

Pankkisektoria koskevia stokastisia dynaamisia optimointimalleja

Rasmus Ahvenniemi

Väitöskirjassa esitellään pankkisektorin päätöksentekoa koskevia malleja, jotka sisältävät talouskehitykseen liittyvää epävarmuutta ja joissa päätöksenteko jakaantuu usealle periodille (ns. stokastisia dynaamisia optimointimalleja). Mallit ratkaistaan käyttäen numeerisia ratkaisumenetelmiä. Pankkeja tarkastellaan kahdesta eri näkökulmasta. Kahdessa ensimmäisessä tutkimuksessa tarkastellaan yksittäisiä liikepankkeja ympäristöissä, joihin sisältyy mahdollisten finanssikriisien riski. Kolmannessa tutkimuksessa puolestaan otetaan laajempi näkökulma ja tarkastellaan koko pankkisektoria kokonaisuutena ja oletetaan sen olevan osa taloutta ja vuorovaikuttavan talouden muiden osien kanssa. Tällöin pankkijärjestelmässä tapahtuvan rahanluonnin merkitys tulee oleelliseksi. Kun pankkisektoria tarkastellaan kokonaisuutena, syntyy yhteys liikepankkien lainannosta niiden rahoitukseen, koska uusien lainojen myöntäminen kasvattaa talletusten kokonaismäärää pankkijärjestelmässä.

Finanssikriisiin varautuvan pankin käyttäytyminen

Ensimmäisessä tutkimuksessa esitellään pankin optimaalista päätöksentekoa koskeva malli. Mallissa tarkastellaan pankin taseen kehittymistä tilanteessa, jossa on läsnä uhka finanssikriisistä, jonka realisoituminen ja ajoitus ovat epävarmoja. Mallin parametrien arvoista riippuen kriisiin voi sisältyä lainan ottajien päätymistä maksukyvyttömyiksi sekä uuden rahoituksen saatavuuden heikentymistä. Mallissa tarkastellaan varautumistoimenpiteitä, joita pankki tekee valmistautuessaan mahdolliseen finanssikriisiin sekä pankin reaktioita kriisin sattuessa.

Pankin oletetaan voivan säätää taseensa kokoa ja koostumusta tekemällä päätöksiä lainojen myöntämisen ja uuden rahoituksen hankkimisen suhteen. Tavoitteena on oman pääoman arvon odotusarvoisen määrän maksimointi tarkasteluhorisontin viimeisellä periodilla. Näin

Kirjoitus perustuu Helsingin Yliopistossa 13. maaliskuuta 2015 tarkastettuun väitöskirjaan ”*Stochastic Dynamic Optimization Models in the Banking Sector*”. Väitöstilaisuudessa vastaväittäjänä toimi apulaisprofessori Jussi Keppo (National University of Singapore) ja kustoksena toimi professori Markku Lanne. VTT Rasmus Ahvenniemi (rasmus.ahvenniemi@iki.fi) työskentelee riskienhallintapäällikkönä Vakuutusosakeyhtiö Garantiassa.

ollen pankilla on kannustin tehdä voittoa. Tuottoja pankki saa korkotuloista, ja kuluja puolestaan ovat korkomenot sekä lainanottajien maksukyvyttömyydestä johtuvat menetykset.

Pankin taseen oletetaan sisältävän käteistä, lainoja, talletuksia ja omaa pääomaa. Pankki siis myöntää lainoja ja ottaa vastaan talletuksia, joiden tässä oletetaan tarkoittavan pankin rahoituksen eri muotoja. Pankin antolainauksen ja rahoituksen maturiteettiero (*maturity mismatch*) on mallin keskeinen piirre, ja kullakin ajanjaksolla tapahtuva lainojen ja talletusten erääntyminen on mallinnettu eksplisiittisesti.

Malli on muotoiltu skenaariopohjaisena stokastisena optimointimallina (Kusy ja Ziemba 1986), ja se on ratkaistu soveltaen lineaarista optimointia. Tässä mallintamistavassa tulevaisuus esitetään haarautuvana skenaariopuuna, jossa eri skenaariot edustavat erilaisia vaihtoehtoisia talouden kehityskulkuja. Kuhunkin kehityskulkuun liittyy päätöksiä, joilla reagoidaan jo tapahtuneeseen sekä varaudutaan tulevaisuuden epävarmuuteen.

Malli on ratkaistu useaan kertaan käyttäen erilaisia parametrijohdistelmää. Tällä tavalla on voitu kokeilla erilaisia oletuksia koskien kriisin laatua, vakavuutta ja kestoja. Mallilla on tarkasteltu pankin käyttäytymistä muun muassa likviditeettikriisissä, jossa uuden rahoituksen saatavuus romahtaa, sekä kriisissä, jossa osa pankin myöntämistä lainoista jää saamatta takaisin johtuen lainanottajan maksukyvyttömyydestä. Lisäksi on tarkasteltu kriisiä, joka on näiden kahden perustyyppin yhdistelmä.

Yleisesti ottaen mallin tuloksista havaitaan pankin taipumus käyttää vähemmän velkaviivua sen varautuessa mahdolliseen finanssikriisiin sekä pankin taipumus kerätä käteisreservettä likviditeettinsä varmistamiseksi. Skenaariopohjaiselle stokastiselle optimoinnille pohjau-

tuvia malleja on aiemmin sovellettu suhteellisen laajasti sovellettuun matematiikkaan kuuluvassa operaatiotutkimuksessa, jossa tarkastellaan muun muassa yritysten päätöksentekoa koskevia malleja. Ensimmäisen tutkimuksen yleisen tulos onkin sen osoittaminen, että käytetty menetelmä on sovellettavissa myös taloustieteellisten teoreettisten analyysien tekemiseen.

Stokastinen dynaaminen portfoliomalli pankin taseesta

Toisessa tutkimuksessa esitellään portfoliomalli, joka koskee päätöksiä ajan yli epävarmuutta sisältävässä ympäristössä tekevää pankkia. Pankin taseen oletetaan koostuvan käteisestä, lainoista, talletuksista ja omasta pääomasta, kuten ensimmäisessäkin tutkimuksessa. Pankin oletetaan jokaisella ajanjaksolla tekevän päätöksiä myöntämiensä lainojen määrästä, mikä puolestaan vaikuttaa siihen, kuinka sen varallisuus jakaantuu likvidin käteisen ja ei-likvidien lainojen välillä. Mallissa oletetaan, että antolainauksen ja rahoituksen maturiteetit eroavat toisistaan. Uuden rahoituksen saatavuus oletetaan epävarmaksi ja satunnaisesti muuttuvasta, yleisestä taloustilanteesta riippuvaksi. Uuden rahoituksen saatavuuden alentumisen tulkitaan tarkoittavan, että talous on likviditeettikriisissä. Pankin tavoitteena on optimoida antolainauksen korkotuloista ja talletusten korkomenoista johtuvia odotettuja tuottoja ja samalla pyrkiä välttämään maksukyvyttömäksi joutumista.

Malli on muotoiltu stokastisena, dynaamisena optimointimallina, ja se ratkaistaan soveltaen ns. arvofunktion iterointia. Tämä menetelmä on yleisesti käytössä esim. *Real Business Cycle* -makrotalousmalleja käsittelevissä oppi-

kirjoissa (McCandless 2008). Mallissa tarkasteltavan pankin taseen koostumus kuvataan tilamuuttujilla, joita ovat käteisen määrä, lainojen määrä ja talletusten määrä. Mallin tilamuuttujiin kuuluu näiden ohella talouden tilaa kuvaava muuttuja, joka voi saada kaksi eri arvoa: joko talous on normaalitilassa tai sitten se on kriisissä eli tässä tapauksessa likviditeettikriisissä. Talouden tilan oletetaan vaihtelevan satunnaisesti näiden kahden tilanteen välillä annettuja siirtymätodennäköisyyksiä noudattaen. Mallin ratkaisu sisältää kuhunkin tilamuuttujan yhdistelmään liittyvät optimaaliset toimenpiteet. Toisin sanoen, kun annettuna on pankin käteisen määrä, lainojen määrä ja talletusten määrä sekä talouden tila, mallin ratkaisusta voidaan lukea optimaalinen uusien lainojen myöntämisen määrä.

Mallin simulaatioissa havaitaan, että pankki pitää taseessaan jonkin verran käteistä, vaikka mallin lainoihin ei liity minkäänlaista luottoriskiä. Pankki toimii näin siitä huolimatta, että käteisenä pidetty varallisuus ei tarjoa tuottoja ja lainat tarjoavat tuottoja. Antolainauksen ja rahoituksen maturiteettiero vaikuttaa pankin sijoitusportfolion koostumukseen eli siihen, kuinka paljon pankki pitää taseessaan käteistä ja lainoja. Mallissa, johon ei sisälly luottoriskiä, merkittäviä käteisvaroja pidetään taseessa, jos ja vain jos asetelmaan sisältyy sekä maturiteettiero että likviditeettikriisien uhka.

Keskuspankkipolitiikan dynaaminen optimointi rahanluonnin ollessa endogeenista

Kolmannessa tutkimuksessa esitellään malli, joka sisältää keskuspankin ja liikepankkisektorin. Reaalitalouteen kohdistuu mallissa satunnaisia tuottavuusshokkeja. Keskuspankin ole-

tetaan säätävän ajan myötä rahaperustan kokoa. Kierrossa olevan fyysisen käteisen tarkastelu on tässä ohitettu, joten rahaperustan oletetaan koostuvan liikepankkien reserveistä. Esimerkki siitä, miten keskuspankki voi säätää rahaperustan kokoa, on äskettäin alkanut Euroopan keskuspankin harjoittama niin sanottu määrällinen keventäminen (*quantitative easing*). Tässä keskuspankki ostaa liikepankeilta velkakirjoja korvaten ne uusilla reserveillä, jolloin rahaperusta kasvaa. Myös tavanomaisempi keskuspankkipolitiikka vaikuttaa rahaperustan kokoon.

Liikepankkien kassareservivaatimuksista oletetaan, että annetulla ajan hetkellä ne voivat joko olla ei-sitovia tai sitovia. Toisin sanoen, reservejä voi olla myös enemmän kuin sääntely edellyttää, jolloin sääntely ei aseta sitovia rajoitteita uusien lainojen myöntämiselle. Kun kassareservivaatimukset ovat sitovia, rahanluonnin oletetaan riippuvan sääntelyn edellyttämästä kassareservisuhteesta perinteisen rahanlaajennuskerroinmallin mukaisesti. Muussa tapauksessa rahanluonti oletetaan *endogeeniseksi* eli liikepankkien lainanantopäätöksistä riippuvaksi. Liikepankin päättäessä myöntää lainan syntyy liikepankkisektorin kokonaistaseen velkapuolelle yhtä suuri talletus, ja siten rahan tarjonta kasvaa. Tässä mallissa tarkastelua on yksinkertaistettu niin, että pankkisektoria tarkastellaan yhtenä kokonaisuutena, eikä sitä jaeta useisiin yksittäisiin liikepankkeihin. Tämä yksinkertaistus on perusteltu johtuen tarkastelutason yleisyydestä ja tarkastelun keskittymiskohteista. Endogeenistä rahaa ovat käsitelleet esim. Arestis ja Sawyer (2006).

Endogeenisen rahanluonnin tapauksessa lainanannon oletetaan riippuvan reaalitalouden tilanteesta ja jossakin määrin keskuspankkipolitiikasta, joka vaikuttaa niin sanotun portfoli-

on tasapainotusvaikutuksen kaltaisten välityskanavien kautta. Tällä vaikutuksella viitataan siihen, että esimerkiksi rahapolitiikan löysentämisestä seuraava reservien osuuden kasvu liikepankkien taseissa luo niille kannustimen hankkia taseisiinsa uusia, korkeamman tuotto- ja riskitason varallisuuseriä, minkä puolestaan ajatellaan lisäävän lainojen myöntämistä.

Liikepankkisektorin antolainauksen kokonaismäärän oletetaan vaikuttavan talouteen kahdella tavalla. Ensinnäkin reaalityalouden tulevan kehityksen oletetaan riippuvan satunnaisten tuottavuushokkien ohella myös antolainauksen määrän kehittymisestä eli antolainauksen oletetaan piristävän reaalityaloutta. Toiseksi oletetaan, että antolainaus vaikuttaa inflaatioon, koska lainan antaminen luo uusia talletuksia ja lisää siten rahan tarjontaa. Keskuspankin tavoitteena on mallissa inflaation pitäminen tavoitetason läheisyydessä ajan yli.

Malli esitetään stokastisena dynaamisena optimointimallina ja ratkaistaan soveltaen arvofunktion iterointia. Mallin tulosten mukaan talouden laman aikoina liikepankkisektori rajoittaa lainanantoa, taloudessa ilmenee deflaatiota ja keskuspankki harjoittaa löysää rahapolitiikka kasvattaen rahaperustaa tarkoitukse-

naan deflaation torjuminen. Samalla rahanlaajennuskerroin pienenee eli reservien suhteellinen osuus liikepankkisektorin taseesta kasvaa. Laman päättymisen jälkeen puolestaan on ajanjakso, jonka aikana taloudessa ilmenee inflaatiota, koska laman aikana kasvatetut reservit mahdollistavat lainanannon merkittävän lisääntymisen ja siten rahan tarjonnan kasvun. Tuona aikana keskuspankki harjoittaa kireää rahapolitiikkaa pienentäen rahaperustaa tarkoituksenaan inflaation torjuminen. Tällöin rahanlaajennuskerroin kasvaa eli reservien suhteellinen osuus pankkien taseista pienenee. □

Kirjallisuus

- Arestis, P. ja Sawyer, M. (2006), "The nature and role of monetary policy when money is endogenous", *Cambridge Journal of Economics* 30: 847–860.
- Kusy, M. ja Ziemba, W. (1986), "A bank asset and liability management model", *Operations Research* 34: 356–376.
- McCandless, G. (2008), *The ABCs of RBCs: An Introduction to Dynamic Macroeconomic Models*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.