kombineres med et aggregat av differensierte importerte varer for til slutt å gi en aggregert ferdigvare. Denne aggregerte varen benyttes til investering, konsum og offentlig forbruk. Vi kan derfor skrive aggregert innenlandsk etterspørsel som følger:

$$(12) \quad a_t = c_t + i_t + g_t$$

hvor variablene a_t , c_t , i_t og g_t representerer hhv. samlet innenlandsk etterspørsel, konsum, investering og offentlig etterspørsel. Legg merke til at a_t betegner samlet etterspørsel og dermed inkluderer både innenlandsproduserte og importerte varer. Generalbudsjettlikningen på sin side beskriver samlet etterspørsel etter innenlandsproduserte varer og tjenester, og er relatert til a_t som følger:

$$(13) \quad y_t = a_t + s_t p_t^m m_t^* - p_t^m m_t$$

hvor y_t er samlet produksjon av innenlandske varer og tjenester, som må være lik samlet etterspørsel a_t , korrigert for nettoeksporten $s_t p_t^m m_t^* - p_t^m m_t$. Dersom vi setter inn for a_t fra ligningen over, får vi derfor generalbudsjettlikningen slik vi vanligvis er vant til å se den. Det er også viktig å legge merke til at NEMO gir en konsistent beskrivelse av strømnings- og beholdningsstørrelser. Endringer i kapitalmengden kan derfor knyttes til investeringene og kapitalslitet. Tilsvarende er det en eksplisitt sammenheng mellom endringer i utenlandsformuen og driftsbalansen overfor utlandet (nettoeksport tillagt rente- og stønadsbalansen).

Myndighetene

Offentlige utgifter er bestemt utenfor modellen og finansieres av en kopskatt. Dette er selvsagt en grov forenkling. Sentralbanken styrer etter et inflasjonsmål og setter styringsrenten i tråd med en nærmere spesifisert regel. Her kan vi velge mellom enkle regler, som for eksempel en Taylor-regel, eller mer generelle regler, som fremkommer ved minimering av sentralbankens tapsfunksjon. Et eksempel på en enkel regel vil være følgende:

$$(14) \quad r_t = \lambda r_{t-1} + (1 - \lambda)(\alpha_{29}\pi_t + \alpha_{30}y_t) + \varepsilon_t$$

der ε_t representerer en eksogen forstyrrelse i pengepolitikken. I henhold til denne regelen vil altså renten i en gitt periode være bestemt av nivået på renten i forrige periode, samlet inflasjon og produksjon.

Pengepolitikkenes rolle i modellen er å forankre inflasjonsforventningene. Det betyr at sentralbanken må sette renten slik at inflasjonsforventningene over tid er i tråd med inflasjonsmålet. Dette legger enkelte restriksjoner på renteregelen. Blant annet må renteregelen sikre at renten endres tilstrekkelig i situasjoner der inflasjonen avviker fra inflasjonsmålet. Typisk innebærer det at renten over tid endres mer enn endringen i inflasjonen, dvs. at $\alpha_{29} > 1$ i ligning (14).

¹⁷ Generelt vil etterspørselssjokk gi en negativ korrelasjon mellom profittmarginer og produksjonsgapet, mens tilbudssidesjokk fører til en positiv korrelasjon. Et sentralt premiss for dette resultatet er antakelsen om stive priser. Et positivt etterspørselssjokk vil for eksempel lede til høyere produksjon og økte produksjonskostnader. Siden vi antar at bedriftene i begrenset grad kan endre prisene på kort sikt, vil bedriftene ikke ha mulighet til fullt ut å velte kostnadsøkningen over i prisene. Dermed faller marginene.

2.3 Tallfesting

Modellen er estimert på data for perioden 1981–2007. Vi har brukt kvartalsvise tall for BNP, konsum, investeringer, sysselsetting, reallønn, inflasjon, importert inflasjon, realvalutakursen og nominell rente. For de utenlandske variablene i modellen har vi benyttet handelsvektede data for BNP, inflasjon, nominell rente og lønnskostnader. Dette gir i alt 13 observerbare variable. Vi har brukt et relativt stort antall variable for å kunne estimere et størst mulig antall parametre. Likevel er det enkelte parametre i modellen som ikke lar seg estimere, gitt informasjonssettet. Disse parametrene er kalibrert med utgangspunkt i resultater fra internasjonale studier og egne vurderinger av transmisjonsmekanismen.

Vi har benyttet en bayesiansk tilnærming for å bestemme parametrene i modellen. Dette innebærer grovt sagt at vi oppdaterer våre initiale anslag på parametrene i modellen basert på hva data forteller oss. Vårt initiale syn, eller vår *a priori* oppfatning om sannsynlighetsfordelingen til parametrene, bygger på tidligere vurderinger og erfaringer om økonomiens virkemåte. Sluttproduktet er en sannsynlighetsfordeling over parametrene, betinget på de data vi observerer. Det bayesianske rammeverket gir et utgangspunkt for blant annet å tallfeste prognoseusikkerheten i modellen, som blant annet kan anvendes til å lage usikkerhetsbånd rundt anslagene.

2.4 Transmisjonsmekanismen

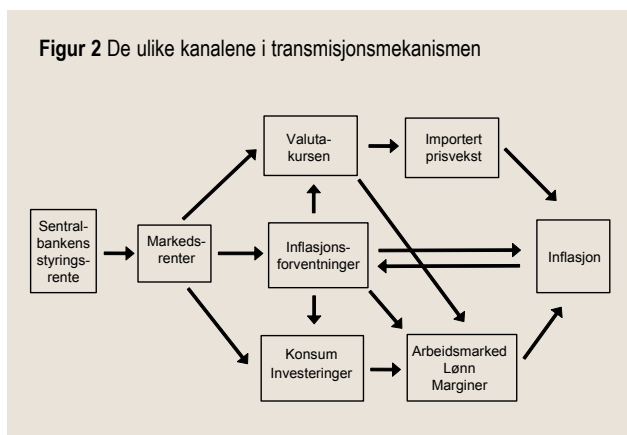
I en liten åpen økonomi som den norske virker pengepolitikken i hovedsak gjennom fem kanaler¹⁸: (1) Den direkte valutakurskanalen til inflasjon, (2) realrentekanalene til samlet etterspørsel, (3) valutakurskanalen til samlet etterspørsel, (4) etterspørselskanalen til inflasjon, og (5) forventningskanalen til inflasjon.¹⁹ Figur 2 gir en oversikt over transmisjonsmekanismen.

La oss se på effekten av at Norges Bank øker styringsrenten. Dette gir økt kortsiktig (nominell) pengemarkedsrente, og som følge av stive priser og lønninger øker også realrenten. For et gitt eksogent nivå på utenland-

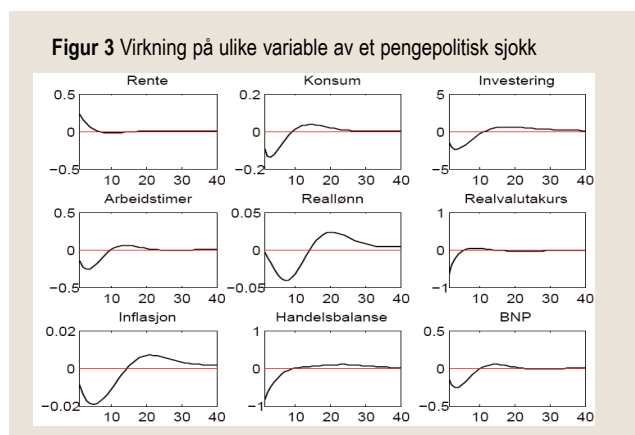
ske realrenter øker realrentedifferansen. Vi får derfor en realappresiering av den norske kronen. Den *direkte valutakurskanalen* til inflasjon består i at appresieringen gjør importerte varer billigere målt i norske kroner. Dermed faller også inflasjonen. Virkningen på inflasjonen vil avhenge av hvor raskt og hvor mye importprisene blir justert som følge av en endring i valutakursen (valutakursgjennomslaget). Videre påvirker både økt realrente og realappresiering samlet etterspørsel: økt realrente reduserer konsum- og investeringsetterspørselen, og en realappresiering demper etterspørselen etter hjemmeproduerte varer og tjenester ved at utenlandske produkter blir relativt billigere. Dette er hhv *realrentekanalene* og *valutakurskanalen til samlet etterspørsel*. Lavere etterspørsel vil i neste omgang redusere prisveksten. Dette kalles *etterspørselskanalen til inflasjonen*. I NEMO spiller forventninger til den fremtidige utviklingen i sentrale makroøkonomiske variable, ikke minst renten, en viktig rolle.²⁰ Siden sentralbankens reaksjonsmønster er modellert eksplisitt i NEMO, er det mulig for aktørene i økonomien å gjøre kvalifiserte gjetninger om den fremtidige renteutviklingen. Dette innebærer i sin tur at pengepolitikken vil påvirke dagens nivå på inflasjon, produksjon og sysselsetting også indirekte gjennom forventningsdannelsen. Dette kaller vi gjerne *forventningskanalen til inflasjonen*.

I figur 3 har vi vist virkningen over tid på et utvalg variable av en uventet forstyrrelse i nominelle renter. Initialt vil en økning i de nominelle rentene som nevnt lede til høyere realrenter som følge av at prisene antas å være stive på kort sikt. Høyere realrenter vil redusere etterspørselen etter både konsum- og investeringsvarer. Når bedriftene opplever et fall i etterspørselen etter sine produkter, vil de isolert sett ønske å redusere produksjonen av varer. Dette leder i sin tur til at etterspørselen etter både arbeidskraft og kapital faller. Dermed vil det oppstå et press i retning av lavere reallønn og lavere brukerpris på kapital. Billigere innsatsfaktorer vil gi et fall i marginalkostnadene, og de innenlandske bedriftene vil redusere prisene på sine produkter, både på hjemme- og eksportmarkedene. Prisendringene vil imidlertid skje

Figur 2 De ulike kanalene i transmisjonsmekanismen



Figur 3 Virkning på ulike variable av et pengepolitisk sjokk



¹⁸ Med kanaler mener vi mekanismer i norsk økonomi som pengepolitikken virker gjennom.

¹⁹ En ytterligere kanal er den såkalte *kredittkanalen* for pengepolitikken. Utgangspunktet her er eksistensen av imperfekte kredittmarkeder, som kan bidra til å forsterke virkningene av pengepolitikken. I den nåværende versjonen av NEMO ser vi bort fra dette aspektet. Vi har imidlertid også en versjon av modellen under utvikling, der en andel av husholdningene antas å være kredittrasjonerte.

²⁰ Se for eksempel ligning (2), som viser hvordan dagens konsumnivå avhenger av forventet utvikling i fremtidige realrenter.

gradvis som en følge av at vi i NEMO antar at det er kostnader forbundet med å justere prisene.

En uventet økning i renten vil også trekke i retning av sterkere kronekurs. Importprisene vil falle og forsterke nedgangen i samlet inflasjon. Likevel avtar importterspørselen, som følge av redusert innenlandsk etterspørsel. Endringer i valutakursen påvirker også eksportprisene. En sterkere krone vil i NEMO isolert sett føre til høyere eksportpriser, målt i fremmed valuta. Dette bidrar til å dempe utlandets etterspørsel etter norske produkter. Alt i alt fører en uventet økning i nominelle renter til en forverring av handelsbalansen. Vi får dermed en entydig nedgang i produksjonen.

Vi har så langt fokusert på de kortsiktige virkningene av en uventet forstyrrelse i renten. Etter hvert som aktørene i økonomien tilpasser nominelle størrelser til nye ønskede nivåer, vil økonomien gradvis vende tilbake til sin opprinnelige likevekt. Denne likevekten er blant annet kjennetegnet ved at alle realvariable er uendret (relativt til den underliggende vekstbanen).

3 Anvendelser

Modellen brukes både til å avdekke de underliggende drivkreftene i økonomien og til prognoseformål. Dette henger nært sammen. Identifisering av eksogene drivkrefter er avgjørende for å kunne gi gode anslag. Modellen vil også være nyttig i forbindelse med etterprøving av de publiserte anslagene. Ikke minst gjør det strukturelle rammeverket det mulig å dekomponere det relative bidraget fra ulike forstyrrelser til prognosefeil i ulike variable.

3.1 Identifisering av drivkrefter

En av fordelene med NEMO er at eksogene forstyrrelser i modellen er gitt en strukturell tolkning. Det betyr at vi kan bruke modellen til å identifisere strukturelle forhold som driver konjunkturutviklingen. NEMO kan for eksempel hjelpe oss til å forstå hvorfor inflasjonen har vært så lav de senere årene.

Løsningen av NEMO kan på kompakt form uttrykkes som følger:

$$(15) \quad Y_t = AY_{t-1} + B\varepsilon_t$$

der Y er en vektor av endogene variable og ε er en vektor av strukturelle sjokk. Elementene i ε oppsummerer variasjoner i forhold bestemt utenfor modellen, relatert til for eksempel produktivitet, konkurransesituasjonen i produkt- og arbeidsmarkedene eller finanspolitikken. A og B er koeffisientmatriser som er funksjoner av de strukturelle parametrene i modellen.

Av (15) følger det at bidraget fra de strukturelle forstyrrelsene til utviklingen i de endogene variablene i modellen er gitt ved:

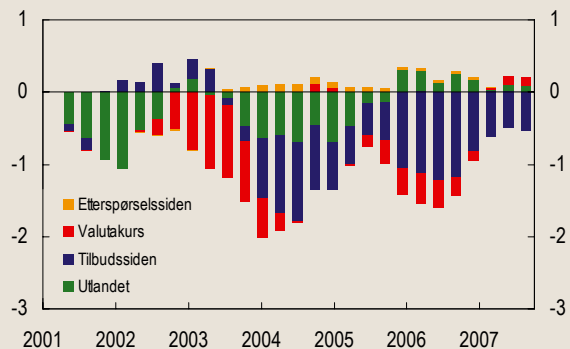
$$(16) \quad B\varepsilon_t = Y_t - AY_{t-1}$$

Ligning (16) sier at prediksjonsfeilen, $(Y_t - AY_{t-1})$, er lik bidraget fra vektoren av strukturelle sjokk, $(B\varepsilon_t)$. Når vi kjenner prognosefeilen for en gitt variabel, vil vi kunne bruke ligning (16) til å regne ut bidraget fra de ulike eksogene drivkreftene. Det er viktig å understreke at drivkreftene vi identifiserer, vil være betinget av modellen.

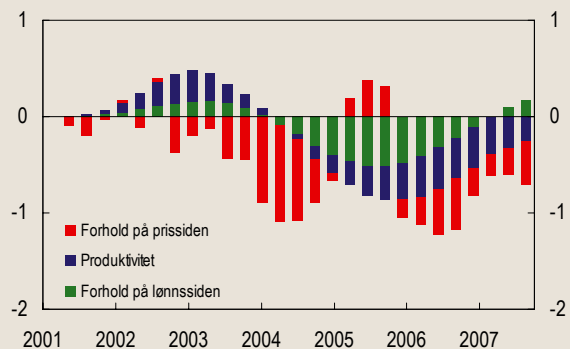
Vi har brukt NEMO til å identifisere eksogene drivkrefter bak inflasjonsutviklingen siden 2001. Resultatene er presentert i figur 4. I første del av perioden synes prisutviklingen langt på vei å være styrt av eksogene faktorer knyttet til valutakursen og importprisene. Det dreier seg her i første rekke om endringer i utenlandske renter og risikopremien, samt importvridningseffekter som følge av særlig sterk vekst i handelen med lavkostnadsland. De senere årene er det imidlertid innenlandske tilbudssideforhold som i hovedsak forklarer nedgangen i inflasjonen.

En dekomponering av bidragene fra ulike tilbudssidesjokk er vist i figur 5. Vi ser at betydningen av de ulike tilbudssidefaktorene har variert over perioden. Avdempingen i prisveksten i 2003 og 2004 var ifølge NEMO langt på vei et resultat av økt konkurranse i produktmarkedene. Dette er i samsvar med tidligere vurderinger gitt i Norges Banks inflasjonsrapporter. Fra

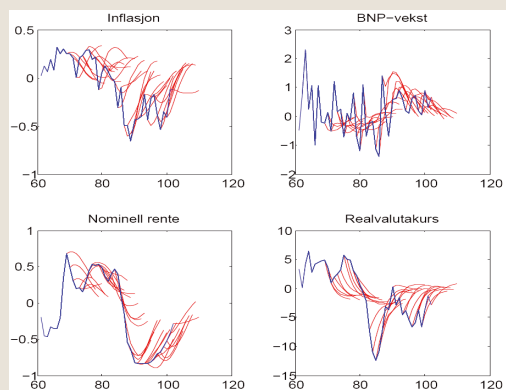
Figur 4 Hvorfor har inflasjonen falt? Bidrag fra ulike sjokk til inflasjonen. Prosentpoeng



Figur 5 Hvorfor har inflasjonen falt? Bidrag fra tilbudssidesjokk. Prosentpoeng



Figur 6 Løpende anslag basert på rekursiv estimering 1. kr. 1999 - 1. kr. 2007



2004 er det særlig økt konkurranse i arbeidsmarkedet og økt produktivitet som forklarer den lave veksten i konsumprisene. Blant annet var det i denne perioden en sterk økning i arbeidsinnvandringen fra nye EU-land, i første rekke Polen.

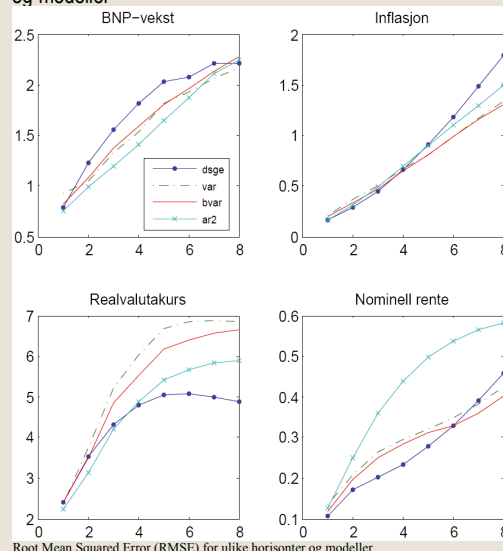
3.2 Prognoser

I figur 6 vises kvartalsvise anslag fra NEMO for ulike horisonter over perioden 4. kvartal 1998–4. kvartal 2006 for fire nøkkelvariablene. På hvert tidspunkt i denne perioden lages anslag for de åtte påfølgende kvartalene. Modellene estimeres rekursivt, slik at vi i prinsippet ikke benytter mer informasjon i estimeringen enn det som ville vært tilgjengelig på det tidspunktet prognosene lages.²¹ Alle variablene er målt som avvik fra sine respektive gjennomsnitt.

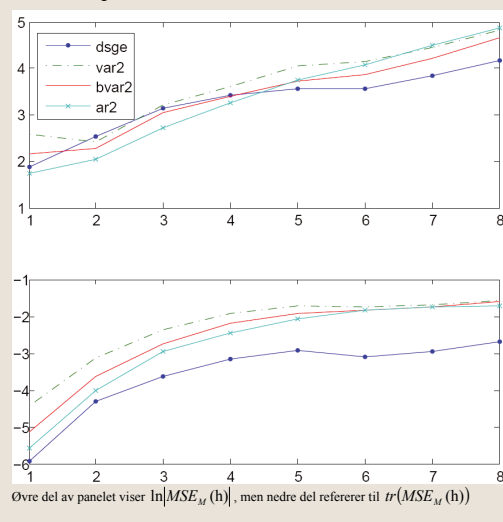
Prognosen for BNP-veksten tyder på at NEMO langt på vei treffer den underliggende utviklingen. Modellen har imidlertid problemer med å treffe de mer kortsiktige bevegelsene. Videre ser vi at NEMO i liten grad ville hjulpet oss med å forutse nedgangen i inflasjonen fra 2002. Renteanslagene synes gjennomgående å være mer i tråd med den faktiske utviklingen. Modellen synes også å fange opp hovedutviklingen i realvalutakursen.

For å vurdere prognoseegenskapene har vi sammenliknet anslagene fra NEMO med anslagene fra et utvalg alternative modeller som er foreslått i litteraturen: En VAR(2) uten parameterrestriksjoner, en BVAR(2) og et sett av univariate AR(2)-modeller.²² Modellenes treffsikkerhet for en gitt variabel og horisont er målt ved «Root Mean Squared Error»²³ (RMSE). Figur 7 viser RMSE for et utvalg av de innenlandske variablene over ulike horisonter. Hovedinntrykket er at NEMO er på linje med de konkurrerende modellene vi ser på her. Når det gjelder anslagene for BNP er NEMO om lag på linje med de alternative modellene på lang sikt. På kort sikt

Figur 7 Sammenlikning av prognosefeil mellom ulike horisonter og modeller



Figur 8 En sammenlikning av vektet prognosefeil for ulike modeller og horisonter



synes imidlertid modellen å gi noe større prognosefeil enn konkurrentene. For inflasjonen er bildet snudd på hodet. Her er NEMO mindre treffsikker på lang sikt. Anslagene for nominell rente er på linje med både VAR- og BVAR-modellen. Til slutt ser vi at NEMO er relativt treffsikker på realvalutakursanslagene for de lengste horisontene.

For å gi et mer formelt samleinntrykk av prognoseegenskapene til de ulike modellene, har vi også beregnet to ulike multivariate mål basert på en sammenvekting av treffsikkerheten for hver variabel.²⁴ Resultatene for de fire nøkkelvariablene er vist i figur 8. Begge målene indikerer at NEMO samlet sett gir lavere prognosefeil enn de alternative modellene på lang sikt.

²¹ Vi ser imidlertid bort fra realtidsaspektet knyttet til revisjoner i data.

²² Vektorautoregressive modeller, både uten parameterrestriksjoner (VAR) og med a priori parameterfordelinger (BVAR), er rene statistiske modeller som beskriver utviklingen i et sett av variable som multivariate autoregressive prosesser. En AR-modell er en univariat autoregressiv prosess. Særlig BVAR-modeller har vist seg å ha svært gode prognoseegenskaper.

²³ Dette er et mål på presisjonen i prognosene som er beregnet ved å ta kvadratrot av gjennomsnittet til alle kvadrerte prognosefeil for en gitt variabel (og horisont).

²⁴ Begge målene er basert på den gjennomsnittlige, kvadrerte prognosefeilen (MSE) definert som: $MSE_M(h) = \frac{1}{N_h} \sum_{t=T}^{T+N_h-1} (Y_{t+h} - \hat{Y}_{t+h|M}) \Omega^{-1} (Y_{t+h} - \hat{Y}_{t+h|M})'$, hvor $(Y_{t+h} - \hat{Y}_{t+h|M})'$ er prognosefeilen for en gitt horisont h , N_h angir antall prognoser med horisont h mens Ω er en skaleringsmatrise. Vi ser på hhv. $\ln|MSE_M(h)|$ (log-determinant) og $tr(MSE_M(h))$ (trace).

4 Konkluderende merknader

Vi har i denne artikkelen gitt en presentasjon av Norges Banks nye makromodell for norsk økonomi. Modellen inneholder de viktigste kanalene for sammenhengen mellom pengepolitikken og makroøkonomiske nøkkelvariable. Det har vært et uttalt mål å balansere hensynet til oversiktighet med realisme i utformingen av modellen. Dette innebærer at vi på enkelte områder har foretatt en del grove forenklinger, blant annet i modelleringen av finanspolitikken og finansmarkedene. Likevel synes modellen langt på vei å gi en tilfredsstillende beskrivelse av hovedtrekkene i den økonomiske utviklingen slik de fremkommer i data. Vi vil imidlertid ikke underslå at det er en del problemer med å estimere modellen på data fra perioder med ulike pengepolitiske regimer. De estimerte parametrene må derfor tolkes med varsomhet. Til syvende og sist vil imidlertid modellens suksess vurderes ut fra hvor nyttig den er for Norges Bank i utformingen av pengepolitikken.

NEMO er én av flere modeller som benyttes i utøvelsen av pengepolitikken. For å skaffe et bedre bilde av den dagsaktuelle situasjonen og av utviklingen de nærmeste kvartalene, brukes i utstrakt grad ulike korttidsmodeller. Slike modeller kan fange opp tidsserieegenskapene i data og samvariasjoner som i mange tilfeller vil kunne gi brukbar treffsikkerhet uten at modellens sammenhenger følger direkte fra økonomisk teori. For å lage prognoser på litt lengre sikt er vi imidlertid avhengig av å forstå hvilke krefter som er i sving og hvordan de virker i økonomien. Her vil ikke statistiske prognosemodeller være til særlig hjelp. For å kunne snakke om årsak og virkning må vi ha et stødig utgangspunkt i økonomisk teori. Styrken til NEMO er at den muliggjør en konsistent og økonomisk tolkbar beskrivelse av sammenhengen mellom pengepolitikken og konjunkturutviklingen. Modellen formaliserer langt på vei Norges Banks syn på de overordnede sammenhengene i norsk økonomi. Slik sett bidrar den til et forent rammeverk som strukturerer den interne diskusjonen og kommunikasjonen eksternt.

Modeller innebærer imidlertid alltid forenklinger og vil aldri kunne gi en uttømmende beskrivelse av virkeligheten, men en god makroøkonomisk modell kan og bør være et bakteppe som holder orden på resonnementene. På den måten kan modellen spille en viktig rolle i grunnlaget for rentesettingen. Samtidig er det viktig å minne om at vi i utøvelsen av pengepolitikken alltid må supplere resultatene fra modeller med skjønnsmessige vurderinger.

Referanser

- Adolfson, M., S. Laséen, J. Lindé og M. Villani (2005a): «The Role of Sticky Prices in an Open Economy DSGE Model: A Bayesian Investigation», *Journal of the European Economic Association*, vol. 3, pp. 444–457
- Adolfson, M., S. Laséen, J. Lindé og M. Villani (2005b): «Evaluating an Estimated Small Open Economy Model», *Working Paper 203*, Sveriges Riksbank
- Bank of England (2004): «The new Bank of England Quarterly Model», *Quarterly Bulletin 2*, Bank of England.
- Brubakk, L., T. A. Husebø, J. Maih, K. Olsen og M. Østnor (2006): «Finding NEMO: Documentation of the Norwegian economy model», *Staff Memo 2006/6*, Norges Bank
- Coenen, G., P. McAdam og R. Straub (2007): «Tax Reform and Labour Market Performance in the Euro Area: A Simulation-Based Analysis Using the New Area-Wide Model», *Working Paper 747*, Den europeiske sentralbanken
- Fenton, P. og S. Murchison (2006): «ToTEM: The Bank of Canada's New Projection and Policy-Analysis model», *Bank of Canada Review*, vol. 3, 2006
- IMF (2007): «GEM: A New International Macroeconomic Model». *Occasional paper 239*, IMF
- Kim J. (2000): «Constructing and Estimating a Realistic Optimizing Model of Monetary Policy», *Journal of Monetary Economics*, 45(2)
- King R. G. og S. Rebelo (1999): «Resuscitating the Real Business Cycle», *Handbook of Macroeconomics*, vol. 1b
- Koop, G., D. J. Poirier og J. L. Tobias (2007): *Bayesian Econometric Methods*, Cambridge University Press
- Rotemberg, J. J. (1982): «Sticky Prices in the United States», *Journal of Political Economy*, 90 (6)