

UNIVERZA V LJUBLJANI  
EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

**FISKALNA POLITIKA V RAZMERAH LIKVIDNOSTNE PASTI: DSGE  
PRISTOP**

Ljubljana, september 2015

JAN RADOVAN

## IZJAVA O AVTORSTVU

Spodaj podpisani **Jan Radovan**, študent Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, izjavljam, da sem avtor magistrskega dela z naslovom **Fiskalna politika v razmerah likvidnostne pasti: DSGE pristop**, pripravljenega v sodelovanju s svetovalcem **prof. dr. Igorjem Mastenom**.

Izrecno izjavljam, da v skladu z določili Zakona o avtorski in sorodnih pravicah (Ur. l. RS, št. 21/1995 s spremembami) dovolim objavo magistrskega dela na fakultetnih spletnih straneh.

S svojim podpisom zagotavljam, da

- je predloženo besedilo rezultat izključno mojega lastnega raziskovalnega dela;
- je predloženo besedilo jezikovno korektno in tehnično pripravljeno v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, kar pomeni, da sem
  - poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev oziroma avtoric, ki jih uporabljam v magistrskem delu, citirana oziroma navedena v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, in
  - pridobil vsa dovoljenja za uporabo avtorskih del, ki so v celoti (v pisni ali grafični obliki) uporabljena v tekstu, in sem to v besedilu tudi jasno zapisal;
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del (v pisni ali grafični obliki) kot mojih lastnih – kaznivo po Kazenskem zakoniku (Ur. l. RS, št. 55/2008 s spremembami);
- se zavedam posledic, ki bi jih na osnovi predloženega magistrskega dela dokazano plagiatorstvo lahko predstavljalo za moj status na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani v skladu z relevantnim pravilnikom.

V Ljubljani, dne \_\_\_\_\_

Podpis avtorja: \_\_\_\_\_

# KAZALO

<b>UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>1 ZGODOVINSKE IN TEORETIČNE ZNAČILNOSTI DSGE MODELOV</b> .....	<b>4</b>
1.1 Zgodovinsko ozadje DSGE modelov .....	4
1.2 Teoretične značilnosti novo keynesianskih DSGE modelov .....	8
<b>2 GOSPODARSKA KRIZA IN FISKALNE SPODBUDE</b> .....	<b>14</b>
2.1 Gospodarska kriza in njen vpliv na srednjeročne in dolgoročne obrestne mere .....	14
2.2 Fiskalne spodbude v gospodarski krizi .....	17
<b>3 NOVO KEYNESIANSKI DSGE MODEL ZAPRTEGA GOSPODARSTVA OB PRISOTNOSTI LIKVIDNOSTNE PASTI</b> .....	<b>24</b>
3.1 Gospodinjstva.....	24
3.2 Podjetja.....	30
3.2.1 Proizvajalci končnih dobrin .....	30
3.2.2 Proizvajalci vmesnih dobrin.....	33
3.2.2.1 Mejni stroški.....	33
3.2.2.2 Fleksibilne cene.....	36
3.2.2.3 Calvov tip cenovne rigidnosti .....	37
3.3 Država in centralna banka .....	39
3.4 Agregatni pogoji.....	41
3.5 Tržno ravnovesje .....	41
<b>4 KALIBRACIJA IN REŠEVANJE MODELA</b> .....	<b>46</b>
4.1 Kalibracija parametrov .....	47
4.2 Reševanje DSGE modela .....	50
<b>5 SIMULACIJA MODELA V PROGRAMSKEM PAKETU DYNARE</b> .....	<b>54</b>
5.1 Delovanje programskega paketa Dynare.....	54

5.2 Holden-Paetzov algoritem.....	55
5.3 Impulzni odzivi spremenljivk na posamezne šoke.....	57
5.4 Fiskalni multiplikator ob prisotnosti finančnega šoka .....	65
<b>SKLEP.....</b>	<b>68</b>
<b>LITERATURA IN VIRI.....</b>	<b>71</b>

## KAZALO SLIK

Slika 1: Osnovna struktura DSGE modela.....	9
Slika 2: Taylorjevo pravilo v primerjavi s FFTR (od 2001 naprej) .....	12
Slika 3: Monopolistična konkurenca.....	33
Slika 4: Vrednosti Calvovega parametra pri različnih specifikacijah sektorjev .....	48
Slika 5: Impulzni odzivi na pozitiven tehnološki šok pri vrednosti $\rho_A = 0,4$ .....	58
Slika 6: Impulzni odzivi na pozitiven šok v denarni politiki pri vrednosti $\rho_{MP} = 0,4$ .....	60
Slika 7: Impulzni odzivi na negativen šok v stroških podjetja pri vrednosti $\rho_\xi = 0,4$ .....	61
Slika 8: Impulzni odzivi na negativen šok v preferencah gospodinjstev pri vrednosti $\rho_\chi = 0,4$ .....	63
Slika 9: Impulzni odzivi na negativen šok v državnih izdatkih pri vrednosti $\rho_G = 0,4$ .....	64

## KAZALO TABEL

Tabela 1: Fiskalni multiplikator, ko denarna politika sledi Taylorjevemu pravilu.....	66
Tabela 2: Fiskalni multiplikator ob prisotnosti ničelne spodnje meje (ZLB) pri vrednosti $\rho_\chi = 0,4$ .....	67
Tabela 3: Fiskalni multiplikator ob prisotnosti ničelne spodnje meje (ZLB) pri vrednosti $\rho_\chi = 0,6$ .....	67
Tabela 4: Fiskalni multiplikator ob prisotnosti ničelne spodnje meje (ZLB) pri vrednosti $\rho_\chi = 0,8$ .....	67

## UVOD

V zadnjem desetletju je postala analiza denarne politike ena ključnih vej sodobne makroekonomije. Trud številnih ekonomistov, ki so želeli podrobneje razumeti odnose med realnimi ekonomskimi spremenljivkami (kot so realni bruto domači proizvod, realne obrestne mere, zaposlenost in realni devizni tečajji) in nominalnimi spremenljivkami (kot so inflacija, nominalne obrestne mere, nominalni devizni tečajji in ponudba denarja), je obrodil sadove z nastankom modelov, znanih tudi pod imenom novo keynesianski dinamični stohastični modeli splošnega ravnovesja oziroma DSGE modeli (angl. *dynamic stochastic general equilibrium models*) (Galí, 2008, str. 1). Nastali so kot kritika prej prevladujočih modelov realnih poslovnih ciklov oziroma krajše RBC modelov (angl. *real business cycle models*), saj so v makroekonomske analize vpeljali številne »keynesianske« predpostavke o različnih vrstah rigidnosti na trgu (monopolistična konkurenca, cenovna in plačna rigidnost, nepopolna informiranost agentov in druge). Ta preskok je v veliki meri izboljšal tako karakteristične značilnosti modelov kot tudi njihovo empirično ustreznost, v makroekonomske analize gospodarstev pa ponovno vrnil temeljno vprašanje obravnavanja optimalne, stabilizacijske denarne in fiskalne politike (Slanicay, 2014, str. 150-151).

Leta 2007 pa je bila večina svetovnih gospodarstev izpostavljena največji ekonomski in finančni krizi v vsej svoji zgodovini. Centralne banke po svetu so v želji po čimprejšnjem izhodu iz težke situacije najprej poskusile s konvencionalnimi ukrepi zniževanja obrestnih mer. Z vodenjem ekspanzivnih politik so želele v gospodarstva vnesti zaupanje in vplivati na pričakovanja in odločitve agentov na trgu. Po drugi strani pa je bilo vedno bolj opazno, da konvencionalni ukrepi na žalost ne bodo dovolj. Večina gospodarstev se je soočila z izjemno nizkimi ali celo ničelnimi obrestnimi merami, kar je onemogočilo vodenje denarne politike prek obrestnega kanala. Centralne banke so se začele posluževati različnih nekonvencionalnih ukrepov (med njimi je najbolj poznano kvantitativno sproščanje (angl. *quantitative easing*)), katerih problem pa je, kot to opišeta Cecchetti in Schoenholtz (2014, str. 506), predvsem v njihovi izjemno nepredvidljivi naravi, kar predstavlja skrito grožnjo za morebiten dvig inflacije v prihodnosti. Vse pogosteje so se pogledi snovalcev ekonomskih politik pričeli obračati k fiskalnim ukrepom. V ekonomski sredini so se pojavile številne raziskave različnih avtorjev, med katerimi so morda bolje poznani Christiano, Eichenbaum in Rebelo (2009), Eggertsson (2011) in Woodford (2011). Njihove raziskave so kazale na dotlej v ozadje potisnjeno dejstvo, da v razmerah likvidnostne pasti konvencionalni ukrepi vodenja denarne politike niso več učinkoviti pri spodbujanju agregatnega povpraševanja. Dognanja ekonomistov so vsa težila k pomembnemu zaključku: v razmerah, ko obrestne mere ne moremo nadalje manipulirati oziroma zniževati, postane fiskalna politika bolj učinkovita, kar dokazujejo tudi višje vrednosti fiskalnih multiplikatorjev (v večini primerov višje od 1).

Cilj magistrskega dela je predstaviti lasten DSGE model zaprtega gospodarstva v razmerah likvidnostne pasti (angl. *liquidity trap*). Model je zgrajen na temeljih, kot so jih zapisali Christiano, Eichenbaum in Evans (2005) ter Smets in Wouters (2003). Dopolnim ga z

vpeljavo problematike ničelne obrestne mere (angl. *zero lower bound constraint on nominal interest rates*), pri čemer vpeljava omejitve gibanja obrestne mere sledi algoritmu, kot sta ga izpeljala Holden in Paetz (2012). V tej situaciji je vodenje denarne politike omejeno, saj je nadaljnje zniževanje nominalne obrestne mere, ki danes predstavlja v večini držav glavni instrument vodenja denarne politike, onemogočeno. S simulacijo modela v izbrani programski opremi primerjam odzive makroekonomskih spremenljivk v dveh različnih scenarijih:

- v prvem scenariju vodenje denarne politike temelji na podlagi vnaprej določenega monetarnega pravila (Taylorjevo pravilo → instrument denarne politike je v tem primeru obrestna mera, kar pomeni, da spremljamo vodenje politike prek obrestnega kanala);
- v drugem scenariju je vodenje denarne politike omejeno, saj nominalna obrestna mera, ki si jo zamisli snovalec denarne politike (centralna banka), ne more biti manjša od 0.

Z nadaljnjo vpeljavo finančnega šoka v model in izračunom fiskalnih multiplikatorjev poskušam upravičiti dejstvo, da bi uglašena fiskalna politika pripomogla k hitrejšemu okrevanju gospodarstva predvsem zaradi njenega predvidljivega vpliva na makroekonomske spremenljivke, česar za ukrepe nekonvencionalne denarne politike ne morem trditi. Ključno spoznanje bo, da v razmerah likvidnostne pasti vloga dobro načrtovane fiskalne politike ni več zanemarljiva.

Namen magistrskega dela je bralce bolje seznaniti s problematiko tekoče gospodarske krize in njenim vplivom na makroekonomsko modeliranje gospodarstev. Predvsem predhodne raziskave, povzete iz tuje literature, bodo pokazale pomembnost fiskalnih ukrepov in njihov vpliv na gospodarstvo. Z lastnim modelom in izračunom fiskalnih multiplikatorjev pa kasneje tudi sam poskušam upravičiti pomembnost uglašene fiskalne politike.

Teme, ki jih bolj poglobljeno razvijem v svojem magistrskem delu, so:

- vpliv gospodarske krize na oblikovanje srednjeročnih in dolgoročnih obrestnih mer v gospodarstvu;
- možne oblike fiskalne spodbude in njihov vpliv na ključne makroekonomske spremenljivke;
- razvoj DSGE modela, s katerim prikažem impulzne odzive makroekonomskih spremenljivk v obeh že opredeljenih scenarijih;
- primerjava fiskalnih politik oz. bolje rečeno primerjava multiplikatorjev javnih izdatkov med možnima scenarijema;
- zaključna ugotovitev, kjer tudi poskušam potrditi hipotezo magistrskega dela: v primeru likvidnostne pasti (situacija, ko so obrestne mere izjemno nizke in prebivalstvo še vedno noče trošiti, saj pričakujejo v prihodnosti dvig obrestnih mer, kar dodatno spodbuja varčevanje s strani gospodinjstev) postane fiskalna politika mnogo bolj učinkovita kot v scenariju, ko lahko upravljam tudi z denarno politiko. Zaključim, da je v prvem scenariju (denarna politika sledi Taylorjevemu pravilu) bolje voditi politiko z običajnimi

instrumenti, kot je obrestna mera (lahko tudi menjalni tečaj), v primeru likvidnostne pasti pa postane učinek fiskalne politike nezanemarljiv.

Magistrsko delo je brez upoštevanja prvega poglavja, ki predstavlja uvod, in zadnjega poglavja, ki tvori sklep, razdeljeno na pet medsebojno povezanih vsebinskih enot. Prvo poglavje dela je razdeljeno na dva dela. V prvem delu se na kratko vrnem v preteklost in proučim zgodovinsko ozadje in razvoj DSGE modelov. Toku razvoja teorij sledim od nastanka Keynesovega velikega dela Splošna teorija zaposlenosti, obresti in denarja, prek trenj in nasprotij, ki so vladala med neo keynesianci in njihovimi sodobnimi nasprotniki, vse do izgradnje in rojstva sodobnih DSGE modelov. Drugi del je namenjen predstavitvi osnovnih teoretičnih značilnosti novo keynesianskih DSGE modelov. Bralce spoznam s tremi temeljnimi gradniki in njihovo medsebojno povezanostjo pri interakciji na trgu. Na koncu dela omenim tudi možne razširitve osnovnega modela, ki so jih ekonomisti skozi vsa leta razvili.

Drugo poglavje se prične z obravnavanjem tematike ekonomske in finančne krize. Tu se osredotočim predvsem na predhodne analize in raziskave avtorjev. V prvem delu poglavja opišem situacijo in problem tekoče gospodarske krize ter se osredotočim predvsem na vpliv kriznih razmer na oblikovanje srednjeročnih in dolgoročnih obrestnih mer. Drugi del poglavja je namenjen povzemanju preteklih raziskav, pri čemer se jedro pregleda osredotoča na raziskave, opravljene na področju uspešnosti fiskalnih spodbud v razmerah likvidnostne pasti oziroma v razmerah, ko je nadaljnja manipulacija obrestne mere s strani denarne avtoritete omejena.

Tretje poglavje je namenjeno formalni izpeljavi lastnega DSGE modela. Najprej predstavim reprezentativna gospodinjstva, ki z maksimizacijo življenjske funkcije koristnosti skrbijo za svojo dobrobit in blaginjo. Na drugi strani imam podjetja, ki jih je v modelu več vrst. Delujejo v razmerah monopolistične konkurence in z najemanjem dela in kapitala od gospodinjstev skrbijo za proizvodnjo. Model zaključita država in centralna banka, ki vodita fiskalno in denarno politiko. Z vpeljavo različnih vrst šokov poskrbim za prikaz dinamike modela in odzivov ključnih makroekonomskih spremenljivk nanje. Posebna pozornost je namenjena finančnemu šoku, ki je v zadnjem poglavju magistrskega dela ključen pri obravnavanju učinkovitosti fiskalne politike. V zadnjem razdelku prikažem tudi tehniko log-lineariziranja in predstavim glavne linearne enačbe modela, ki tvorijo tržno ravnovesje.

Četrto poglavje je sestavljeno iz dveh delov. Prvi del je namenjen tehniki kalibracije modela, s katero parametrom modela dodelim vrednosti, na podlagi katerih je nato izvedena simulacija v izbranem programskem paketu. Večina parametrov modela je kalibrirana na podlagi predhodnih raziskav in člankov, nekaj pa jih je tudi izračunanih na podlagi podatkov za Slovenijo. Drugi del poglavja namenjam prikazu formalnega načina reševanja DSGE modela. Predstavim matematične tehnike reševanja linearnega sistema stohastičnih diferencialnih enačb,

ki ponazarjajo ozadje delovanja programskega paketa Dynare pri reševanju novo keynesianskih modelov.

Peto poglavje je namenjeno simulaciji izpeljanega modela v programskem paketu Dynare. Prvi del predstavi Dynare kot programski paket, ki v matematičnem programu Matlab omogoča računalniško simulacijo te vrste modelov. Drugi del je namenjen predstavitvi Holden-Paetzovega algoritma, s katerim v sicer klasični DSGE model vpeljem problem likvidnostne pasti, in njegovi primerjavi z ostalimi metodami. Tretji del obravnava impulzne odzive vseh pomembnejših makroekonomskih spremenljivk na šoke, ki potiskajo gospodarstvo iz ustaljenega stanja. Odzive, ki so vidni v Prilogi 3 magistrskega dela, prikažem pri nizki (0,4) in visoki (0,8) vztrajnosti šokov, saj tako prikažem, da daljše trajanje šoka povzroča globljo recesijo. Zadnji del magistrskega dela se usmeri le na obravnavanje finančnega šoka. V Excelu izračunam vrednost fiskalnih multiplikatorjev v obeh scenarijih, pri čemer spreminjanje vztrajnostnega parametra finančnega šoka prikaže veliko razliko v multiplikativnem učinku fiskalne politike.

V sklepnem delu povzamem ključne ugotovitve posameznih poglavij. Na koncu sledi še priloga magistrskega dela, kjer si lahko bralci ogledajo podrobno izpeljavo modela, njegovo log-linearizacijo in impulzne odzive spremenljivk pri višjih vrednostih vztrajnostnih parametrov.

## **1 ZGODOVINSKE IN TEORETIČNE ZNAČILNOSTI DSGE MODEL OV**

V zadnjih letih je ekonomska teorija vedno bolj podvržena modeliranju ekonomskega dogajanja okoli nas. To je tudi glavni razlog, da so DSGE modeli postali jedro in metodološko orodje sodobne makroekonomije, zlasti proučevanja monetarne politike in poslovnih ciklov. Za različne raziskave in analize se jih poslužujejo številne centralne banke po svetu, zato magistrsko delo začenj am z zgodovinskim pregledom, ki je pripeljal do rojstva DSGE modelov. V drugem delu poglavja se osredotočim na bolj formalen vidik DSGE modelov in tako bralcu poskušam predstaviti še njihove osnovne teoretične značilnosti.

### **1.1 Zgodovinsko ozadje DSGE modelov**

Razvoj DSGE modelov je v dobršni meri povezan z velikimi nasprotji v 70. letih prejšnjega stoletja, ki so prišla na dan s številnimi debatami med keynesianci, monetaristi in šolo nove klasične makroekonomike. Nezavedno so trenja med omenjenimi šolami sprožila tudi tako imenovano Kuhniansko znanstveno revolucijo in paradigmski premik k bolj liberalistično usmerjenim teorijam, ki so v večini zavračale Keynesove ideje (Sušjan, 2006a, str. 28). Za boljše razumevanje takratnega turbulentnega obdobja se moram vrniti v čas rojstva neo keynesianizma. Kmalu po objavi Keynesovega velikega dela Splošna teorija zaposlenosti, obresti in denarja (1936) je v ekonomski srenji izbruhnila poplava debat, ki so se sukale okoli



razlaganja novih kategorij. Generacija povojnih ekonomistov je v iskanju odgovorov skrčila Keynesovo teorijo v okolje makro ekonometričnih modelov in s tem odprla pot neo keynesianizmu. Klein in Goldberger (1955) sta med prvimi uspela zgraditi večji napovedni model, ki je učinkovito prikazal učinke alternativnih ekonomskih politik, njegovo jedro, kot tudi jedro vseh kasnejših modelov, pa je tvorila klasična keynesianska IS-LM struktura, razvita s strani Johna Hicksa (Hicks, 1937) in dopolnjena s strani Franca Modiglianija (Modigliani, 1944) ter Alvina Hansena (Hansen, 1953). Glavna težava, s katero so se soočali ekonomisti, pa je bila predpostavka stabilnih cen v IS-LM modelu. S tega naslova je bila ključna iznajdba negativnega razmerja med plačami in nezaposlenostjo, imenovanega Phillipsova krivulja (Phillips, 1958), ki je prek zamenjave rasti plač z rastjo cen (Samuelson & Solow, 1960) predstavljala še zadnji manjkajoči člen mozaika velikih makro ekonometričnih modelov (De Vroey & Malgrange, 2011, 2-5; Mankiw, 2006, str. 31-32).

Neo keynesianizem je v ekonomski teoriji vztrajal vse do konca šestdesetih let. Zahodnim državam, oboroženim z napotki velikih neo keynesianskih modelov, je prek uporabe ekspanzivnih fiskalnih in monetarnih ukrepov nekako uspelo ohranjati visoke stopnje rasti in zaposlenosti, pri čemer je inflacija vztrajala na zanemarljivo nizkem nivoju (majhen naklon Phillipsove krivulje). V šestdesetih letih pa se je situacija drastično spremenila. Trade-off, ki ga je ponujala Phillipsova krivulja, je vse bolj izgubljal na veljavi (pojav hkratne rasti inflacije in brezposelnosti), kar je v večini zahodnih držav vodilo v pojav stagflacije. Logična posledica nemoči velikih neo keynesianskih modelov pri njenem pojasnjevanju se je odrazila tudi v ekonomski teoriji, predvsem z vzponom liberalistično usmerjenih ekonomskih teorij, ki so glavnega krivca za stagflacijo našle prav v intervencionističnih politikah zahodnih držav. Skupni cilj novih smeri je bil jasen: ohraniti in modernizirati mikroteorijo, intervencionistično politiko pa nadomestiti z rehabilitacijo klasičnega verovanja v mehanizem svobodnega trga (Sušjan, 2006b, str. 238-239).

Nove smeri so torej kritizirale tako teoretični kot tudi praktični vidik velikih neo keynesianskih modelov. S praktičnega vidika jih je zmotil predvsem njihov popoln neuspeh pri napovedovanju gibanja ekonomskih spremenljivk, kar pa, če pogledam podrobneje, niti ni bil slučaj, saj sta se celotna dinamika in analiza še vedno vrteli okrog slabo raziskanega trade-offa med inflacijo in brezposelnostjo. S teoretičnega vidika pa so nove smeri negodovale predvsem nad neravnovesno naravo modelov (modeli niso predvideli, da ekonomija na dolgi rok teži k nekemu ustaljenemu, ravnotežnemu stanju), pomanjkanjem mikroekonomske osnove, s katero bi pojasnili predpostavke rigidnih cen in plač, ter ad hoc oblikovanimi pričakovanji v obliki adaptivnih pričakovanj (Muth (1961) prvi omeni termin racionalnih pričakovanj, ki postane temelj oblikovanja pričakovanj v RBC in DSGE modelih). Od vseh napadov na neo keynesiansko teorijo velja omeniti Lucasovo kritiko (Lucas, 1976), ki se je kasneje izkazala kot ključno delo za nadaljnji razvoj makroekonomskega modeliranja. V samem bistvu se avtor sprašuje predvsem o uporabnosti in napovedni moči velikih ad hoc grajenih neo keynesianskih modelov pri oblikovanju ekonomskih politik. Baziranje celotne makroekonomske analize izključno na podlagi zgodovinskih podatkov naj bi bilo neuporabno,

saj je nestrukturnost parametrov, ki nastopajo v modelih, kriva, da bo njihova vrednost variirala ob vsakršni spremembi ekonomske politike (spreminjanje pričakovanj agentov ob spremembi ekonomske politike). Oblikovanje ekonomskih politik na podlagi rezultatov, pridobljenih iz te vrste modelov, je zato lahko zavajajoče. Kritika je bila kasneje ključna pri zagovarjanju teze s strani šole nove klasične makroekonomike, da aktivna ekonomska politika niti na kratek rok ne prinaša realnih učinkov, temveč zgolj nominalne (Slanicay, 2014, str. 147-148).

Nova paradigma, razvita s strani šole nove klasične makroekonomike, je v prihodnjih letih prešla obdobje notranje evolucije in transformacije, ki je vodilo v rojstvo šole realnih poslovnih ciklov (RBC šola). Leto 1982 lahko tako označim kot pričetek vzpona modelov realnih poslovnih ciklov (bralec lahko obširnejšo razlago razvoja RBC modelov in njihovega prispevka k razumevanju poslovnih ciklov najde v Rebelo, 2005). Idejna avtorja te teorije sta bila ekonomista Finn E. Kydland in Edward C. Prescott (Kydland & Prescott, 1982), ki sta razvila prvi metodološki koncept dinamičnega stohastičnega modela splošnega ravnovesja, v katerem sta odklone oziroma makroekonomska nihanja razložila na podlagi mikroekonomskih temeljev obnašanja posameznih agentov. V njunem modelu nihanja izražajo zavestni odraz optimalnega odziva agentov na dano situacijo (izpeljava pogojev prvega reda med časovne optimizacije gospodinjstev in podjetij zamenja neo keynesianske vedenjske enačbe), splošno ravnovesje pa dosežeta prek walrasianske logike cenovnega mehanizma (predpostavlja se popolna fleksibilnost cen in plač). Model sta nadalje bazirala na popolni konkurenci na trgu blaga in dela ter veljavnosti teorije racionalnih pričakovanj, na podlagi katerih ekonomski agenti oblikujejo svoje odločitve z vsemi razpoložljivimi informacijami (z enakimi, s kakršnimi razpolagajo tudi snovalci ekonomske politike), hkrati pa poznajo tudi ekonometrijski model domače ekonomije (oblikovana pričakovanja ne vsebujejo sistematičnih napak) (Sušjan, 2006a, str. 29). Vendar pa sta avtorja ugotovila, da je treba takšen model prikriti, če se hočeta izogniti dejstvu, da bo ekonomija po določenem času začela rasti po neki ravnotežni ustaljeni poti. Osredotočila sta se predvsem na nemonetarne faktorje oziroma razlago poslovnih ciklov le na osnovi premikov navpične krivulje agregatne ponudbe, kjer ni prostora za aktivno denarno politiko ali katerekoli druge sile povpraševalne strani. Ugotovila sta, da so premiki navpične krivulje ponudbe največkrat povzročeni s tehnološkim napredkom (produktivnostni šoki), ki se prenesejo v nihanje dejanskega proizvoda (prek medčasovne substitucije med delom in prostim časom oziroma potrošnjo) povsem neodvisno od krivulje agregatnega povpraševanja (De Vroey & Malgrange, 2011, str. 12-13; Samuelson, 2002, str. 633-634; Slanicay, 2014, str. 148-149; Walsh, 2010, str. xvii). V sklopu novih metodoloških dognanj so predstavniki RBC šole izpostavljali tudi pomembnost kvantitativnega pogleda na modeliranje, pri čemer so avtorji namenjali pomembno vlogo predvsem kalibraciji, simulaciji in ocenjevanju modelov. Po drugi strani pa je verjetno bolj osupljivo konceptualno reformiranje teorije. Tri temeljna spoznanja so postala skupni pojmovni okvir vseh RBC modelov (Galí, 2008, str. 2-3):

- poslovni cikli so učinkoviti → večina ekonomskih nihanj v industrijskih državah se obravnava kot ravnotežni izid, ki je posledica optimalnega odziva (optimalna razporeditev resursov) gospodarstva na takšna eksogena nihanja (predvsem tehnološki napredek), pri čemer veljata predpostavki popolne konkurence in popolnih trgov;
- tehnološki šoki predstavljajo glavni vir gospodarskih nihanj → RBC modeli lahko prikažejo nihanja v proizvodni in ostalih makroekonomskih spremenljivkah, tudi če tehnološki šok predstavlja edini eksogen šok. To je v nasprotju s tradicionalnim prepričanjem, da imajo spremembe v tehnologiji vpliv le na dolgoročno rast;
- omejena vloga monetarnih faktorjev → pri razlagi ekonomskih nihanj se RBC modeli ne poslužujejo monetarnih faktorjev, v skrajnih primerih tudi zanikajo obstoj monetarnega sektorja. Stabilizacijska politika je nezaželen.

Kljub začetnemu navdušenju med akademskimi krogi je bil vpliv RBC modelov na centralno bančno vodenje ekonomskih politik izjemno omejen. Razlog je bil predvsem v številnih pomanjkljivostih, ki so pričele prihajati na plan. RBC modeli temeljijo na Walrasovem principu splošnega ravnovesja, kjer so realne spremenljivke določene znotraj sistema, med tem ko so nominalne spremenljivke določene na trgu denarja. Klasična dihotomija potemtakem trdi, da nominalne spremenljivke nimajo nikakršnega vpliva na realne spremenljivke, kar postavlja vlogo aktivne ekonomske politike v ozadje (denar je v modelu nevtralen) (Mankiw, 1989, str. 80). Takšen pogled nikakor ni bil v skladu z nekaterimi preteklimi empiričnimi (recimo Friedman & Schwartz, 1963) in novejšimi VAR (angl. *vector autoregression*) analizami (recimo Christiano, Eichenbaum & Evans, 1999), ki priznavajo vsaj kratkoročen vpliv denarne politike na gospodarsko dinamiko, kar je bolj v skladu s tradicionalnim (keynesianskim) pogledom, ki predvideva spodbujanje agregatnega povpraševanja pri borbi z recesijo (Galí, 2008, str. 3). Vedno bolj se je odpiralo tudi vprašanje vpliva tehnoloških šokov na gospodarstvo, saj so številne raziskave odkrile, da pozitivni tehnološki šok povzroča nasprotno gibanje proizvoda in delovne sile, kar povečuje stopnjo nezaposlenosti na kratek rok, in da je prispevek tehnološkega šoka k nihanjem v poslovnem ciklu kvantitativno zanemarljiv. Oba zaključka nista ravno v skladu z RBC teorijo (Slanica, 2014, str. 149).

Kritike, ki so se naslavliale na RBC modele, so sprožile evolucijski premik k novo keynesianskim DSGE modelom (najpomembnejše članke v razvoju nove keynesianske teorije sta v svojem delu zbrala Mankiw & Romer, 1991). V svoji osnovi so avtorji novo keynesianskih DSGE modelov prevzeli metodologijo in podstat RBC modelov s tem, da so ohranili princip racionalnih, optimizacijskih agentov (gospodinjstev in podjetij). Razširili pa so teorijo predvsem z vpeljavo »keynesianskih« predpostavk, kot so monopolistična konkurenca (oziroma monopolistične cene) na trgu dela in proizvodov, rigidnost v cenah in plačah in druge, ki so v veliki meri močno izboljšale kvantitativne karakteristike modelov in njihovo empirično ustreznost. Lahko rečem, da novo keynesianski modeli uporabljajo ravnotežnostni RBC model kot primerjavo za prikazovanje tržnih anomalij, ki izvirajo iz mikroekonomske razlage nominalnih rigidnosti in monopolistične konkurence. Tako je

oznaka keynesianski morda za nekatere zavajajoča, saj se v analizah ne pojavljajo klasični keynesianski koncepti, kot so efektivno agregatno povpraševanje, potrošni in investicijski multiplikator, investicijski akcelerator in drugi. V literaturi se je v ta namen začel uporabljati izraz nova neoklasična sinteza (Goodfriend & King, 1997) oziroma novejšo poimenovanje, ki ga skuje Fernández-Villaverde (2010, str. 4), nova makro ekonometrika (predvsem zaradi vedno večjega vpliva ekonometrije pri ocenjevanju modelov). Ime nova neoklasična sinteza napeljuje na dejstvo, da imajo modeli klasičen značaj učinkovitega čiščenja trgov in določeno stopnjo samoregulacijske moči, vendar v primeru nepričakovanih šokov, ki lahko prizadenejo gospodarstvo, dovoljujejo, da ekonomija za kratek čas zaniha iz ravnotežnega stanja. Na dolgi rok nove keynesianske strukture vseeno predpostavljajo prilagoditev cen in plač ter vračanje k ustaljenemu stanju, vendar imajo ključno vlogo pri dolžini regeneracijske dobe gospodarstva različne nominalne in realne rigidnosti (predvsem rigidnost cen in plač), vpeljava katerih odpira vprašanja optimalnih, stabilizacijskih politik. Postopno okrevanje gospodarstva tako postavlja vprašanja, kot so: kakšna denarna politika omogoča izboljšanje blaginje, zmanjšanje distorzij, ki jih povzročajo nenadni in nepričakovani šoki, in hitrejše vračanje gospodarstva nazaj v okolico ustaljenega stanja (Slanicay, 2014, str. 150-151).

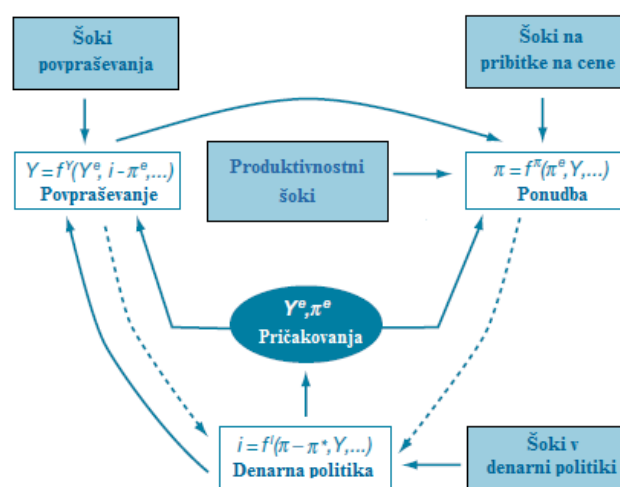
Zaključek zgodovinskega razvoja DSGE modelov lahko strnem v pet spoznanj, ki jih je prinesla nova neoklasična sinteza (Woodford, 2009, str. 269-274):

- makroekonomska raziskovanja izhajajo iz razumljivih modelov, ki temeljijo na medčasovnih postavkah splošnega ravnovesja in vsebujejo keynesianske rigidnosti. Ti omogočajo, da se tako kratkoročni učinki gospodarskih nihanj kot dolgoročni vplivi gospodarske rasti proučujejo s skupnim mikroekonomskim in makroekonomskim ogrođjem;
- sodobna kvantitativna analiza izvira iz strukturnih ekonometričnih modelov, vezanih na določeno teorijo, katerim se doda številne nove ekonometrične metode simulacije in ocenjevanja modelov. Čisti empirični modeli, kot je recimo VAR, ki ni vezan na ekonomsko teorijo, ohranjajo svojo pomembnost, vendar se jih uporablja izključno kot komplement strukturnim modelom;
- pričakovanja v modelih so endogene narave, pri čemer je ključna Lucasova kritika. V veljavo vstopi teorija racionalnih pričakovanj;
- različni realni šoki povzročajo nihanje proizvoda in drugih ekonomskih spremenljivk na kratek rok, hkrati pa povzročajo spreminjanje naravne (dolgoročne) ravni proizvoda. Stabilizacija gospodarstva poteka večinoma prek aktivne denarne politike;
- denarno politiko se obravnava kot učinkovito, saj lahko centralne banke z njeno pomočjo uspešno obvladujejo inflacijo (uspeh dezinflacijskih politik v 80. in 90. letih). Obudi se tudi novejša verzija Phillipsove krivulje, ki prikazuje spremembe inflacije prek spreminjanja realnih mejnih stroškov podjetij.

## **1.2 Teoretične značilnosti novo keynesianskih DSGE modelov**

DSGE modeli so v svoji zasnovi dinamični makroekonomski modeli, ki opisujejo ciklična gospodarska nihanja. Za razliko od ostalih ekonomskih modelov gradijo analizo na mikroekonomskih osnovah (Slanicay, 2014, str. 146), interakcija med agenti pa je ključna, saj vodi do samodejnega vzpostavljanja ravnovesja na vseh trgih hkrati (angl. *general equilibrium*). Medsebojna prepletenost sedanjih odločitev in prihodnjih negotovih izidov prinaša v model dinamičnost in postavlja oblikovanje racionalnih pričakovanj v center makroekonomske analize. Sama ravnotežna narava modela tudi lepo prikaže vpliv aktivne denarne politike na obnašanje agentov, saj spreminjanje denarne politike preoblikuje tudi pričakovanja agentov na trgu.

Slika 1: Osnovna struktura DSGE modela



Vir: A. M. Sbordone, A. Tambalotti, K. Rao & K. Walsh, *Policy Analysis Using DSGE Models: An Introduction*, 2010, str. 25

Slika 1 prikazuje ogrodje osnovnega DSGE modela. Blok povpraševanja (gospodinjstva) določa nivo realne ekonomske aktivnosti ( $Y$ ), ki se spreminja v odvisnosti od realne obrestne mere ( $i - \pi^e$ ), določene s strani neodvisne denarne avtoritete in pričakovane realne ekonomske aktivnosti ( $Y^e$ ). Dinamika je sledeča: ko je realna obrestna mera visoka, agenti na trgu raje varčujejo kot pa trošijo ali investirajo, po drugi strani pa višja pričakovana realna ekonomska aktivnost spodbuja agente k trošenju, saj pričakujejo optimistične obete. Preden nadaljujem, moram opomniti, da realni proizvod na kratek rok niha okrog ustajene oziroma ravnotežne vrednosti proizvoda, ki se imenuje potencialni proizvod ali v duhu wicksellianske ekonomske teorije naravna raven proizvoda (naravna raven proizvoda je tista, ki obstaja ob popolni cenovni in plačni fleksibilnosti), med tem ko se na dolgi rok naravna in realna raven proizvoda izenačita. Blok povpraševanja se poveže z blokom ponudbe prek realne ekonomske aktivnosti, saj je ta poleg inflacijskih pričakovanj ( $\pi^e$ ) ključna determinanta inflacije ( $\pi$ ). Logika je sledeča: ko je raven realnega proizvoda nad naravno ravnjo, gospodarstvo obratuje na nivoju, ki je le kratkoročno vzdržen. Podjetja morajo delavcem izplačevati višje plače, če želijo, da opravljajo potrebne nadure, višje plače pa tako izvajajo pritisk na rast mejnih

stroškov. Rast proizvodnih stroškov napeljuje podjetja na dvig cen njihovih izdelkov (podjetja si seveda želijo ohraniti oziroma povečati dobiček), kar v končni fazi povzroči dvig inflacije. Drugi kanal predstavlja pričakovana inflacija. Višja kot je pričakovana inflacija, višji je pričakovan dvig cen, saj višja pričakovana inflacija zmanjšuje realno plačo delavcev, kar ustvarja pritisk s strani delavcev na dvig nominalnih plač in s tem povečanje stroškov proizvodnje. To nadalje prispeva k dvigu tekoče inflacije. Zadnji blok je predstavljen z enačbo denarne avtoritete. Največkrat odziv centralne banke sledi nekemu monetarnemu pravilu, ki predvideva odziv kratkoročne obrestne mere na odstopanja inflacije in realne ekonomske aktivnosti od predvidenih dolgoročnih centralno-bančnih ciljev. Vpliv aktivne denarne politike na gospodarstvo je možno razbrati z diagrama prek puščic, ki so usmerjene v blok povpraševanja in posredno prek tega tudi v blok ponudbe. Dinamična komponenta je v modele vpeljana prek teorije racionalnih pričakovanj. To je glavni vir zazrtosti v prihodnost, ki je ključnega pomena pri oblikovanju današnjih odločitev. Pomembnost pričakovanj je prikazana s tem, da vplivajo na prav vsako odločitev v gospodarstvu (puščici iz elipse sta usmerjeni v oba bloka), najbolj pomembno pa je dejstvo, da ključno vlogo pri oblikovanju pričakovanj igra centralna banka z vodenjem denarne politike. Pričakovanja s tem postanejo kanal, prek katerega lahko centralna banka vpliva na ekonomsko aktivnost. Zadnja komponenta DSGE modelov je njihova stohastična narava. Ta je dosežena prek vpeljave različne vrste eksogenih šokov (natančneje jih predstavim v tretjem poglavju), ki povzročajo gospodarska nihanja okrog ustaljenega stanja (drugače je model statičen) (Sbordone, Tambalotti, Rao & Walsh, 2010, str. 23-25).

V nadaljevanju predstavljam tri temeljne gradnike vsakega DSGE modela. Prva enota modela so gospodinjstva, ki predstavljajo blok povpraševanja. Gospodinjstva običajno zasledujejo neko življenjsko funkcijo koristnosti in sprejemajo odločitve o potrošnji, količini ponujenega dela, v naprednejših modelih pa tudi o denarnih imetjih, ki v modelu igrajo vlogo mere vrednosti (mera, s katero so izražene cene proizvodov in naložb). Pri maksimizaciji svoje blaginje so gospodinjstva omejena z velikostjo premoženja, ki ga posedujejo, sledijo pa načelu, kolikor imaš, toliko lahko potrošiš (Dotsey, 2013, str. 11; Galí & Gertler, 2007, str. 27). Osnovna funkcija koristnosti je po navadi sledeče oblike (Romer, 2011, str. 315):

$$\sum_{t=0}^{\infty} \beta^t [u(C_t) - v(L_t)], \quad (1)$$

kjer  $C_t$  predstavlja potrošnjo v času  $t$ ,  $L_t$  pa količino dela v času  $t$ . Negativen predznak pred  $v(L_t)$  napeljuje na dejstvo, da delo prinaša gospodinjstvu negativno koristnost. Prvi del sestavljene funkcije koristnosti je opredeljen z  $u'(C_t) > 0$  in  $u''(C_t) < 0$ , kar pomeni, večja kot je potrošnja gospodinjstev, večja je tudi koristnost, vendar je prispevek dodatne enote dobrine, ki jo gospodinjstva potrošijo, vedno manjši. Za drugi del funkcije pa velja  $v'(L_t) > 0$  in  $v''(L_t) > 0$ , kar pomeni večjo negativno koristnost gospodinjstev z večanjem količine dela,

pri čemer nezadovoljstvo narašča progresivno. Zadnja komponenta funkcije koristnosti predstavlja diskontni faktor ( $\beta$ ).

Naslednja enota oziroma gradnik so podjetja (ponudbena stran), ki jih je v modelu po navadi več vrst. Osnovni tip DSGE modela sestavljata dve vrsti: proizvajalci končnih dobrin in proizvajalci vmesnih dobrin. Monopolistična konkurenca je ena najpomembnejših lastnosti ponudbenega bloka in s tem razlogom se za proizvajalce končnih dobrin pri pretvarjanju vmesnih dobrin v končno dobrino predpostavlja proizvodno tehnologijo v obliki Dixit-Stiglitzovega agregatorja (podrobna razlaga postavk agregatorja sledi v tretjem poglavju) (Dixit & Stiglitz, 1979, str. 298):

$$Y_t^f = \left[ \int_0^1 Y_t^f(z)^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} dz \right]^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}}. \quad (2)$$

Proizvajalci končnih dobrin so popolni konkurenti in obravnavajo cene kot dane, njihova funkcija povpraševanja po vmesnih dobrinah pa je padajoča. Drugo skupino podjetij sestavljajo proizvajalci vmesnih dobrin (oziroma boljše rečeno diferenciranih proizvodov), ki so na trgu proizvodnih dejavnikov popolni konkurenti, vendar se na drugi strani zaradi vpeljave Dixit-Stiglitzovega agregatorja soočajo s padajočo krivuljo povpraševanja po proizvedenih izdelkih (monopolna moč pri postavljanju cene). Pri pretvarjanju inputov (dela in kapitala) v output (proizvod) maksimizirajo dobiček in delujejo v skladu z reprezentativno neoklasično produkcijsko funkcijo  $F(K, L, A)$  ( $K$  ustreza kapitalu,  $L$  delu in  $A$  uporabljeni tehnologiji), ki mora zadostovati trem standardnim pogojem (Barro & Sala-i-Martin, 2004, str. 25):

- konstantni donosi obsega oziroma homogenost prvega reda  $\rightarrow$  kadar koli pomnožim kapital in delo (ali druge produkcijske faktorje, ki nastopajo v funkciji) z enako pozitivno konstanto  $\lambda$ , dobim proizvod, povečan za faktor  $\lambda$ , oziroma bolj matematično:

$$F(\lambda K, \lambda L, A) = \lambda F(K, L, A). \quad (3)$$

Pomembno si je zapomniti, da definicija vključuje le dva med seboj konkurenčna produkcijska faktorja, pri čemer je tehnologija ( $A$ ) dostopna vsem proizvajalcem v nekem gospodarstvu in jo lahko hkrati koristijo vsi;

- pozitivna, vendar padajoča donosnost proizvodnih dejavnikov  $\rightarrow$  če v funkciji  $F(\cdot)$  ohranjam konstantno vrednost tehnologije in dela, bo vsaka dodatna enota kapitala v proizvodnji povečala skupni proizvod, pri čemer bo relativni prispevek vsake dodatne enote manjši od prejšnjega. Enako velja tudi za delo:

$$\begin{aligned} \frac{\partial F}{\partial K} > 0, & \quad \frac{\partial^2 F}{\partial K^2} < 0 \\ \frac{\partial F}{\partial L} > 0, & \quad \frac{\partial^2 F}{\partial L^2} < 0 \end{aligned}; \quad (4)$$

- Inada pogoji  $\rightarrow$  mejni proizvod kapitala (ali dela) se približuje neskončnosti, ko se količina kapitala (oziroma dela) v proizvodnji pomika k 0 in obratno (Inada, 1963, str. 121):

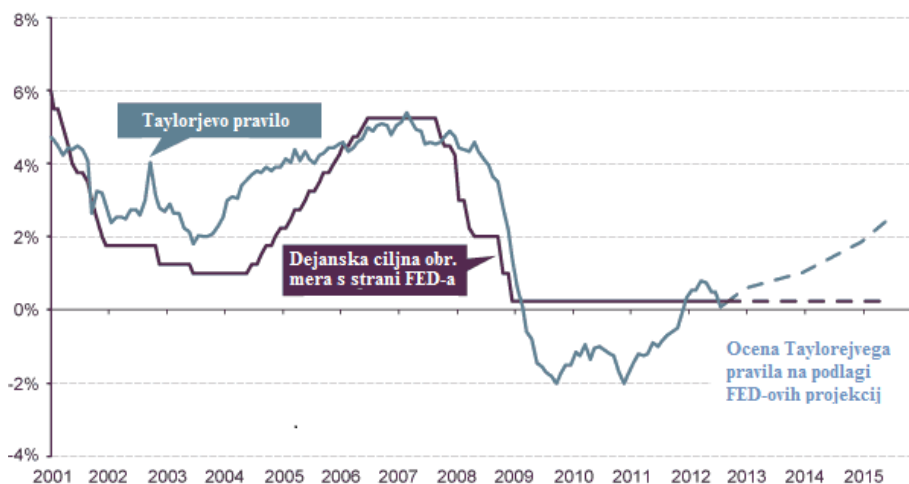
$$\lim_{K \rightarrow 0} \left( \frac{\partial F}{\partial K} \right) = \lim_{L \rightarrow 0} \left( \frac{\partial F}{\partial L} \right) = \infty$$

$$\lim_{K \rightarrow \infty} \left( \frac{\partial F}{\partial K} \right) = \lim_{L \rightarrow \infty} \left( \frac{\partial F}{\partial L} \right) = 0 \quad (5)$$

V večini raziskav se uporablja Cobb-Douglasov tip proizvodne tehnologije (Cobb & Douglas, 1928, str. 151), ki zadovoljuje vsem prej opisanim pogojem (podroben prikaz izpeljave prej omenjenih lastnosti lahko bralec najde v Rešitve prve domače naloge, 2004).

Osnovno strukturo modela zaključita država in centralna banka. Država v modelu skrbi za pobiranje davkov in plačevanje transferjev. V enostavnih oblikah DSGE modelov je delovanje države največkrat opisano z eksogenim procesom, tako da potrošnja sledi procesu  $AR(1)$ . Naprednejši modeli pa že vključujejo različna fiskalna pravila, pri čemer so ta največkrat oblikovana tako, da se odzivajo na velikost dolga v gospodarstvu, postavljajo določen režim davčne politike ali pa vključujejo raven proizvoda kot dodatno spremenljivko, ki naj bi zaobjela obnašanje fiskalnih stabilizatorjev v poslovnem ciklu (Kliem & Kriwoluzky, 2010, str. 3-4). Denarno avtoriteto v modelu predstavlja centralna banka, ki določa obrestno mero. Značilnost prav vseh novo keynesianskih DSGE modelov je neke vrste reakcijska krivulja denarne politike, ki se imenuje Taylorjevo pravilo.

Slika 2: Taylorjevo pravilo v primerjavi s FFTR (od 2001 naprej)



Vir: Taylor Rule Says That The Fed Should Be Tightening Now, 2012

Na podlagi pravila, ki ga je ponudil ekonomist John B. Taylor (1993), je obrestna mera naravnana kot funkcija, ki se odziva na inflacijsko in proizvodno vrzel ( $\bar{\pi}_t - \bar{\pi}$  in  $x_t$ ):



$$i_t = \bar{i} + \phi_\pi (\bar{\pi}_t - \bar{\pi}) + \phi_x x_t. \quad (6)$$

Osnovnim enotam je na koncu dodana še stohastična komponenta prek vpeljave številnih šokov v gospodarstvo. Celotna paleta zajema ponudbene šoke, šoke povpraševanja, šoke, ki vplivajo na stroške podjetij oziroma na njihove pribitke na stroške, in monetarne šoke. Po navadi se predpostavlja, da sledijo avtoregresijskemu procesu prvega reda ( $AR(1)$ ) (Tovar, 2009, str. 5-6).

Ob odprtju meja proučevanega gospodarstva postanejo pomembne še nekatere dodatne podrobnosti. Domačim gospodinjstvom je treba preference natančneje definirati, saj postane elastičnost substitucije med domačimi in tujimi proizvodi izjemno pomembna. Podobno velja za podjetja, saj je treba v produkcijsko funkcijo vključiti uvoz vmesnih dobrin. Pri delitvi tveganj med obravnavanimi gospodarstvi pridobi na pomenu mednarodna dimenzija finančnih trgov (vključitev tujih naložb). Z odprtjem meja pa je domača država dodatno izpostavljena tudi šokom, ki izvirajo iz tujine. Ti pomembno vplivajo na ureditev domačih ekonomskih politik (Lane & Ganelli, 2003, str. 308). Poleg odprtega gospodarstva so danes znane še druge možne razširitve osnovnega tipa DSGE modela, med katerimi so najpomembnejše naslednje:

- vztrajnost navad oziroma pomembnost preteklih potrošnih vzorcev (Abel, 1990);
- rigidnost nominalnih plač, kjer se predpostavlja, da imajo gospodinjstva določeno monopolno moč pri določanju plač na trgu dela (Erceg, Henderson & Levin, 2000). V veljavo prihajajo tudi modeli, ki neposredno vpeljujejo brezposelnost (Walsh, 2005; Blanchard & Galí, 2010);
- indeksacija cen in plač (Smets & Wouters, 2007);
- endogena akumulacija kapitala (Christiano et al., 2005);
- vpeljava finančnega sektorja v osnovni DSGE model prek ideje finančnega akceleratorja (Bernanke, Gertler & Gilchrist, 1999). Zanimiv je tudi model, kjer delež gospodinjstev nima dostopa do finančnega trga in s tem izposoje sredstev (Galí, López-Salido & Vallés, 2007);
- gospodinjstva, ki se obnašajo po pravilu palca, oziroma gospodinjstva, ki niso rikardijanske narave (Campbell & Mankiw, 1989), in njihov vpliv na vodenje fiskalne politike (Mankiw, 2000). Novejši modeli vpeljujejo tudi teorijo omejene racionalnosti, ki sloni na osnovi oblikovanja pričakovanj prek učenja agentov (Slobodyan & Wouters, 2012);
- model nepopolnih informacij (Mankiw & Reis, 2002).

Ena izmed možnih razširitev vključuje tudi problem ničelne spodnje meje na nominalno obrestno mero. Med prvimi raziskavami, ki so se ukvarjale z optimalno denarno politiko v razmerah ničelne spodnje meje, lahko omenim raziskave Eggertssona in Woodforda (2003), Kata in Nishiyame (2005) ter Nakova (2008). Vedno bolj pogosto pa se predvsem v zadnjih letih pojavlja vprašanje učinkovitosti fiskalne politike v razmerah likvidnostne pasti, kar predstavlja tudi jedro naslednjega poglavja.

## 2 GOSPODARSKA KRIZA IN FISKALNE SPODBUDE

V drugem poglavju namenim pozornost krizi, ki je zajela vsa svetovna gospodarstva, in njenemu vplivu na vodenje ekonomskih politik. Prvo podpoglavje prikaže vpliv gospodarske krize na oblikovanje srednjeročnih in dolgoročnih obrestnih mer. Njihovo zniževanje je vodilo v nekonvencionalne ukrepe denarne politike, ki pa na žalost še zdaleč niso tako predvidljivi kot konvencionalni. To je tudi glavni razlog, da drugi del poglavja namenim pregledu ključnih ekonomskih raziskav, ki so bile opravljene na alternativnem področju fiskalnega spodbujanja gospodarstva.

### 2.1 Gospodarska kriza in njen vpliv na srednjeročne in dolgoročne obrestne mere

Z željo vplivati na gospodarsko aktivnost je v času pojava ničelne spodnje meje in s tem poglobitve velike gospodarske recesije večina centralnih bank pričela z različnimi vrstami nekonvencionalnih ukrepov, med katerimi je verjetno najbolj znano kvantitativno sproščanje. S pregledom naslednjih dveh raziskav<sup>1</sup> želim nazorno prikazati vpliv ničelne spodnje meje na oblikovanje dolgoročnejših obrestnih mer in nerešeno vprašanje učinkovitosti nekonvencionalnih ukrepov.

Prva raziskava, ki sta jo opravila Swanson in Williams (2014), se posveča vplivu ničelne spodnje meje na oblikovanje srednjeročnih in dolgoročnih obrestnih mer v ZDA, pri čemer avtorja preverita, kaj se je dogajalo z občutljivostjo donosnosti ameriških državnih obveznic različnih ročnosti pri vpeljavi raznovrstnih makroekonomskih novic in objav v obdobju od leta 2008. Situacija ničelne spodnje meje je prisotna v primeru neodzivnosti donosnosti obveznic na novice, glavni motor v ozadju raziskave pa je spoznanje, da se pričakovanja o prihodnji velikosti obrestnih mer oblikujejo na podlagi celotne kratkoročne poti obrestne mere. Obrestne mere državnih obveznic z letno dobo dospelja in več so tako najbolj relevantne pri proučevanju učinkov denarne in fiskalne politike na ničelni spodnji meji.

Na začetku prikažeta tri pomembna spoznanja v osnovnem DSGE modelu, ki sledi modelu, kot so ga zastavili Clarida, Galí in Gertler (1999, str. 1665-1667) ter Woodford (2003). Prvič, ko so kratkoročne obrestne mere omejene, se odzivnost obrestnih mer vseh ročnosti na novice zniža, pri čemer je padec odzivnosti največji za krajše ročnosti. Drugič, vpliv ničelne spodnje meje na odzivnost obrestnih mer različnih ročnosti je simetričen, saj se odzivnost zniža enako pri pozitivnih in negativnih šokih (velja le ob predpostavki majhnih pozitivnih šokov). Tretjič, pojav ničelne spodnje meje zniža odzivnost obrestnih mer različnih ročnosti za enako vrednost neodvisno od vrste šoka, pri čemer velja, da so vztrajnostni parametri šokov

---

<sup>1</sup> Obširnejšo analizo lahko bralec najde v obeh člankih.

podobno visoki. Stopnja odzivnosti je tako primarno določena z dolžino likvidnostne pasti in ne s tipom šoka.

Nadalje z osnovno empirično študijo, v kateri uporabita nelinearno metodo najmanjših kvadratov (angl. *nonlinear least squares*), prek testiranja modelov in raznih drugih domnev potrđita podane ugotovitve. Najpomembnejšo vlogo pri razlagi rezultatov igra parameter  $\delta^r$ , ki meri odzivnost obrestnih mer različnih ročnosti. Vrednosti parametra blizu 1 pomenijo normalne razmere, med tem ko njegove vrednosti blizu 0 označujejo situacijo ničelne spodnje meje. Avtorja rezultate prikažeta v grafih z intervali gibanja, kjer vrednost parametra niha v času. Ugotovita, da je bila obrestna mera obveznic s 3-mesečno dospelostjo med začetkom leta 2009 in koncem 2012 delno ali popolno neodzivna na novice v makroekonomskih spremenljivkah. Razlog za to pripišeta predvsem pojavu ničelne spodnje meje, saj je bila njihova obrestna mera od decembra 2008 naprej praktično 0. Odzivnost obrestne mere obveznic s 6-mesečno dospelostjo se je obnašala zelo podobno, saj je bila obrestna mera med začetkom leta 2009 in koncem 2012 delno ali popolnoma neodzivna na novice. Avtorja zaključita, da je bil kratkoročni del krivulje donosnosti omejen z ničelno spodnjo mejo nekje od začetka leta 2009. Odzivi daljših ročnosti so po drugi strani manj oslabljeni, ničelna spodnja meja pa je nanje imela zelo majhen in zapoznel učinek. Odzivnost obrestnih mer 1-letnih obveznic je bila nižja od 1 šele v začetku leta 2010. Delno odzivna je ostajala vse do konca leta 2011, ko je postala popolnoma neodzivna na novice. Obrestna mera obveznice z 2-letno ročnostjo je ostajala odzivna vse do konca leta 2011, njena delna odzivnost pa je trajala vse do konca leta 2012. Snovalci denarne politike so tako še vedno ohranjali vpliv na gospodarsko aktivnost prek upravljanja pričakovanj o prihodnjem vodenju denarne politike. Odzivnost obrestnih mer 5- in 10-letnih obveznic je verjetno naj odmevnejša, saj njihova odzivnost ni statistično značilno nižja od 1 vse do konca leta 2012. Razlago tako poznega padca odzivnosti srednjeročnih in dolgoročnih obrestnih mer avtorja pripišeta predvsem dvema razlogoma. Prvi pravi, da so agentje na trgu vse do konca leta 2011, ko je FED objavil zaveze k trajnim ukrepom do leta 2013 (angl. *forward guidance*), pričakovali kratkoročno obdobje ničelne spodnje meje, ki se bo končalo v nekaj četrletjih. Drugi razlog tiči v učinkovitem vodenju nekonvencionalnih oblik denarne politike (kvantitativno sproščanje, večji nakupi različnih vrednostnih papirjev) in uspešnem krmarjenju pričakovanj glede prihodnje denarne politike s kredibilnimi zavezami, ki so v večji meri kompenzirale vpliv ničelne spodnje meje.

Na koncu avtorja opravita še nekaj analiz robustnosti. V prvi ugotovita, da je odzivnost srednjeročnih in dolgoročnih obrestnih mer močno vezana na dolžino trajanja likvidnostne pasti. Daljša kot je le-ta, bolj se to pozna na odzivnosti obrestnih mer obveznic različnih ročnosti. Dobljeno spoznanje potrđita še z obravnavanjem trga opcij. Druga ugotovitev iz analize robustnosti se dotika fiskalnih multiplikatorjev. Zaključita, da so bili multiplikatorji v obdobju 2008-2010 verjetno blizu vrednostim v normalnih razmerah, saj so bile srednjeročne obrestne mere še vedno visoko odzivne na novice. Šele po koncu leta 2011 dopuščata večje vrednosti multiplikatorjev, saj se je odzivnost obrestnih mer obveznic z ročnostjo do 2 let

močno znižala. Na koncu raziskave ponudita še padec ravni obrestnih mer in spremembo v negotovosti vodenja denarne politike kot alternativni razlagi, ki lahko pojasnita znižanje odzivnosti obrestnih mer različnih ročnosti na novice.

Wright (2011) se po drugi strani osredotoči na učinkovitost nekonvencionalnih politik in s tem oblikovanje pričakovanj agentov o prihodnji denarni politiki pri spodbujanju agregatnega povpraševanja v razmerah, ko je nominalna obrestna mera omejena z ničelno spodnjo mejo. Glavni motivator v ozadju je ideja, da so finančni trgi za posamezno obveznico segmentirani, kar pomeni, da nekonvencionalni ukrepi lahko vplivajo na oblikovanje ravnotežja na takšnih trgih. Avtor v raziskavi uporabi SVAR (angl. *structural vector autoregression*) model s finančnimi spremenljivkami na dnevni bazi, s katerim želi oceniti odziv donosnosti naložb daljših ročnosti prek identifikacije učinkov šokov v denarni politiki. Šoki v denarni politiki so heteroskedastični, kar pomeni, da je njihova varianca na dan sestanka v ameriški centralni banki (FED) oziroma na dan pomembne objave o nadaljnjem vodenju denarne politike takratnega guvernerja Bena Bernankeja višja kot pa v normalnih razmerah (primerjava variančno-kovariančnih matrik napak v reducirani obliki). Datumi sestankov in govorov so skrbno izbrani, njihovo število pa znaša 21 (prvo in drugo obdobje kvantitativnega sproščanja sta vključeni). Na žalost mu SVAR model ne omogoča ločevanja med različnimi vrstami nekonvencionalnih politik, saj zajema zgolj celoten učinek šoka na cene in donosnosti izbranih naložb v času vodenja takšne politike. Po drugi strani pa mu SVAR metodologija dovoljuje oceno vztrajnosti šoka, kar druge študije do sedaj še niso uspele. Z impulznimi odzivi in njihovimi intervali gibanja pokaže odzive donosnosti šestih različnih vrednostnih papirjev na šoke v denarni politiki, pri čemer podatke o donosnostih pridobi za obdobje od novembra 2008 do septembra 2011. Šok v denarni politiki je normaliziran tako, da zniža donosnost 10-letnih državnih obveznic za 25 bazičnih točk. Donosnost podjetniških obveznic z ocenama BAA in AAA se zniža le za polovico prej omenjene vrednosti, pri čemer se vpliv šoka na donosnost tako državnih kot podjetniških obveznic razpolovi po 2 do 3 mesecih (kratkoročna statistična značilnost). Pozitivna ugotovitev pri tem je, da se šok v denarni politiki prek vpliva na donosnosti podjetniških obveznic prevede tudi v realno gospodarsko aktivnost. Vpliv na donosnost 2-letnih državnih obveznic je zanemarljivo majhen, med tem ko je odziv donosnosti TIPS (angl. *treasury inflation protected securities*) konsistenten z ostalimi študijami. Kljub temu da SVAR metodologija ne loči med različnimi vrstami nekonvencionalne politike, avtor predvideva, da so odzivnosti dolgoročnih donosnosti naložb v največji meri odvisne od velikih nakupov raznovrstnih vrednostnih papirjev s strani FED-a.

Avtor nadalje opravi več razširitvenih analiz. V prvi upošteva le 10 najpomembnejših datumov sestankov in govorov, saj predvideva povečanje razlike med variancama šokov v denarni politiki. Rezultati v obliki impulznih odzivov so zelo podobni osnovnim z razliko, da so impulzni odzivi natančneje ocenjeni. Druga razširitev podaljšuje vzorec do januarja 1999, kar pa ravno tako ne spremeni zaključkov. Tretja analiza robustnosti rezultatov vključuje zamenjavo podjetniških obveznic za MBS (angl. *mortgage backed securities*) z dospelostjo 30 let oziroma 5-letne CDS (angl. *credit default swaps*) indekse. Šok v denarni politiki zniža

donosnosti MBS za 15 bazičnih točk, vidno pa zniža tudi donosnosti naložb, baziranih na CDS. Vpliv šoka se podobno kot v osnovnem scenariju hitro porazgubi. Zadnja preverba opusti SVAR in predvidi, da se napake v reducirani obliki lahko opiše z dnevnimi razlikami (angl. *first difference*) v variancah. Ob enaki specifikaciji šoka v denarni politiki avtor dobi majhen padec donosnosti 2-letnih državnih obveznic, pomembno pa se zniža donosnost podjetniških obveznic (odziv nekoliko višji kot pri SVAR). Kot komplement osnovnemu scenariju avtor uporabi še študijo dogodka (angl. *event study*) z uporabo znotrajdnevniških podatkov. Šok v velikosti 1 standardnega odklona povzroča padec donosnosti 10-letnih državnih obveznic za 14 bazičnih točk, med tem ko donosnosti na podjetniške obveznice padejo za 9 bazičnih točk. Donosnost 2-letnih državnih obveznic ponovno izkazuje zanemarljiv odziv. Odziv donosnosti TIPS je zopet v skladu s teorijo. Šok v denarni politiki ima tokrat tudi mednarodne razsežnosti, saj vpliva na donosnost kanadskih, britanskih in nemških naložb. Nadalje, donosnost na MBS pade za 9 bazičnih točk, donosnost naložb, baziranih na CDS, pa za 15 bazičnih točk. Po regresiji ocenjenih napak v reducirani obliki iz SVAR modela na prej specificiran šok v denarni politiki pridobi avtor impulzne odzive z intervali gibanja donosnosti, ki so primerljivi z osnovnim scenarijem. Rezultati in razlage se v večini ujemajo z ugotovitvami osnovnega scenarija. Wright zaključí, da imajo nekonvencionalne oblike denarne politike statistično značilen vpliv na gospodarsko aktivnost, ki pa je na žalost dokaj skromen, saj se učinki ukrepov hitro porazgubijo. O pomembnosti učinkov nekonvencionalne denarne politike lahko bralec več izve tudi v sorodnih člankih, kot so Doh (2010), Hancock in Passmore (2011), Krishnamurthy in Vissing-Jorgenson (2011) ter Hamilton in Wu (2012).

Wrightovo študijo kasneje nekoliko drugače ovrednoti Neely (2014). V svoji raziskavi pokaže problem nestabilnosti SVAR metodologije, kar je glavni razlog za tako skope napovedi in opozorilo, da so takšne napovedi o uporabi nekonvencionalne denarne politike lahko zavajajoče. Neely (2014, str. 19-22) zaključí, da imajo nekonvencionalne oblike denarne politike dokaj velik in persistenten vpliv na cene naložb, pri čemer na žalost negotovost njihovih vplivov na gospodarsko aktivnost narašča v času (ocena dobe trajanja ni mogoča). Glavna težava nekonvencionalnih oblik denarne politike je tako, kot to opišeta Cecchetti in Schoenholtz (2014, str. 506), predvsem njihova izjemno nepredvidljiva narava, kar predstavlja skrito grožnjo za morebiten dvig inflacije v prihodnosti. To je tudi glavni razlog, zakaj so se vse pogostejše pogledi snovalcev ekonomskih politik pričeli obračati k alternativnim fiskalnim ukrepom.

## **2.2 Fiskalne spodbude v gospodarski krizi**

V drugem delu drugega poglavja opravim pregled preteklih analiz in člankov, ki so bili spisani na temo fiskalnih spodbud v času gospodarske krize, pozornost pa je namenjena predvsem raziskavam, ki so vključevale problem likvidnostne pasti. V pregledu povzemam štiri temeljne članke, iz katerih je bilo nato izvedeno nešteto analiz, ki so tako sprejemale kot tudi zavračale izvirne ideje avtorjev. Tako lahko bralec višje vrednosti fiskalnih

multiplikatorjev najde v člankih, ki so jih zapisali Fernández-Villaverde, Gordon, Guerrón-Quintana in Rubio-Ramírez (2012), nižje pa v člankih, ki so jih zapisali Braun, Körber in Waki (2013) ter Cogan, Cwik, Taylor in Wieland (2010), pri čemer je treba slednjega obravnavati z določeno mero zadržanosti, saj avtorji predvidijo permanentno fiskalno ekspanzijo, ki v veliki meri uniči kratkoročni multiplikativni učinek. Zanimivi sta tudi raziskavi ekonomistov Farhi in Werning (2012) ter Flotho (2013), kjer avtorji izračunajo velikost fiskalnih multiplikatorjev v razmerah odprtega gospodarstva.

Pregled začenjam z morda najpogosteje citirano raziskavo na tem področju, ki so jo opravili Christiano et al. (2009). Avtorji izpeljejo lasten DSGE model,<sup>2</sup> ki ga kasneje dopolnijo še s kapitalom. Denarna politika sledi Taylorjevemu pravilu, z ekspanzijo v državnih izdatkih pa želijo proučiti, kakšen vpliv ima fiskalna politika na gospodarsko aktivnost. V osnovnem scenariju (brez kapitala) avtorji ne predvidevajo ničelne spodnje meje, multiplikator državnih izdatkov pa izračunajo z običajno enačbo. Multiplikator bi moral biti na podlagi predhodnih raziskav nižji od 1, saj ob povečanju državnih izdatkov privatna potrošnja pade oziroma je leta izrinjena s strani državne potrošnje. Avtorji dobijo po opravljeni kalibraciji vrednost multiplikatorja enako 1,05, njegovo višjo vrednost pa opravičijo prek dveh pomembnih lastnosti modela. Prva se nanaša na obstoj cenovnih rigidnosti, druga pa na komplementarnost potrošnje in prostega časa pri oblikovanju privatnih preferenc (člena v funkciji koristnosti nista aditivno ločena). To nadalje potrdijo tudi s spremembo specifikacije privatnih preferenc (mejna koristnost ni več odvisna od količine dela), saj v tem primeru multiplikator pade pod 1. Robustnost dobljenih rezultatov preverijo tudi s spreminjanjem parametrov osnovnega modela in zaključijo, da ima multiplikator državnih izdatkov v primeru vodenja denarne politike s Taylorjevim pravilom vrednosti višje od 1, med tem ko so vrednosti nad 1,2 težko dosegljive.

Nadalje se Christiano, Eichenbaum in Rebelo osredotočijo na problem ničelne spodnje meje (konstantna nominalna obrestna mera). V takšno situacijo po njihovem mnenju vodi šok, ki povečuje diskontni faktor gospodinjev, kar dviguje njihovo nagnjenost k varčevanju. Predvidijo tudi, da se gospodarstvo ob zapustitvi ničelne spodnje meje takoj vrne v ustaljeno stanje. Vprašanje aktivne fiskalne politike in visokih vrednosti fiskalnega multiplikatorja postane zelo mamljivo, saj povečanje državnih izdatkov na ničelni spodnji meji vodi v zvišanje agregatnega proizvoda in mejnih stroškov ter s tem pričakovane inflacije, višja pričakovana inflacija pa zniža realno obrestno mero, kar takoj spodbudi privatno potrošnjo in agregatni proizvod. V osnovnem modelu (brez kapitala) avtorji dobijo vrednost multiplikatorja enako 3,7, ki je v grobem trikrat višja od multiplikatorja, dobljenega v scenariju s Taylorjevim pravilom. Poudarijo, da velikost multiplikatorja pri tem ni odvisna od velikosti oziroma magnitude šoka v diskontnem faktorju. Robustnost vrednosti multiplikatorja avtorji preverijo prek različnih specifikacij dolžine trajanja šoka in vztrajnosti fiskalne ekspanzije ter ugotovijo, da višja kot je vztrajnost šoka oziroma višja kot je vztrajnost fiskalne

---

<sup>2</sup> Podrobno lahko bralec modele proučevanih člankov in izračun multiplikatorjev spozna v samih raziskavah. Sam se s formalnimi izpeljavami ne ukvarjam, saj le-te ne spadajo v jedro pregleda.

ekspanzije, višja je vrednost multiplikatorja, saj višja vrednost vztrajnosti šoka poskrbi za globlji padec agregatnega proizvoda, višja vztrajnost fiskalne ekspanzije pa omogoča njen daljši vpliv na ničelni spodnji meji. Zanimivo je morda, da na ničelni spodnji meji nižja cenovna rigidnost prinaša višje vrednosti multiplikatorja. Avtorji se dotaknejo tudi pomembnosti časovne komponente fiskalne ekspanzije. Za časovni odlog enega obdobja pridobijo multiplikator 1,5, pri čemer velja omeniti, da večino vrednosti multiplikatorja pripišejo vplivu višjih pričakovanih državnih izdatkov na pričakovano inflacijo. Ko časovni odlog povečajo na dve obdobji, pade multiplikator na 1,44, kar je razmeroma nizek padec in tudi glavni razlog, da odlogom ne pripišejo večje veljave. Bolj pomembno se jim po drugi strani zdi tempiranje fiskalne ekspanzije znotraj meja ničelne spodnje meje, saj za fiskalno ekspanzijo, ki se sprosti po koncu ničelne spodnje meje, pridobijo nizko vrednost multiplikatorja 0,46.

Christiano, Eichenbaum in Rebelo nadalje raziskavo razširijo še z vpeljavo kapitala in stroškov prilagajanja investicij v osnovni model ter izračunom multiplikatorja v obeh scenarijih. Ko denarna politika sledi Taylorjevemu pravilu in ni prisotne ničelne spodnje meje, je vrednost multiplikatorja enaka 0,9. Vrednost je nižja od tiste v osnovnem modelu, saj povečanje državnih izdatkov v tem primeru izrinja poleg privatne potrošnje tudi privatne investicije. Na ničelni spodnji meji se šele pokaže veličina vpeljave kapitala v osnovni model. Multiplikator razširjenega modela je enak 3,9, njegova velikost pa ponovno ni odvisna od velikosti oziroma magnitude šoka. Pri vprašanju implementacije avtorji ugotovijo, da odlog enega obdobja zniža vrednost multiplikatorja na 2,3, kar je še vedno občutno višje od 0,9. Proti koncu raziskave se dotaknejo še vprašanja vpliva distorzijskih davkov na izračun multiplikatorja in podobno kot Eggertsson (2011) ugotovijo, da obstoj davka na dohodek od dela (angl. *labour income tax*) in davka na dohodek od kapitala (angl. *tax on capital income*) povečuje vrednost multiplikatorja, pri čemer je najbolje, da breme davka na dohodek od kapitala nosijo gospodinjstva.

Woodford (2011) za razliko od Christiana et al. (2009) začne svojo raziskavo učinkov fiskalne ekspanzije v razmerah popolne konkurence. Sestavi preprost DSGE model, v katerem se na začetku agregatni proizvod deli samo na potrošnjo in državne izdatke, pri čemer so le-ti financirani z davki v obliki glavarine (veljavnost Rikardijanske ekvivalence). Prek analize odkrije pozitiven multiplikator, katerega vrednost je strogo nižja od 1, saj državni izdatki v takšni situaciji do neke mere izrinjajo privatne izdatke. Poudari, da je lahko multiplikator ob določenem načinu kalibracije zelo nizek. V naslednjem koraku vpelje monopolistično konkurenco in cenovno ter plačno rigidnost. Vrednost multiplikatorja v tem primeru preseže magično mejo 1. Po opredeljenih osnovah se avtor najprej osredotoči na osnovni scenarij (ta še ne vključuje ničelne spodnje meje), v katerega vpelje tudi obravnavanje denarne politike. Na začetku predpostavi konstantno realno obrestno mero pri vsakem nivoju državnih izdatkov, pri čemer nominalna obrestna mera sledi Taylorjevemu pravilu (nominalna obrestna mera se upravlja tako, da je centralna banka v vsakem trenutku zmožna zagotavljati konstanten nivo realne obrestne mere). V takšnem osnovnem modelu obravnava začasen dvig

državnih izdatkov, ob katerem predvideva denarno politiko, ki na dolgi rok cilja ničelno stopnjo inflacije. Multiplikator državnih izdatkov je pod opisano specifikacijo enak 1 (izračuna se ga kot  $\frac{dY_t}{dG_t}$ ), kar pomeni, da ni prisotnega niti učinka izrinjanja privatnih izdatkov niti dodatne spodbude s strani povečanja potrošnje.

Naslednji scenarij že dopušča določeno stopnjo prilagajanja denarne politike ob dani fiskalni ekspanziji, saj Woodford dopusti spreminjanje realne obrestne mere. Vrednost multiplikatorja v tem primeru pade pod 1 (podobno kot v Christiano et al., 2009), vendar je višji kot v primeru popolne fleksibilnosti cen. Sedaj se realna obrestna mera lahko odziva (zviša) na višjo fiskalno ekspanzijo, saj se denarna politika prek Taylorjevega pravila odziva na zvišano raven inflacije. Ponovno je prisotno izrinjanje privatnih izdatkov. Prav tako kot Christiano et al. (2009) avtor ugotovi, da z večanjem stopnje rigidnosti cen multiplikator narašča, njegove višje vrednosti pa so možne samo v kombinaciji z ustrežno, kredibilno in prilagodljivo denarno politiko. Najzanimivejša postane analiza, ko avtor vpelje problem ničelne spodnje meje na nominalno obrestno mero (konstantna nominalna obrestna mera). Problem ničelne spodnje meje Woodford vpelje prek šoka, ki ustvarja razliko med obrestno mero, ki igra pomembno vlogo pri medčasovni razporeditvi potrošnje gospodinjstev, in obrestno mero, ki jo upravlja centralna banka (neke vrste šok v finančnem sektorju). Nastala razlika niha v času izključno zavoljo spreminjajoče učinkovitosti finančnega posredništva, denarna in fiskalna politika pa nanjo nimata vpliva (bolj podroben model trenj v sektorju finančnega posredništva lahko bralec najde v Curdia & Woodford, 2009). Dovolj velika razlika med obrestnima merama nadalje povzroča v modelu situacijo ničelne spodnje meje za vse vrednosti državnih izdatkov, ki so nižje od neke kritične meje ( $G_L \leq G^{crit}$ ). Ob opredeljeni specifikaciji modela avtor ugotovi, da je multiplikator državnih izdatkov (parametre avtor izbere iz vira Eggertsson, 2011), dokler so državni izdatki v modelu nižji od kritične meje, strogo višji od 1. Ko državni izdatki presežejo kritično mejo, vrednost multiplikatorja prične padati, saj gospodarstvo zapusti likvidnostno past, s tem pa se centralni banki omogoči odziv na višjo fiskalno ekspanzijo. Za koliko multiplikator presega vrednost 1, je odvisno od parametra  $\mu$ , ki označuje verjetnost, da bo razlika med obrestnima merama v opazovanem obdobju ostala dovolj visoka. Ugotovi, da vrednost multiplikatorja narašča z vrednostjo  $\mu$ , fiskalna ekspanzija pa s tem predstavlja močno orodje, ko obstaja nizka verjetnost kratkoročne narave motenj na finančnih trgih.

Proti koncu raziskave se Woodford posveti tudi vprašanju optimalne dolžine trajanja fiskalnih spodbud in hitrosti implementacije proračunskih ukrepov. Pri dolžini trajanja ugotovi, da je fiskalna ekspanzija najbolj učinkovita (najvišja vrednost multiplikatorja), ko leta traja toliko časa, kolikor časa ostaja razlika med obrestnima merama povišana oziroma dokler vztraja situacija ničelne spodnje meje (izven nje postaneta pomembna učinek izrinjanja in inflacija).  $\lambda$  v Woodfordovi raziskavi predstavlja verjetnost, da se razlika med obrestnima merama zniža na normalen nivo, velikost državnih izdatkov pa ostane na višjem nivoju  $G_L$ .



Pri vrednosti  $\lambda = 0$  avtor dobi najvišjo vrednost multiplikatorja (okrog 2,3), ki pa hkrati z rastjo  $\lambda$  vztrajno pada. Od vrednosti  $\lambda = 0,91$  (trajanje ekspanzije še dodatnih 10 četrletij) postane vrednost multiplikatorja negativna. Iz ugotovljenega avtor zaključi, da je pravilno odmerjena fiskalna ekspanzija pri okrevanju gospodarstva ključna. Nadalje se avtor loti hitrosti implementacije fiskalnih ukrepov. Pri tem zagovarja stališče, da natančno določeno koordiniranje nima tolikšne teže, kot jo imajo pričakovanja agentov glede velikosti državnih izdatkov v prihodnosti.

Erceg in Linde (2010) celotni sliki dodajata še analizo dinamike javnega dolga in ugotovita, da dolgoročnejša likvidnostna past prinaša višje vrednosti multiplikatorja in nižje stroške njegovega financiranja v obliki javnega dolga, predvsem zaradi višjih davčnih prihodkov. Najpomembnejše vprašanje, ki si ga zastavita na začetku raziskave, je, zakaj je optimalno omejiti fiskalno ekspanzijo v razmerah likvidnostne pasti. Sestavita DSGE model, ki izhaja iz raziskave Eggertssona in Woodforda (2003, str. 168), in opazujeta, kaj se ob fiskalni ekspanziji na ničelni spodnji meji dogaja s proizvodom in državnim proračunom. Za razliko od ostalih raziskav ugotovita, da velikost multiplikatorja pada z višino državnih izdatkov, kar dosežeta z endogenizacijo dolžine recesijske likvidnostne pasti. Relativno večji fiskalni paketi tako povzročajo hitrejši izhod gospodarstva iz recesijske likvidnostne pasti in imajo zaradi tega nižjo vrednost multiplikatorja, denarni politiki pa tako dopustita hitrejši odziv. V ta namen nadalje ločita med mejnim (angl. *marginal*) in povprečnim (angl. *average*) odzivom ter multiplikatorjem. Likvidnostno past v modelu generirata prek negativnega šoka v preferencah gospodinjstev, ki močno dvigne mejno koristnost potrošnje in s tem realno obrestno mero. Podobno kot Christiano et al. (2009) in Woodford (2011) poudarita, da je dolžina likvidnostne pasti poleg prej omenjene odvisnosti od velikosti državnih izdatkov odvisna tudi od magnitude in vztrajnosti šoka v preferencah gospodinjstev.

V osnovnem modelu se najprej posvetita scenariju s konstantno inflacijo, kar dosežeta z izjemno visoko cenovno rigidnostjo. V takšne razmere vključita povečanje državnih izdatkov v velikost 1 % BDP, ki pa ne vpliva na velikost realne obrestne mere. Na razvoj javnega dolga ekspanzija skoraj nima vpliva, saj je dvig davkov dovolj visok, da financira višje državne izdatke. Po kalibraciji avtorja dobita vrednost mejnega multiplikatorja enako 0,7, dolžina likvidnostne pasti pa ostaja nespremenjena (osnovna dolžina likvidnostne pasti je enaka 8 četrletij oziroma 2 leti). Ob daljšanju likvidnostne pasti ugotovita, da vrednost multiplikatorja konkavno narašča z dolžino likvidnostne pasti, vendar ostane nižja od 1 ob predpostavki končno dolge likvidnostne pasti. Pri odvisnosti višine multiplikatorja od višine državnih izdatkov spoznata, da za velikosti državnih izdatkov enakih 1,2 % BDP ostaja multiplikator enak 0,7, za državne izdatke med 1,2 in 3,1 % BDP pa se dolžina likvidnostne pasti že skrajša za eno obdobje, vrednost multiplikatorja pa pade (hkrati se poveča breme javnega dolga). Drugi scenarij dopušča odziv inflacije. Mejni multiplikator je v tem primeru enak 2,1, občutno pa se tudi zniža velikost javnega dolga. Ob variiranju stopnje rigidnosti cen dobita podobne rezultate kot Christiano et al. (2009) in Woodford (2011), čemur dodajata, da višja vrednost multiplikatorja močno zniža tudi velikost javnega dolga. Na koncu analize

osnovnega modela se Erceg in Linde dotakneta še hitrosti implementacije ukrepov. Predvidita, da se država z objavljenim paketom fiskalnih spodbud takoj odzove na šok v povpraševanju, pri čemer ekspanzija glavni učinek doseže šele z zamikom. Za razliko od Woodforda (2011) ugotovita, da lahko daljši odlogi oslabijo multiplikativni učinek fiskalne politike ali pa ta postane celo negativen.

Svojo raziskavo nadaljujeta z razširitvijo osnovnega modela prek vpeljave kapitala, pri čemer sledita avtorjem, kot so Christiano et al. (2005) ter Smets in Wouters (2003, 2007). V takšne razmere vključita povečanje državnih izdatkov v velikost 1 % BDP. Ob enaki kalibraciji je mejni multiplikator enak 1 za prva 4 četrletja, nadalje pa se že pri državnih izdatkih v višini 2-3 % BDP zniža na 0,7. Z daljšanjem likvidnostne pasti dobita ponovno višje vrednosti multiplikatorja, kar poskrbi tudi za bolj vztrajen padec javnega dolga (vse do velikosti javnega dolga enaki 3 % BDP). Kot že v osnovnem modelu tudi tu spoznata, da nižji stopnji cenovne in plačne rigidnosti ob predpostavki 8 četrletne likvidnostne pasti močno zvišata mejni multiplikator. Multiplikator po njunih izračunih poviša tudi bolj prilagodljiva denarna politika, saj je njegova vrednost enaka 1,5 za nizke velikosti državnih izdatkov. Zadnja razširitev modela vključuje gospodinjstva, ki niso rikardijanske narave (pri tem sledita avtorjem Galí et al., 2007), in obstoj finančnih motenj (pri čemer sledita avtorjem Bernanke, Gertler & Gilchrist, 1999 ter Christiano, Motto & Rostango, 2007). Ob popolnoma enakih predpostavkah dobita vrednost mejnega multiplikatorja enako 4 za državne izdatke v višini 0,5 % BDP, pri čemer je likvidnostna past dolga 10 četrletij (višji od 1 ostaja tudi za večje povečanje državnih izdatkov). Kot v predhodnih modelih ugotovita, da krajša likvidnostna past in višji fiskalni paketi znižajo velikost mejnega multiplikatorja. Pri javnem dolgu sta tako mejni kot povprečni odziv negativna, kar pomeni, da se javni dolg skozi celotno obdobje znižuje.

Zadnja raziskava, ki jo opišem, je raziskava Eggertssona (2011). Njen prispevek je zanimiv predvsem zaradi vpeljave različnih oblik davkov v sicer klasičen DSGE model. Avtor v članku proučuje kvantitativne učinke različnih specifikacij fiskalne politike (znižanja različne vrste davkov in povečanja državnih izdatkov) v situaciji konstantne nominalne obrestne mere oziroma likvidnostne pasti. Analizo razvije okrog enostavnega DSGE modela, v katerega na koncu vpelje še kapital. Situacijo likvidnostne pasti ustvari s specifikacijo negativnega šoka v preferencah potrošnikov, ki poveča mejno nagnjenost k varčevanju gospodinjstev (bolj sofisticiran model sledi analizi, ki sta jo opravila Curdia in Woodford (2009), prek vpeljave motenj v finančnem sektorju, ključne enačbe modela pa v obeh primerih ostajajo enake). V takšni situaciji postane AD krivulja naraščajoča, saj višja pričakovana deflacija prek vpliva na realno obrestno mero niža agregatno raven proizvoda, AS krivulja pa postane strmejša, saj ob pričakovani deflaciji podjetja še bolj znižajo svoje cene. Pri tem avtor predvidi vračanje modela v ustaljeno stanje z verjetnostjo  $1 - \mu$ . Avtor v modelu ne obravnava odlogov fiskalne ekspanzije pri njeni implementaciji, namen ekspanzije pa je kratkoročna stabilizacija gospodarstva (po koncu deflacijskega šoka je vrednost 0). Eggertsson ugotovi, da je ob pričetku šoka in s tem pojavu deflacije idealno voditi kombinacijo ekspanzivne monetarne in

fiskalne politike, saj že sama fiskalna ekspanzija spodbuja agregatno povpraševanje in povečuje inflacijska pričakovanja agentov, kredibilna centralna banka pa z višjo inflacijsko zavezo nima pretiranih težav. V primeru težav s kredibilnostjo se v skladu z Eggertssonom (2006, str. 308) pojavi nagnjenost denarne politike k deflaciji (angl. *deflation bias*).

V prvem scenariju se avtor loti obravnave davka na delo. V normalnih razmerah njegovo začasno znižanje deluje ekspanzijsko, saj pomika AS krivuljo v desno. Multiplikator znižanja davka znaša 0,16. Na ničelni spodnji meji pa za razliko od večine ostalih raziskav avtor ugotovi, da začasno znižanje davka na delo zaradi spremembe naklona AD krivulje in nemoči centralne banke pri nižanju nominalne obrestne mere povzroči padec agregatne ravni proizvoda. Multiplikator tako znaša -1,02. Naslednji davek, ki ga obravnava, je davek na kapital oziroma bolje rečeno davek na finančno premoženje gospodinjstev. V razmerah, ko je nominalna obrestna mera pozitivna, začasno znižanje davka premika AD krivuljo v desno, multiplikator pa je pri tem enak -0,0013. V razmerah likvidnostne pasti je multiplikator enak -0,16. Negativen multiplikator pri davku na kapital kljub vsemu ostaja nekoliko nenavaden, saj bi morali nižji davki na kapital spodbujati investiranje in s tem ekspanzijo ekonomije. Avtor to kasneje preveri z razširjenim modelom, ki vključuje kapital. Veliko bolj učinkovito se na ničelni spodnji meji izkaže začasno znižanje davka na prodajo (angl. *sales tax*). Ta vstopa tako v AD kot v AS krivuljo, in sicer z ravno nasprotnim predznakom kot državni izdatki ter se tako osredotoča na spodbujanje agregatnega povpraševanja in ne agregatne ponudbe. Z obstoječo kalibracijo je multiplikator na ničelni spodnji meji enak 2,5.

Veliko bolj je Eggertsson uglašen pri obravnavi začasnega povišanja državnih izdatkov. Analizo prične ponovno v normalnih razmerah in spozna, da ekspanzija državnih izdatkov premika AD in AS krivuljo v desno. Multiplikator je enak 0,46, kar je trikrat višje od znižanja davka na delo v normalnih razmerah, izkazuje pa določeno raven izrinjanja privatne potrošnje. Tako kot Christiano et al. (2009), Erceg in Linde (2010) ter Woodford (2011) tudi sam spozna, da začasno povečanje državnih izdatkov v razmerah ničelne spodnje meje prinaša nadproporcionalno povečanje agregatnega proizvoda. Vrednost multiplikatorja je enaka 2,3. Podobno kot Woodford (2011) visoko vrednost multiplikatorja pripiše predvsem preoblikovanju pričakovanj v modelu, ki jih sproži kredibilna zaveza glede prihodnje fiskalne politike. Le napoved ohranjanja visoke ravni državnih izdatkov skozi celotno obdobje gospodarske krize prinaša spodbudne učinke fiskalne ekspanzije. Po drugi strani trajno povečanje državnih izdatkov zaradi spremembe dolgoročnega odziva centralne banke izniči kratkoročni učinek višjega državnega trošenja. Multiplikator permanentne fiskalne ekspanzije je negativen (-2,41).

Članek avtor zaključí z vpeljavo kapitala. Ob enaki kalibraciji največjo spremembo izkazujeta multiplikator državnih izdatkov, ki skoči na 2,69, in multiplikator pri začasnem znižanju davka na delo, ki pade na -1,27. Multiplikator novo vpeljanih davčnih dobropisov na naložbe (angl. *investment tax credits*) znaša 0,31. Najbolj zanimivo pa je verjetno dejstvo, da znižanje davka na kapital tudi v razširjenem modelu povečuje varčevanje, kar pa ne prinaša višje ravni

investicij zaradi paradoksa varčevanja (angl. *paradox of thrift*). Multiplikator ima vrednost - 0,0752. Avtor tako zaključi, da problem tekoče gospodarske krize ni v nezadostni izkoriščenosti proizvodnih kapacitet (ponudbena stran), ampak v nezadostnem agregatnem povpraševanju.

### 3 NOVO KEYNESIANSKI DSGE MODEL ZAPRTEGA GOSPODARSTVA OB PRISOTNOSTI LIKVIDNOSTNE PASTI

V tem poglavju predstavim in izpeljem novo keynesianski DSGE model zaprtega gospodarstva. Pri izpeljavi in razlagi teoretičnih enačb modela izhajam iz temeljev in zasnov, ki so razvite v člankih, ki so jih zapisali Christiano et al. (2005) ter Smets in Wouters (2003). Kot že nakazano v drugem poglavju, model dopolnim tako, da vanj vpeljem problematiko ničelne spodnje meje na centralno bančno nominalno obrestno mero, s čimer prikažem pojav likvidnostne pasti. Model zaprtega gospodarstva zgradim na petih temeljnih enotah, ki jih bolj formalno predstavim v nadaljevanju.<sup>3</sup>

#### 3.1 Gospodinjstva

Gospodinjstva so neskončno dolgo živeče enote in so edini predstavniki bloka povpraševanja. Njihovo število je normalizirano na 1. Z naslova potrošnje in realnih denarnih blagajn črpajo korist, med tem ko jim delo prinaša negativno korist. Gospodinjstva so edini lastniki podjetij in posledično upravičeni do celotnega dobička, na trgu proizvodnih dejavnikov pa proizvajalcem vmesnih dobrin ponujajo delo in kapital (zaradi odsotnosti finančnega sektorja so gospodinjstva tudi edini lastniki kapitala). V zameno za ponujene proizvodne faktorje dobivajo plačo in donos na posojeni kapital, kot alternativo pa si lahko izberejo tudi naložbo v netvegane državne obveznice, s katerimi trgujejo na obvezniškem trgu. Kapital je v modelu predeterminirana spremenljivka, vendar so gospodinjstva upravičena do prilagajanja njegove stopnje izkoriščenosti, kar pa jim povzroča stroške. Prihodnja akumulacija kapitala poteka prek investicijske dejavnosti, pri čemer so gospodinjstva ponovno izpostavljena določenim prilagoditvenim stroškom, ki so odvisni od stopnje rasti investicij. Od plače morajo v vsakem obdobju odvesti tudi določen davek, ki predstavlja po eni strani odliv sredstev z računov gospodinjstev, po drugi strani pa priliv v proračunu države.

Reprezentativno gospodinjstvo izbira  $\left\{ C_{t+i}, C_{t+i}(z), N_{t+i}, K_{t+i}, I_{t+i}, u_{t+i} \frac{M_{t+i}}{P_{t+i}}, \frac{B_{t+i}}{P_{t+i}} \right\}_{i=1}^{\infty}$  tako, da maksimizira pričakovano življenjsko funkcijo koristnosti, ki je naslednje oblike:

$$E_t \sum_{i=0}^{\infty} \beta^i \left[ \frac{\chi_t}{1-\gamma} C_{t+i}^{1-\gamma} + \frac{a_m}{1-\gamma_m} \left( \frac{M_{t+i}}{P_{t+i}} \right)^{1-\gamma_m} - \frac{a_n}{1+\gamma_n} N_{t+i}^{1+\gamma_n} \right]. \quad (7)$$

<sup>3</sup> Podrobna izpeljava enačb modela je bralcu predstavljena v Prilogi 1 magistrskega dela.

$E_t$  je operator racionalnih pričakovanj, saj gospodinjstva pri sprejemanju odločitev v času  $t$  uporabljajo vse razpoložljive informacije, parameter  $\beta \in [0,1]$  pa se imenuje diskontni faktor in kaže, kako potrpežljiva so gospodinjstva oziroma kako vrednotijo prihodnost. Višja vrednost tega parametra odraža nižje vrednotenje prihodnje koristnosti oziroma višje podcenjevanje prihodnih koristi s strani gospodinjstev (Wickens, 2008, str. 18). Življenjska funkcija koristnosti tako predstavlja pričakovano vrednost vsote trenutnih (obdobje  $t$ ) nivojev koristnosti in je sestavljena iz treh medsebojno ločenih enot. Prvi člen predstavlja koristnost, ki jo uživa posamezno gospodinjstvo pri potrošnji dobrin. Kot že omenjeno v prvem poglavju, prinaša dodatna potrošnja gospodinjstvom višjo koristnost, vendar je prispevek dodatne enote dobrine, ki jo gospodinjstva potrošijo, vedno manjši. Lastnost padajoče mejne koristnosti je matematično vpeljana prek specifične CRRA (angl. *constant relative risk aversion*) oblike funkcije. Parameter  $\gamma$  ( $\gamma > 0$ ) prikazuje inverzno elastičnost substitucije potrošnje v različnih časovnih obdobjih oziroma relativno nenaklonjenost tveganju v potrošnji. Nižja vrednost parametra pomeni večjo nenaklonjenost tveganju s strani gospodinjstev. Zadnja komponenta predstavlja šok v preferencah oziroma nagnjenjih gospodinjstev (angl. *taste shock*). Najbolj praktičen vidik vpeljave eksogene motnje v model je prek uporabe  $AR(1)$  procesa:

$$\ln \chi_t = (1 - \rho_\chi) \ln \chi + \rho_\chi \ln \chi_{t-1} + \epsilon_t^\chi, \quad (8)$$

pri čemer je  $\rho_\chi$  ( $0 < \rho_\chi < 1$ ) vztrajnostni parameter šoka v preferencah oziroma nagnjenjih. Nadalje za vse šoke v modelu predpostavljam dve skupni lastnosti: enako porazdelitev (matematično upanje in varianco) in medsebojno neodvisnost. Drugi člen funkcije koristnosti predstavlja koristnost z naslova posedovanja realnih denarnih blagajn. Predpostavlja se, podobno kot pri potrošnji, padajočo mejno koristnost denarja oziroma drugače povedano, večja količina denarja prinaša višjo koristnost, vendar je prispevek dodatne denarne enote, ki jo gospodinjstva posedujejo, vedno manjši. Takšna razlaga temelji na teoriji oportunitetnih stroškov, saj z večjo količino posedovanega denarja gospodinjstva izpuščajo donosnejše naložbene alternative (na primer delnice, obveznice). Parameter  $\gamma_m$  ponazarja inverzno elastičnost realnih denarnih blagajn v odnosu do nominalne obrestne mere, konstanta  $a_m$  pa predstavlja raztezni faktor. Zadnji člen funkcije nakazuje negativno koristnost (to je evidentno iz negativnega predznaka), ki jo gospodinjstvom prinaša delo. Kot sem že omenil v prvem poglavju, dodatno delo prinaša večjo negativno koristnost gospodinjstev, pri čemer nezadovoljstvo narašča progresivno. Parameter  $\gamma_n$  ( $\gamma_n > 1$ ) ponazarja inverzno elastičnost ponudbe dela. Višja vrednost parametra pomeni večje nezadovoljstvo z delom, kar pomeni, da želijo gospodinjstva večjo kompenzacijo v obliki višje plače. Konstanta  $a_n$  ravno tako kot pri drugem členu predstavlja raztezni faktor.

Ex ante so vse enote bloka povpraševanja enake, kar pomeni, da je reprezentativno gospodinjstvo pri maksimizacijskem procesu omejeno s proračunsko omejitvijo

$$C_t + I_t = \frac{W_t}{P_t} N_t + [r_t^K u_t - \Psi(u_t)] K_t + \Pi_t - T_t - \frac{M_t - M_{t-1}}{P_t} - \frac{1}{1+i_t} \frac{B_t - B_{t-1}}{P_t}, \quad (9)$$

davkom, proporcionalno vezanem na dohodek, ki ga dobi posamezno gospodinjstvo za ponujeno delo ( $\tau$  predstavlja davčno stopnjo),

$$T_t = \tau \frac{W_t}{P_t} N_t \quad (10)$$

in dinamiko kapitala

$$K_{t+1} = (1-\delta) K_t + \left[ 1 - F\left(\frac{I_t}{I_{t-1}}\right) \right] I_t. \quad (11)$$

Kot sem že omenil na začetku, so gospodinjstva edini lastniki kapitala v modelu, ki ga dajejo v zakup proizvajalcem vmesnih dobrin po obrestni meri  $r_t^K$ . Kapital je v modelu predeterminirana spremenljivka, vendar so gospodinjstva upravičena do prilagajanja njegove stopnje izkoriščenosti, kar pa povzroča stroške v višini  $\Psi(u_t)$ . Stroškovna funkcija  $\Psi(\cdot)$  je naraščajoča in konveksna, v ustaljenem stanju pa ima sledeče vrednosti:  $\Psi(\bar{u}) = \Psi'(\bar{u}) = 0$  in  $\Psi''(\bar{u}) > 0$  (ustaljeno stanje je pri vrednosti  $\bar{u} = 1$ ). Obstoj variabilne stopnje izkoriščenosti kapitala povzroči manjše nihanje donosnosti na kapital, ki je ena ključnih determinant inflacije. Vpeljava enačbe, ki opisuje dinamiko oziroma akumulacijo kapitala, pa po drugi strani oblikuje bolj čist odziv investicij na eksogene šoke. V sicer običajno enačbo vpeljem prilagoditvene stroške, ki so funkcija stopnje rasti investicij. Funkcija  $\left[ 1 - F\left(\frac{I_t}{I_{t-1}}\right) \right] I_t$  je tako tista, ki predstavlja dejanski proces pretvarjanja investicij v kapital. Z vpeljavo stroškov poskrbim, da akumulacija kapitala ne poteka povsem gladko oziroma kadar zaloga kapitala ni na optimalni ravni, agenti spremenijo investicijske odločitve in počasi prilagajajo zalogo kapitala dani situaciji (v modelu brez stroškov ni stalne variacije kapitala, kar pomeni, da se vse investicije enostavno prevedejo v povečanje kapitala). Stroškovna funkcija  $F(\cdot)$  je naraščajoča in konveksna, v ustaljenem stanju pa ima sledeče lastnosti  $\bar{F} = \bar{F}' = 0$  in  $\bar{F}'' > 0$  (ustaljeno stanje se nahaja pri vrednosti 1). Parameter  $\delta$  predstavlja stopnjo deprecijacije kapitala, ki pove, kako hitro zaloga kapitala izgublja vrednost.

Enačbi (9) in (10) lahko združim in dobim sledeč izraz:

$$C_t + I_t = (1-\tau) \frac{W_t}{P_t} N_t + [r_t^K u_t - \Psi(u_t)] K_t + \Pi_t - \frac{M_t - M_{t-1}}{P_t} - \frac{1}{1+i_t} \frac{B_t - B_{t-1}}{P_t}, \quad (12)$$

kjer  $I_t$  predstavlja investicijske izdatke,  $P_t$  ceno proizvedenih dobrin,  $W_t$  nominalno plačo,  $K_t$  kapital,  $r_t^K$  donos na kapital,  $u_t$  stopnjo izkoriščenosti kapitala,  $\Psi(u_t)$  pa njene prilagoditvene stroške.  $r_t^K u_t K_t$  so potemtakem dohodki gospodinjstev, ki izvirajo iz nudenja kapitalskih storitev,  $\Psi(u_t)K_t$  pa stroški, izraženi v enotah potrošnje, ki jih gospodinjstvo utrpi zaradi prilagajanja stopnje izkoriščenosti kapitala na njeno optimalno raven.  $\Pi_t$  in  $B_t$  predstavljata še dobičke proizvajalcev vmesnih dobrin, ki so v popolni lasti gospodinjstev in netvegane državne obveznice ( $i_t$  je nominalna obrestna mera, ki vlada v obdobju  $t$ ). Prej opredeljeni optimizacijski problem gospodinjstev lahko zapišem oziroma rešim z Lagrangovo funkcijo, ki vsebuje vse naštete omejitve ((12) in (11)):

$$\mathcal{L} = E_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left\{ +\lambda_t \left[ \begin{aligned} & \frac{\chi_t}{1-\gamma} C_t^{1-\gamma} + \frac{a_m}{1-\gamma_m} \left( \frac{M_t}{P_{t+i}} \right)^{1-\gamma_m} - \frac{a_n}{1+\gamma_n} N_t^{1+\gamma_n} + \\ & \left[ (1-\tau) \frac{W_t}{P_t} N_t + [r_t^K u_t - \Psi(u_t)] K_t + \Pi_t - \right. \\ & \left. - \frac{M_t - M_{t-1}}{P_t} - \frac{1}{1+i_t} \frac{B_t - B_{t-1}}{P_t} - C_t - I_t \right] + \right. \\ & \left. +\lambda_t^K \left[ (1-\delta) K_t + \left[ 1 - F \left( \frac{I_t}{I_{t-1}} \right) \right] I_t - K_{t+1} \right] \right] \right\}. \quad (13) \end{aligned}$$

$\lambda_t$  in  $\lambda_t^K$  v enačbi (13) sta Lagrangova multiplikatorja, vezana na proračunsko omejitev in enačbo dinamike kapitala. Na vrsti je izpeljava pogojev prvega reda za vse spremenljivke, ob katerih reprezentativno gospodinjstvo maksimizira svojo koristnost.

Pogoj prvega reda glede na potrošnjo je:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial C_t} : \chi_t C_t^{-\gamma} - \lambda_t = 0. \quad (14)$$

Pogoj prvega reda glede na delo je določen z:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial N_t} : -a_n N_t^{\gamma_n} + \lambda_t (1-\tau) \frac{W_t}{P_t} = 0. \quad (15)$$

Pogoj prvega reda glede na državne obveznice je enak:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \frac{B_t}{P_t}} : -\lambda_t \left( \frac{1}{1+i_t} \right) + \beta E_t \left( \lambda_{t+1} \frac{P_t}{P_{t+1}} \right) = 0. \quad (16)$$

Pogoj prvega reda glede na realne denarne blagajne je:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \frac{M_t}{P_t}} : a_m \left( \frac{M_t}{P_t} \right)^{-\gamma_m} - \lambda_t + \beta E_t \left( \lambda_{t+1} \frac{P_t}{P_{t+1}} \right) = 0. \quad (17)$$

Pogoj prvega reda glede na kapital je enak:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial K_{t+1}} : \beta E_t \left[ \lambda_{t+1} (r_{t+1}^K u_{t+1} - \Psi(u_{t+1})) \right] - \lambda_t^K + \beta E_t \left[ \lambda_{t+1}^K (1 - \delta) \right] = 0. \quad (18)$$

Pogoj prvega reda glede na investicije je določen z:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial I_t} : -\lambda_t + \lambda_t^K \left[ 1 - F \left( \frac{I_t}{I_{t-1}} \right) - F' \left( \frac{I_t}{I_{t-1}} \right) \frac{I_t}{I_{t-1}} \right] + \beta E_t \left[ \lambda_{t+1}^K F' \left( \frac{I_{t+1}}{I_t} \right) \left( \frac{I_{t+1}}{I_t} \right)^2 \right] = 0. \quad (19)$$

Pogoj prvega reda glede na optimalno stopnjo izkoriščenosti kapitala je enak:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial u_t} : \lambda_t \left[ r_t^K K_t - \Psi'(u_t) K_t \right] = 0. \quad (20)$$

Zaradi simetrične narave rešitve modela lahko enačbe tudi združujem in s tem pridobim pomembna razmerja. Z združitvijo enačb (14) in (15) dobim implicitno ponudbo dela:

$$\frac{W_t}{P_t} = \frac{a_n N_t^{\gamma_n}}{\chi_t C_t^{-\gamma} (1 - \tau)}. \quad (21)$$

Enačba (21) predstavlja standardni pogoj na trgu dela, ki pravi, da mora biti mejna stopnja substitucije med prostim časom in potrošnjo enaka realni plači, ki jo gospodinjstva prejemajo v ravnovesju. Gospodinjstvo bo moralo tehtati med obema alternativama, saj delo prinaša negativno koristnost, vendar je hkrati edini vir zaslужka za potrošnjo. Po drugi strani večja količina dela pomeni manj prostega časa. Vpeljava šoka v preferencah gospodinjstev povzroča spremembe v mejni stopnji substitucije med obema alternativama, kar popači ponudbo na trgu dela. Pozitivna realizacija šoka povečuje nepotrpežljivost na strani gospodinjstev, kar pomeni, da si želijo večjo današnjo potrošnjo in manjšo količino dela. To nadalje zniža realno plačo. Glede opredelitve trga dela se na tej točki ustavim.

Naslednjo pomembno enačbo pridobim s kombinacijo enačb (14) in (16):

$$C_t^{-\gamma} = \beta E_t \left[ \frac{\chi_{t+1}}{\chi_t} C_{t+1}^{-\gamma} (1 + i_t) \frac{P_t}{P_{t+1}} \right]. \quad (22)$$

Izraz (22) predstavlja Eulerjevo enačbo za potrošnjo, ki pravi, da je mejna koristnost sedanje potrošnje enaka pričakovani mejni koristnosti potrošnje v prihodnjem obdobju, povečani za donos na državne obveznice in zmanjšane za diskontni faktor. Preprosta intuicija v ozadju pravi, če trošim danes manj in naložim prihranke v državne obveznice, bom lahko jutri

potrošil  $(1 + i_t) \frac{P_t}{P_{t+1}}$  več dobrin. S tem se mi blaginja poveča za  $\beta E_t \left[ \frac{\chi_{t+1}}{\chi_t} C_{t+1}^{-\gamma} (1 + i_t) \frac{P_t}{P_{t+1}} \right]$ .

Evidentno postane, da medčasovno glajenje potrošnje povečuje raven celotne koristnosti. Prav



tako so potrošne odločitve odvisne od pričakovanega razmerja med prihodnjo in današnjo realizacijo šoka v preferencah  $\left( \frac{\chi_{t+1}}{\chi_t} \right)$ .

Tretja enačba predstavlja Eulerjevo enačbo za realne denarne blagajne oziroma funkcijo povpraševanja po denarju, ki jo dobim s kombinacijo enačb (14), (17) in (22):

$$\frac{i_t}{1+i_t} = \frac{a_m \left( \frac{M_t}{P_t} \right)^{-\gamma_m}}{\chi_t C_t^{-\gamma}}. \quad (23)$$

$\Delta_t = \frac{i_t}{1+i_t}$  v enačbi (23) predstavlja oportunitetni strošek posedovanja denarja. Več posedovanega denarja pomeni izpuščanje donosnejših naložbenih alternativ (strošek raste z višanjem nominalne obrestne mere). Enačba (23) enači oportunitetne stroške z mejno stopnjo substitucije med posedovanjem denarja in potrošnjo. Povpraševanje po denarju je tako odvisno od tekoče potrošnje, oportunitetnih stroškov, parametra, ki meri nenaklonjenost tveganju, in eksogenega šoka v preferencah. Šok v preferencah je pozitivno koreliran s povpraševanjem po denarju, saj večja nepotrpežljivost na strani gospodinjstev povečuje povpraševanje po denarju, ki ga gospodinjstva potrebujejo za današnjo potrošnjo. V ravnovesju je enačba povpraševanja po denarju odveč, saj je nadomeščena s Taylorjevim pravilom.

Naslednji zanimivi enačbi dobim, če ovrednotim razmerje med Lagrangovima multiplikatorjema kot Tobinovo  $q$  razmerje:

$$q_t = \frac{\lambda_t^K}{\lambda_t}, \quad (24)$$

ki je enako 1 v odsotnosti prilagoditvenih stroškov investicij. Tobinov  $q$  predstavlja razmerje med tržno vrednostjo dodatno investirane enote, ki prek enačbe (11) vpliva na akumulacijo kapitala, in mejnim nadomestitvenim stroškom instaliranega kapitala oziroma v bolj mikroekonomskem duhu razmerje (izraženo v enotah koristnosti) med prispevkom dodatne investirane enote (dodatne enote kapitala) in žrtvovanjem dodatne enote tekoče potrošnje z namenom pridobitve dodatne enote za investiranje (dodatne enote kapitala). Kadar je vrednost parametra večja od 1, so gospodinjstva spodbujena k investiranju, kar povečuje vrednost podjetij (glede na to, da so gospodinjstva edini lastnik kapitala in podjetij), med tem ko vrednost parametra, ki je nižja od 1, spodbuja dezinvestiranje. Enačbo (24) lahko uporabim v enačbi (18) in dobim izraz za kapital:

$$q_t = \beta E_t \left\{ \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} \left[ r_{t+1}^K u_{t+1} - \Psi(u_{t+1}) + (1-\delta) q_{t+1} \right] \right\}, \quad (25)$$

kjer  $\beta \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t}$  predstavlja stohastični diskontni faktor. Tobinov  $q$  oziroma vrednost kapitala, izražena v enotah potrošnih dobrin, je enaka diskontirani prihodnji vrednosti Tobinovega  $q$ , uteženega s stopnjo deprecijacije kapitala, čemur je dodana razlika med prihodnjimi dohodki gospodinjstev, ki izvirajo iz nujenja kapitalskih storitev, in prihodnjimi stroški, izraženimi v enotah potrošnje, ki jih gospodinjstvo utrpi zaradi prilagajanja stopnje izkoriščenosti kapitala na njegovo optimalno raven.

Izraz za investicije pridobim z združitvijo izrazov (24) in (19):

$$1 = \underbrace{q_t \left[ 1 - F\left(\frac{I_t}{I_{t-1}}\right) - F'\left(\frac{I_t}{I_{t-1}}\right) \frac{I_t}{I_{t-1}} \right]}_B + \underbrace{\beta E_t \left[ \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} q_{t+1} F'\left(\frac{I_{t+1}}{I_t}\right) \left(\frac{I_{t+1}}{I_t}\right)^2 \right]}_C. \quad (26)$$

Enačbo (26) lahko razložim v treh delih. Leva stran predstavlja prvi del (A) in ponazarja alternativne stroške investicij, izraženih v enotah potrošnih dobrin. Drugi del (B) prikazuje povečanje v založenosti kapitala z naslova povečanja investicij za eno enoto. Vse skupaj je na koncu pomnoženo še s Tobinovim  $q$ . Tretji del (C) ponazarja učinek na kapital, proizveden v naslednjem obdobju, ki je rezultat višje ravni tekočih investicij. Vse skupaj je pomnoženo še z diskontirano vrednostjo Tobinovega  $q$ .

Zadnjo enačbo v bloku povpraševanja dobim s preureditvijo izraza (20):

$$r_t^K = \Psi'(u_t). \quad (27)$$

Kot sem povedal, funkcija  $\Psi(\cdot)$  narašča z večanjem stopnje izkoriščenosti kapitala. Enačba (27) pravi, da se takšen proces odvija vse do točke, kjer je sprememba stroška prilagoditve stopnje izkoriščenosti kapitala za eno enoto enaka donosnosti na kapital. Na tej ravni vlada optimalna stopnja izkoriščenosti kapitala.

## 3.2 Podjetja

Naslednja sestavna enota modela so podjetja, ki predstavljajo ponudbeni blok in jih je v modelu več vrst. Prva delujejo na trgu končnih dobrin, druga pa na trgu vmesnih dobrin. Vsaka skupina podjetij ima svojstvene značilnosti, ki jih bom v nadaljevanju podrobno opisal.

### 3.2.1 Proizvajalci končnih dobrin

Prva skupina podjetij, ki nastopajo v gospodarstvu, so proizvajalci končnih dobrin. Teh je neskončno mnogo, njihova masa pa je normalizirana na 1. V razmerah popolne konkurence na trgu povprašujejo po vmesnih dobrinah, ki jih nato pretvarjajo v končno (potrošno) dobrino  $Y_t^f$ . Način pretvorbe oziroma produkcijska funkcija teh podjetij je določena z Dixit-Stiglitzovim agregatorjem (Dixit & Stiglitz, 1979, str. 298):

$$Y_t^f = \left[ \int_0^1 Y_t^f(z)^{\frac{\varepsilon_t-1}{\varepsilon_t}} dz \right]^{\frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_t-1}}, \quad (28)$$

pri čemer drži, da je  $\varepsilon_t > 1$ , kar je nujen pogoj za obstoj monopolistične konkurence.  $Y_t^f$  v enačbi (28) predstavlja agregatno raven proizvoda oziroma košarico, sestavljeno iz kontinuuma številnih različic vmesnih dobrin  $Y_t^f(z)$ . Povedano drugače, homogena končna dobrina  $Y_t^f$  je proizvedena z množico različic vmesnih dobrin  $Y_t^f(z)$ , ki jih izdelujejo posamezni proizvajalci vmesnih dobrin  $z$ .  $\varepsilon_t$  ponazarja medčasovno elastičnost substitucije med različnimi dobrinami  $z$  oziroma časovno spremenljivo cenovno elastičnost povpraševanja po vmesnih dobrinah. Definicija v Prašnikar, Domadenik in Koman (2008, str. 60) pravi takole: »Elastičnost je mera občutljivosti spremembe ene spremenljivke na drugo. Izrazimo jo s koeficientom elastičnosti, ki kaže odstotno spremembo ene spremenljivke zaradi odstotne spremembe druge spremenljivke. Koeficient cenovne elastičnosti povpraševanja torej meri občutljivost spremembe obsega povpraševanja na spremembo cene.« Če vse to opredelim še »v duhu« DSGE modela: večja kot je cenovna elastičnost povpraševanja, večja bo sprememba obsega povpraševanja proizvajalcev končnih dobrin po določeni različici vmesne dobrine ob spremembi njene cene. Lahko rečem, da izraz  $\frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_t-1}$  predstavlja pribitek na cene (oziroma tržno moč) (angl. *mark-up*), ki ga zaračunava posamezni proizvajalec vmesnih dobrin  $z$ . Zaradi časovno spremenljive cenovne elastičnosti lahko zaključim, da bo pribitek na ceno ravno tako nihal v času, kot pravi Giannoni (2007, str. 186). Za  $\varepsilon_t$  nadalje predpostavim, da sledi  $AR(1)$  procesu, kar ponazorim s sledečo enačbo:

$$\ln \varepsilon_t = (1 - \rho_\varepsilon) \ln \varepsilon + \rho_\varepsilon \ln \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t^\varepsilon. \quad (29)$$

$\varepsilon_t^\varepsilon$  predstavlja eksogen šok, ki vpliva na elastičnost substitucije,  $\rho_\varepsilon$  ( $0 < \rho_\varepsilon < 1$ ) pa je njegov vztrajnostni parameter. Pozitivna realizacija šoka, ki vpliva na elastičnost substitucije, zmanjšuje višino pribitkov na ceno in s tem predstavlja negativen šok v stroških podjetja (angl. *negative cost-push shock*). Negativna realizacija šoka po drugi strani povečuje višino pribitkov na ceno in s tem predstavlja pozitiven šok v stroških podjetja (angl. *positive cost-push shock*). Proces, ki opisuje vpliv na stroške podjetij, lahko ravno tako kot v prejšnji enačbi izrazim z  $AR(1)$  procesom, ki ima sledečo obliko:

$$\ln \xi_t = (1 - \rho_\xi) \ln \xi + \rho_\xi \ln \xi_{t-1} + \varepsilon_t^\xi, \quad (30)$$

kjer velja, da je  $\xi_t = -\varepsilon_t$ . Proizvajalci končnih dobrin sprejemajo cene na trgu kot dane, se v vsakem trenutku obnašajo racionalno in pri tem zasledujejo naslednji cilj:

$$\min_{Y_t^f(z)} \int_0^1 Y_t^f(z) P_t(z) dz. \quad (31)$$

Pri proizvodnem procesu so omejeni tako, da mora biti skupna proizvodnja vseh končnih proizvajalcev  $f$  večja ali enaka arbitrarno določeni meji  $\bar{Y}$ :

$$\left[ \int_0^1 Y_t^f(z)^{\frac{\varepsilon_t-1}{\varepsilon_t}} dz \right]^{\frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_t-1}} \geq \bar{Y}. \quad (32)$$

Obstoječi optimizacijski problem lahko zapišem v obliki Lagrangove funkcije, kjer je treba poiskati pogoj prvega reda glede na  $Y_t^f(z)$ :

$$\mathcal{L} = \int_0^1 Y_t^f(z) P_t(z) dz - \lambda \left( \left[ \int_0^1 Y_t^f(z)^{\frac{\varepsilon_t-1}{\varepsilon_t}} dz \right]^{\frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_t-1}} - \bar{Y} \right). \quad (33)$$

Minimizacija stroškov me pripelje do individualne funkcije povpraševanja po vsaki različici vmesne dobrine:

$$Y_t^f(z) = \left( \frac{P_t(z)}{P_t} \right)^{-\varepsilon_t} Y_t^f. \quad (34)$$

Funkcija povpraševanja po vmesni dobrini  $z$  pove, po kakšni količini posamezne vmesne dobrine povprašujejo proizvajalci končnih dobrin, da pri tem minimizirajo svoje stroške. Količina je odvisna od cene vmesne dobrine  $z$ , povpraševanja po končni dobrini in časovno spremenljive elastičnosti povpraševanja, ki se spreminja z realizacijo eksogenega stroškovnega šoka. Pozitiven šok tako zmanjšuje časovno spremenljivo elastičnost povpraševanja, kar povečuje monopolno moč proizvajalcev vmesnih dobrin in s tem njihove pribitke na ceno. To nadalje vodi v višjo agregatno raven cen in posledično nižje povpraševanje.

Z integriranjem enačbe (34) (seštejem vsa individualna povpraševanja končnih proizvajalcev  $f$ ) dobim tržno povpraševanje po vmesni dobrini  $z$ :

$$Y_t(z) = \left( \frac{P_t(z)}{P_t} \right)^{-\varepsilon_t} Y_t. \quad (35)$$

Za konec naj opredelim še agregatno raven cen v gospodarstvu, ki jo bom potreboval nekoliko kasneje. Določena je kot minimalni strošek proizvodnje ene enote proizvoda oziroma formalno:

$$P_t = \int_0^1 P_t(z) Y_t(z) dz, \quad (36)$$

pri čemer velja, da je  $Y_t = 1$ . Kombinacija enačb (35) in (36) mi ponudi rešitev optimizacijskega problema:

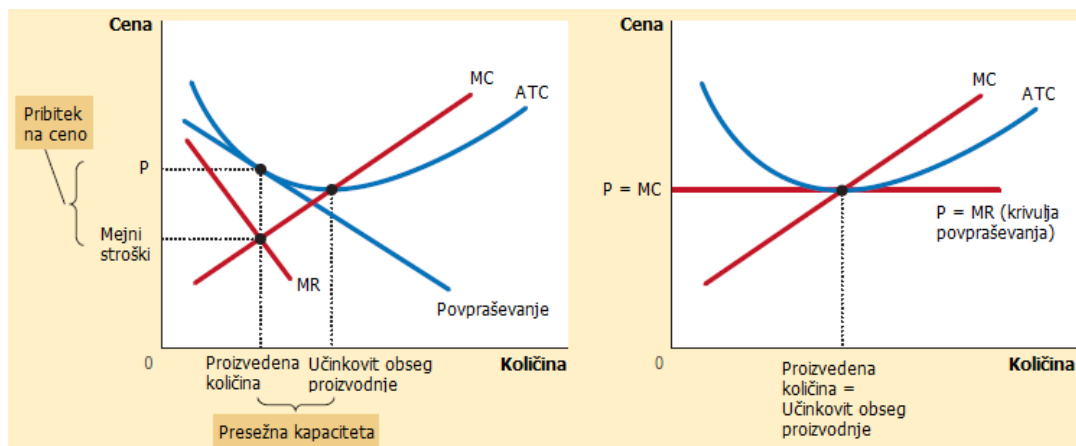
$$P_t = \left[ \int_0^1 P_t^{1-\varepsilon_i}(z) dz \right]^{\frac{1}{1-\varepsilon_i}}. \quad (37)$$

Izraz (37) prikazuje indeks cen dobrin, kjer je cena končne, homogene dobrine izražena kot neke vrste vsota cen vseh vmesnih dobrin.

### 3.2.2 Proizvajalci vmesnih dobrin

Tudi proizvajalcev vmesnih dobrin je neskončno mnogo, njihova masa pa je ravno tako normalizirana na 1, kar pomeni, da vstopa na trg in izstopa iz njega v modelu ni. Na trgu proizvodnih dejavnikov, kjer se obnašajo kot popolni konkurenti (cene proizvodnih dejavnikov obravnavajo kot dane), povprašujejo po delu in kapitalu, ki ju nato uporabljajo v procesu proizvodnje vmesnih dobrin. Posebna lastnost proizvajalcev vmesnih dobrin je, da se obnašajo kot monopolistični konkurent na trgu dobrin, ki jih proizvajajo. Ta lastnost jim daje moč, da lahko svojim proizvodom določajo lastno ceno oziroma drugače povedano, vsak proizvajalec vmesnih dobrin ima monopolni položaj v svoji tržni niši. Monopolistična konkurenca pa je tudi glavni razlog, da je funkcija povpraševanja po njihovih proizvodih padajoča, kot prikazuje leva stran Slike 3.

Slika 3: Monopolistična konkurenca



Vir: N. G. Mankiw, *Principles of Microeconomics* (7<sup>th</sup> ed.), 2014, str. 335

V primeru, da cena ni enaka optimalni ( $P$ ), povpraševanje ne bo enako 0 ali  $\infty$ , kot bi se to zgodilo v razmerah popolne konkurence (desna stran Slike 3), vendar bodo podjetja želela proizvajati, vse dokler bo veljalo  $P > MC$ , saj v tem primeru obstaja prihodek na ceno na trgu njihovega proizvoda (Basu & Fernald, 1997, str. 256).

#### 3.2.2.1 Mejni stroški

Vsak proizvajalec vmesne dobrine z izbere takšno količino dela  $N_t(z)$  in kapitala  $K_t(z)$ , da minimizira svoje celotne stroške, predstavljene s sledečo funkcijo:

$$TC_t = \frac{W_t}{P_t} N_t(z) + r_t^K (u_t K_t(z)), \quad (38)$$

kjer je  $r_t^K$  najemna cena kapitala,  $\frac{W_t}{P_t}$  pa predstavlja realno plačo, dodeljeno najeti delovni sili. Ob tem je vsako podjetje omejeno s svojo proizvodno tehnologijo oziroma vsako podjetje lahko proizvede le toliko, kolikor ima na voljo razpoložljivih resursov:

$$Y_t(z) = A_t (u_t K_t(z))^\alpha N_t^{1-\alpha}(z). \quad (39)$$

Enačba (39) predstavlja Cobb-Douglasov tip proizvodne tehnologije, kjer  $A_t$  predstavlja tehnološki faktor, ki je na voljo vsem proizvajalcem vmesnih dobrin,  $N_t(z)$  in  $K_t(z)$  pa predstavljata količino dela in kapitala, uporabljeno v proizvodnji. Parameter  $\alpha \in [0,1]$  predstavlja delež kapitala v proizvodnji oziroma elastičnost proizvoda glede na kapital. Količina kapitala v proizvodnji je, kot sem to že omenil, odvisna od optimalne stopnje izkoriščenosti kapitala, ki je določena s strani gospodinjstev. S spreminjanjem količine kapitala in dela se pomikam vzdolž proizvodne funkcije, med tem ko izboljšanje tehnologije premakne funkcijo navzgor. Izboljšanje tehnologije izvira največkrat iz novih načinov kombiniranja obstoječih proizvodnih dejavnikov (Senjur, 2001, str. 80). Za  $A_t$  nadalje predpostavim, da sledi  $AR(1)$  procesu, kar ponazorim s sledečo enačbo:

$$\ln A_t = (1 - \rho_A) \ln A + \rho_A \ln A_{t-1} + \epsilon_t^A. \quad (40)$$

$\epsilon_t^A$  predstavlja eksogen tehnološki oziroma produktivnostni šok (angl. *technology or productivity shock*),  $\rho_A$  ( $0 < \rho_A < 1$ ) pa je vztrajnostni parameter tehnološkega šoka.

Da dobim mejne stroške podjetja, moram obstoječi minimizacijski problem zapisati z Lagrangovo funkcijo:

$$\mathcal{L} = \frac{W_t}{P_t} N_t(z) + r_t^K K_t(z) - \lambda \left[ A_t (u_t K_t(z))^\alpha N_t^{1-\alpha}(z) - Y_t(z) \right]. \quad (41)$$

Z optimizacijo enačbe (41) želi podjetje v ravnovesju zaposlovati najvišji možen obseg dela in kapitala ob dani omejitvi. Sledi izpeljava pogojev prvega reda, ob katerih proizvajalci vmesnih dobrin minimizirajo stroške proizvodnje.

Pogoj prvega reda glede na delo je:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial N_t(z)} : \frac{W_t}{P_t} - \lambda \left[ (1 - \alpha) A_t (u_t K_t(z))^\alpha N_t^{-\alpha}(z) \right] = 0. \quad (42)$$

Optimalni obseg dela je določen s točko, kjer je mejni proizvod dela enak mejnemu strošku dela, oziroma podjetje povprašuje po delu, vse dokler je korist, ki jo ima podjetje z dodatno zaposlitvijo dela, večja (v ravnovesju enaka) kot strošek, ki ga ima podjetje z zaposlitvijo dodatnega delavca.

Pogoj prvega reda glede na kapital je:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial K_t(z)} : r_t^K u_t - \lambda [\alpha A_t u_t^\alpha K_t^{\alpha-1}(z) N_t^{1-\alpha}(z)] = 0. \quad (43)$$

Optimalni obseg kapitala je analogno določen s točko, kjer je mejni proizvod kapitala enak mejnemu strošku kapitala, oziroma podjetje povprašuje po kapitalu, vse dokler je korist, ki jo ima podjetje z dodatnim najemom kapitala, večja (v ravnovesju enaka) kot strošek, ki ga ima podjetje z najemom dodatne enote kapitala.  $\lambda$  v obeh enačbah predstavlja Lagrangov multiplikator, ki ponazarja mejne stroške podjetja.

Sedaj lahko pogoja prvega reda (42) in (43) združim in dobim optimalno razmerje med realno plačo in donosnostjo na kapital v ravnovesju:

$$\frac{\frac{W_t}{P_t}}{r_t^K} = \frac{(1-\alpha)u_t K_t(z)}{\alpha N_t(z)}. \quad (44)$$

Optimalno razmerje med realno plačo in donosnostjo na kapital se med podjetji ne spreminja ( $z$  lahko izpustim). Na razmerje vplivajo količina kapitala in dela, ki jo podjetje v ravnovesju zaposluje, delež kapitala v proizvodnji in stopnja izkoriščenosti kapitala, ki je določena s strani gospodinjstev in jo podjetja obravnavajo kot dano. Če želim dobiti še funkciji povpraševanja po delu in kapitalu s strani posameznega podjetja, moram v izpeljavo naknadno vključiti produkcijsko funkcijo, izraženo z enačbo (39):

$$K_t(z) = \frac{Y_t(z)}{A_t u_t \left( \frac{(1-\alpha)}{\alpha} \right)^{1-\alpha} \left( \frac{r_t^K}{\frac{W_t}{P_t}} \right)^{1-\alpha}}, \quad (45)$$

$$N_t(z) = \frac{Y_t(z) \left( \frac{(1-\alpha)}{\alpha} \right)^\alpha \left( \frac{r_t^K}{\frac{W_t}{P_t}} \right)^\alpha}{A_t}. \quad (46)$$

Funkciji povpraševanja po obeh proizvodnih dejavnikih sta padajoči, kar je vidno iz razmerja realne plače (donosnosti na kapital) in količine dela (količine kapitala). Enačbi (45) in (46) lahko sedaj vstavim v enačbo (38) in dobim celotne stroške posameznega podjetja, izražene s funkcijama povpraševanja po obeh proizvodnih dejavnikih:

$$TC_t = \frac{W_t}{P_t} \frac{Y_t(z)}{A_t} \left( \frac{(1-\alpha)}{\alpha} \right)^\alpha \left( \frac{r_t^K}{\frac{W_t}{P_t}} \right)^\alpha + r_t^K \frac{Y_t(z)}{A_t \left( \frac{(1-\alpha)}{\alpha} \right)^{1-\alpha} \left( \frac{r_t^K}{\frac{W_t}{P_t}} \right)^{1-\alpha}}. \quad (47)$$

Mejne stroške podjetja izpeljem tako, da poiščem pogoj prvega reda glede na  $Y_t(z)$ :

$$S_t = \frac{\partial TC_t}{\partial Y_t(z)} = \frac{W_t}{P_t} \frac{1}{A_t} \left( \frac{(1-\alpha)}{\alpha} \right)^\alpha \left( \frac{r_t^K}{\frac{W_t}{P_t}} \right)^\alpha + r_t^K \frac{1}{A_t} \left( \frac{(1-\alpha)}{\alpha} \right)^{\alpha-1} \left( \frac{r_t^K}{\frac{W_t}{P_t}} \right)^{\alpha-1}. \quad (48)$$

Po kratki preureditvi izraza (48) pridem na koncu do enačbe, ki ponazarja realne mejne stroške posameznega podjetja:

$$S_t = \frac{1}{A_t} \left( \frac{W_t}{(1-\alpha)P_t} \right)^{1-\alpha} \left( \frac{r_t^K}{\alpha} \right)^\alpha. \quad (49)$$

Velikost mejnih stroškov, ravno tako kot optimalno razmerje med realno plačo in donosnostjo na kapital, ni odvisna od velikosti podjetja, kar pomeni, da so le-ti enaki za vse proizvajalce vmesnih dobrin. Mejni stroški so negativno povezani s tehnološkim faktorjem in pozitivno z realno plačo in donosnostjo na kapital. To pomeni, da pozitiven tehnološki šok zmanjšuje mejne stroške podjetjem (zaradi tehnološkega napredka je sedaj možno proizvajati enako količino proizvoda ob nižjih stroških), med tem ko jih višja realna plača in donosnost na kapital (višji odlivi iz podjetja) povečujeta.

### 3.2.2.2 *Fleksibilne cene*

Na začetku poglavja o proizvajalcih vmesnih dobrin sem zapisal, da se ti srečujejo s padajočo krivuljo povpraševanja v njihovi proizvodni niši. Monopolistična konkurenca s tem daje vsakemu podjetju v panogi moč postaviti svojo ceno. Sedaj je treba preveriti, če je monopolistična konkurenca že zadostni pogoj, ki bi prinašal ne le nominalne, ampak tudi realne učinke aktivne denarne politike. Podjetja se v vsaki niši obnašajo racionalno, kar pomeni, da želijo z maksimizacijo dobička določiti optimalno ceno, ki jo bodo postavila za svojo različico izdelka. Formalno problem zapišem kot:

$$\max_{P_t(z), N_t(z), K_t(z), Y_t(z)} \left[ \frac{P_t(z)}{P_t} Y_t(z) - \frac{W_t}{P_t} N_t(z) - r_t^K u_t K_t(z) \right], \quad (50)$$

pri čemer je podjetje omejeno s proizvodno tehnologijo (39), padajočo krivuljo povpraševanja po njegovi proizvedeni različici (35) in optimalnima obsegoma zaposlitve proizvodnih



dejavnikov (42) in (43). Vse opredeljene omejitve lahko vstavim v enačbo (50), da dobim sledeč izraz:

$$\max_{P_t(z), N_t(z), K_t(z), Y_t(z)} \left[ \begin{aligned} & \frac{P_t(z)}{P_t} \left( \frac{P_t(z)}{P_t} \right)^{-\varepsilon_t} Y_t - \left( \lambda (1-\alpha) A_t (u_t K_t(z))^\alpha N_t^{1-\alpha}(z) \right) N_t(z) - \\ & - \left( \lambda \alpha A_t u_t^{\alpha-1} K_t^{\alpha-1}(z) N_t^{1-\alpha}(z) \right) u_t K_t(z) \end{aligned} \right], \quad (51)$$

oziroma po kratki preureditvi:

$$\max_{P_t(z)} \left[ \left( \frac{P_t(z)}{P_t} - \lambda \right) \left( \frac{P_t(z)}{P_t} \right)^{-\varepsilon_t} Y_t \right]. \quad (52)$$

Da pridobim optimalno ceno, ki jo zaračunava posamezno podjetje za svojo inačico proizvoda, moram poiskati pogoj prvega reda glede na  $P_t(z)$ :

$$\frac{1}{P_t} \left( \frac{P_t(z)}{P_t} \right)^{-\varepsilon_t} Y_t + \left( \frac{P_t(z)}{P_t} - \lambda \right) (-\varepsilon_t) \left( \frac{P_t(z)}{P_t} \right)^{-\varepsilon_t-1} \frac{1}{P_t} Y_t. \quad (53)$$

Z nadaljnjo manipulacijo izraza (53) dobim enačbo za optimalno ceno, pri čemer upoštevam dejstvo, da je  $\lambda = S_t$ :

$$\frac{P_t^*(z)}{P_t} = \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_t - 1} S_t. \quad (54)$$

Najvišja možna cena, ki jo postavi podjetje ob danih omejitvah, je odvisna od  $\frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_t - 1} = 1 + \mu_t$ ,

kar predstavlja pribitek na ceno, ki ga zaračunava posamezno podjetje. Tako lahko rečem, da je optimalna cena postavljena kot pribitek na realne mejne stroške. Pribitek je v obratnem sorazmerju s cenovno elastičnostjo povpraševanja, kar pomeni, da z večjo cenovno elastičnostjo podjetja izgubljajo monopolno moč in pribitke, saj v tem primeru končni proizvajalci kupujejo vmesne proizvode pri tistem podjetju, ki zaračunava najnižjo ceno.

Zaključek prinaša ugotovitev, da sam obstoj monopolistične konkurence še ne prinaša realnih učinkov aktivne denarne politike. Vpeljava predpostavke, da so cene rigidne, pa bo v nadaljevanju ključna, saj v model vnaša dodatno dinamiko in zazrtost v prihodnost. S tem postane aktivna denarna politika center makroekonomske analize in dinamike, saj lahko vpliva na ključne realne ekonomske spremenljivke (Galí & Gertler, 2007, str. 29). Formalna potrditev teze sledi v nadaljevanju.

### 3.2.2.3 Calvov tip cenovne rigidnosti

Prejšnji razdelek je pokazal, da bo šele vpeljava cenovne rigidnosti (oziroma katera koli druga vrsta nominalne rigidnosti) pripeljala do realnih učinkov aktivne denarne politike. V

magistrskem delu sledim predlogu Calva (1983, str. 383), ki predstavlja standardno vpeljavo cenovnih rigidnosti v DSGE modele (drugi najpogostejši način vpeljave cenovne rigidnosti sledi Rotembergovemu modelu (Rotemberg, 1982, str. 1189), kjer so podjetja ob spremembi cene podvržena kvadratnim stroškom). Avtor doseže učinek tako, da onemogoči postavitev optimalne cene vsem podjetjem v vsakem obdobju. Ceno lahko prilagodijo le tisti proizvajalci, ki prejmejo signal. Bolj natančno, predvideva se, da lahko le delež podjetij popravi ceno v vsakem obdobju. Delež teh podjetij je stohastične narave in je neodvisen od obdobja, v katerem je podjetje lahko zadnjič spremenilo ceno, kar pomeni, da so spremembe cen popolnoma naključne in neodvisne med seboj. V nadaljevanju se v ta namen odločim, da  $1-\theta$ , kjer velja  $\theta \in (0,1)$ , izraža delež podjetij, ki v danem obdobju lahko prilagodijo svojo ceno,  $\theta$  pa je takšnih, ki tega ne morejo storiti.  $\theta$  lahko torej predstavlja tudi stopnjo rigidnosti cen. Za podjetja, ki cene ne morejo prilagoditi, ne predvidim nikakršnega indeksacijskega pravila, kot sta to storila na primer Smets in Wouters (2007, str. 590), kar pomeni, da še naprej zaračunavajo staro ceno iz prejšnjega obdobja. Opomniti moram še na dejstvo, da so podjetja *ex ante* enaka, tako da vsa z možnostjo postavitve nove cene izberejo enako ceno (prvič prikazano v Yun, 1996, str. 351). Iz predhodno napisanega sledi, da optimalna cena ob prisotnosti Calvovega tipa cenovne rigidnosti ne sovпада več s ceno, izraženo z enačbo (54). Maksimizacijski problem podjetij, ki lahko prilagodijo ceno, je tokrat opredeljen nekoliko drugače:

$$\max_{P_t(z)} E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \Lambda_{t,t+i} \left[ \left( \frac{P_t(z)}{P_{t+i}} - S_{t+i} \right) \left( \left( \frac{P_t(z)}{P_{t+i}} \right)^{-\varepsilon_{t+i}} Y_{t+i} \right) \right]. \quad (55)$$

Enačba (55) je inačica enačbe (52), ki pravi, da podjetja maksimizirajo pričakovano sedanjo vrednost dobička z obzirom na omejitve, s katerimi se posamezni proizvajalec srečuje.  $\Lambda_{t,t+i}$  predstavlja stohastični diskontni faktor, ki izvira iz optimizacijskega problema gospodinjstev in ga podjetja jemljejo kot eksogeno danega. Z njegovo pomočjo lahko izrazim dobiček podjetij v enotah koristnosti gospodinjstev (razlog tiči v dejstvu, da so podjetja edini lastniki kapitala v modelu). Ustrezen diskontni faktor med obdobjema  $t$  in  $t+i$  je tako enak  $\beta^i \Lambda_{t,t+i}$ .

Na vrsti je izpeljava pogoja prvega reda podjetja glede na ceno  $P_t(z)$ :

$$E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \Lambda_{t,t+i} \left[ \begin{array}{l} \frac{1}{P_{t+i}} \left( \frac{P_t^*(z)}{P_{t+i}} \right)^{-\varepsilon_{t+i}} Y_{t+i} + \left( \frac{P_t^*(z)}{P_{t+i}} - S_{t+i} \right) \cdot \\ \cdot (-\varepsilon_{t+i}) \left( \frac{P_t^*(z)}{P_{t+i}} \right)^{-\varepsilon_{t+i}-1} \frac{1}{P_{t+i}} Y_{t+i} \end{array} \right] = 0, \quad (56)$$

kjer  $P_t^*(z)$  predstavlja optimalno ceno. Nadaljnja preureditev izraza (56) me pripelje do končne enačbe optimalne cene podjetja, ki v tekočem obdobju prejme signal:

$$P_t^*(z) = \sum_{i=0}^{\infty} \omega_{t,t+i} (1 + \mu_{t,t+i}) S_{t+i}^n. \quad (57)$$

V enačbi (57) so  $\omega_{t,t+i} = \frac{E_t (\theta\beta)^i \Lambda_{t,t+i} \left(\frac{1}{P_{t+i}}\right)^{1-\varepsilon_{t+i}} Y_{t+i}}{E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \Lambda_{t,t+i} \left(\frac{1}{P_{t+i}}\right)^{1-\varepsilon_{t+i}} Y_{t+i}}$ ,  $(1 + \mu_{t+i}) = \frac{\varepsilon_{t+i}}{\varepsilon_{t+i} - 1}$ ,  $S_{t+i}^n = S_{t+i} P_{t+i}$  pa

predstavlja nominalne mejne stroške. Enačba (57) sporoča, da je optimalna cena enaka tehtanemu povprečju pričakovanih nominalnih mejnih stroškov. Optimalna cena je zazrta v prihodnost (angl. *forward-looking*), saj je odvisna tako od pričakovanih prihodnjih vrednosti agregatnih spremenljivk  $(Y_{t+i}, P_{t+i})$  kot od pričakovanih prihodnjih vrednosti nominalnih mejnih stroškov  $(S_{t+i}^n)$ .

Na koncu opredelim še agregatno raven cen v gospodarstvu, ki jo bom potreboval nekoliko kasneje pri izpeljavi novo keynesianske Phillipsove krivulje. Podjetja, ki lahko prilagodijo ceno, bodo zaračunavala ceno  $P_t^*(z)$ , ostala pa  $P_t(z)$ , iz česar sledi, da bo agregatna raven cen enaka:

$$P_t = \left[ \theta P_{t-1}^{1-\varepsilon_t} + (1-\theta) P_t^{*1-\varepsilon_t} \right]^{\frac{1}{1-\varepsilon_t}}, \quad (58)$$

kar sledi iz enačbe (37). Agregatna raven cen predstavlja tehtano vsoto cen podjetij, ki prejmejo signal, in cen podjetij, ki nimajo možnosti postavitve optimalne cene. Uteži, kot že prej omenjeno, ponazarjajo deleže posamezne vrste podjetij.

### 3.3 Država in centralna banka

Zadnji dve komponenti modela predstavljata država in centralna banka. Država v modelu skrbi za vodenje fiskalne politike, to pomeni pobiranje davkov in plačevanje transferjev. Državni proračun lahko predstavim na sledeč način:

$$G_t = T_t + \frac{B_t - (1+i_{t-1})B_{t-1}}{P_t}, \quad (59)$$

kjer  $G_t$  predstavlja državne izdatke,  $T_t$  količino pobranih davkov, ki so jih v proračun vplačevala gospodinjstva, in  $B_t$  izdane državne obveznice ( $i_{t-1}$  je nominalna obrestna mera, ki vlada v obdobju  $t-1$ ). Za proračun se predvideva, da je v vsakem obdobju poravnan. Desna stran enačbe (59) ponazarja odlive iz državne blagajne, pod kar lahko štejem različne vrste državnih izdatkov, leva pa prilive vanjo, v mojem primeru plačila davkov s strani gospodinjstev, katerim je prišteta razlika med tekoče izdanimi državnimi obveznicami in poplačilom starega dolga (glavnica  $B_{t-1}$  in obresti  $i_{t-1}B_{t-1}$ ). Celotni drugi del prilivov v državno blagajno je izražen v realnih enotah, kar je evidentno iz deljenja celotnega zapisa s  $P_t$ . Za  $G_t$  nadalje predpostavim, da sledi  $AR(1)$  procesu, kar ponazorim s sledečo enačbo:

$$\ln G_t = (1 - \rho_G) \ln G + \rho_G \ln G_{t-1} + \epsilon_t^G. \quad (60)$$

$\epsilon_t^G$  predstavlja eksogen šok v državnih izdatkih (angl. *government spending shock*),  $\rho_G$  ( $0 < \rho_G < 1$ ) pa je vztrajnostni parameter šoka v državnih izdatkih. Naloga državnih izdatkov v magistrskem delu je ključna, saj prek njih spodbujam agregatni proizvod in posredno prek tega tudi ostale makroekonomske spremenljivke. Tudi pri specifikaciji finančnega šoka, ki ga bolj podrobno predstavim v zadnjem delu petega poglavja, igrajo državni izdatki osrednjo vlogo, saj so edini eksogen proces, ki s svojim pozitivnim učinkom blažijo vpliv šoka na gospodarstvo. Pri specifikaciji državnih izdatkov se na tej točki ustavim, saj je za analizo multiplikativnega učinka aktivne fiskalne politike takšna opredelitev zadovoljiva. Z razširitvijo analize in vključitvijo državnega dolga ali pa različnih režimov davčne politike bi lahko raziskal še nekaj zelo zanimivih vprašanj, ki pa se ne tičejo glavnega jedra zamišljene naloge.

Denarno politiko mojega modela vodi centralna banka. Reakcijsko krivuljo oziroma optimalni odziv njenih snovalcev opišem s Taylorjevim pravilom (Taylor, 1993), kot je to značilno pri večini novo keynesianskih DSGE modelov. Osnovno različico, opisano v prvem poglavju magistrskega dela, nekoliko spremenim:

$$\ln i_t = (1 - \rho_i) \ln i + \rho_i \ln i_{t-1} + (1 - \rho_i) \phi_\pi \ln \Pi_t + (1 - \rho_i) \phi_y \ln Y_t + \ln \epsilon_t^{MP}. \quad (61)$$

V enačbi (61) je nominalna obrestna mera  $i_t$  naravna, za razliko od osnovne različice modela, kjer se obrestna mera odziva na proizvodno in inflacijsko vrzel kot funkcija, ki se odziva na tekočo raven inflacije ( $\Pi_t = \frac{P_t}{P_{t-1}}$  predstavlja bruto inflacijo) in proizvoda, pri čemer

v enačbo vključim tudi preteklo raven nominalne obrestne mere  $i_{t-1}$ . Vključitev pretekle ravni nominalne obrestne mere mi pomaga zaobjeti dejstvo, da centralna banka pri vodenju denarne politike sledi vsem njenim spremembam, kar prinaša sistematičen odziv banke na različne makroekonomske situacije. Denarna avtoriteta tako ne dopušča kakršne koli stohastičnosti, ki ni vezana na napačne napovedi razvoja gospodarstva. Druga pomembna nadgraditev pa je vključitev komponente glajenja  $\rho_i$ . Komponenta glajenja je vključena predvsem zaradi stremljenja centralne banke k počasnemu prilagajanju dejanske nominalne obrestne mere ciljni (Clarida, Galí & Gertler, 2000, str. 152-153). S tem postane denarna politika bolj prilagodljiva, kar je v situaciji ničelne spodnje meje ključno pri oblikovanju pričakovanj glede prihodnje denarne politike. Preostala člena Taylorjevega pravila sta standardna:  $\phi_\pi$  predstavlja jakost odziva obrestne mere na nihanja v inflaciji,  $\phi_y$  pa jakost odziva na nihanja v proizvodu. Kakor tudi v osnovni različici pravila velja Taylorjev princip ( $\phi_\pi > 1$ ), ki ob dvigu inflacije predvideva nadproporcionalen dvig nominalne obrestne mere (Ball, 2012, str. 459; Woodford, 2003, str. 47-48). V petem poglavju pokažem še vpeljavo ničelne spodnje

meje v Taylorjevo pravilo, ki bo ključna pri analizi impulznih odzivov.  $\epsilon_t^{MP}$  v enačbi (61) predstavlja šok v denarni politiki (angl. *monetary policy shock*), ki sledi  $AR(1)$  procesu:

$$\ln \epsilon_t^{MP} = (1 - \rho_{MP}) \ln \epsilon + \rho_{MP} \ln \epsilon_{t-1}^{MP} + v_t. \quad (62)$$

$\rho_{MP}$  ( $0 < \rho_{MP} < 1$ ) je vztrajnostni parameter šoka v denarni politiki.

### 3.4 Agregatni pogoji

Preden predstavim tržno ravnovesje v log-linearni obliki, moram opredeliti še nekatere pomembne identitete. Prva zagotavlja enakost ponudbe in povpraševanja na trgu končnih proizvodov (pogoj čiščenja trga) in jo izrazim s sledečo enačbo:

$$Y_t = C_t + I_t + G_t + \Psi(u_t)K_t. \quad (63)$$

Druga zadeva čiščenje trga obveznic, kjer velja sledeče:

$$B_t = 0. \quad (64)$$

Enačba (64) pravi, da bo v ravnovesju neto ponudba državnih obveznic enaka 0 oziroma drugače povedano, količino obveznic, ki jih bo država ponudila na obvezniškem trgu, bodo gospodinjstva kupila. Vsak agent na trgu bo indiferenten med posojanjem in izposojanjem. Zadnja lastnost ravnotežja je njegova simetričnost, zaradi katere so vsi agentje *ex post* enaki. Ta lastnost dovoljuje opuščanje indeksa  $z$  v vseh enačbah gospodinjstev in proizvajalcev.

### 3.5 Tržno ravnovesje

Model, ki sem ga predstavil do sedaj, je nelinearen, kar izjemno otežuje analizo njegove dinamike izven ustaljenega stanja. To je glavni razlog, da v tem razdelku predstavim ključne enačbe v log-linearni obliki, ki oblikujejo tržno ravnovesje gospodarstva. Log-linearizacija je prikladna matematična metoda, ki izrazi enačbe modela v obliki odklona spremenljivke od njenega ustaljenega stanja:

$$\hat{x}_t = \ln x_t - \ln x, \quad (65)$$

kjer  $x$  predstavlja vrednost spremenljivke v ustaljenem stanju,  $x_t$  pa vrednost spremenljivke izven ustaljenega stanja (Zietz, 2008, str. 1). Male tiskane črke s strešico tako predstavljajo odstotna odstopanja posamezne spremenljivke od njenega ustaljenega stanja.<sup>4</sup> Log-linearizacija v splošnem največkrat poteka po enem od dveh ustaljenih načinov. Prvi način izvira iz razvoja funkcije  $f(x_t, y_t)$  v Taylorjevo vrsto prvega reda okrog ustaljenega stanja:

$$f(x_t, y_t) \approx f(x, y) + f_x'(x, y)(x_t - x) + f_y'(x, y)(y_t - y). \quad (66)$$

Ključ prvega načina log-lineariziranja je v naslednji enačbi:

---

<sup>4</sup> Podrobnejša izpeljava log-linearnih enačb je bralcu predstavljena v Prilogi 2 magistrskega dela.

$$\hat{x}_t = \ln x_t - \ln x \approx \frac{1}{x}(x_t - x) = \frac{x_t - x}{x}. \quad (67)$$

Če sedaj izraz (67) vstavim v enačbo (66), dobim:

$$f(x_t, y_t) \approx f(x, y) + x f_x'(x, y) \hat{x}_t + y f_y'(x, y) \hat{y}_t. \quad (68)$$

Izraz (68) predstavlja splošno pravilo log-lineariziranja vseh enačb tržnega ravnovesja. Poudariti moram še, da enačba (67) velja samo v okolici ustaljenega stanja, kar log-linearizacijo uvršča med lokalne aproksimacijske metode (Zietz, 2008, str. 1-2, 5-6). Druga metoda, ki jo je predlagal Uhlig (1999, str. 4-5), je nekoliko drugačna, daje pa popolnoma enako transformacijo enačb. Ključ Uhligove metode je v eksponiranju enačbe (65), ki pripelje do:

$$x_t = e^{\ln x + \hat{x}_t} = e^{\ln x} e^{\hat{x}_t} = x e^{\hat{x}_t}. \quad (69)$$

Do tu še ni narejena nobena aproksimacija, saj z enačbo (69) vse  $x_t$  zgolj zamenjam z  $x e^{\hat{x}_t}$ . Sledi razvoj enačbe (69) v Taylorjevo vrsto prvega reda v točki  $\hat{x} = 0$  (Zietz, 2008, str. 2-3):

$$x e^{\hat{x}_t} \approx x + x e^0 (\hat{x}_t - 0) = x(1 + \hat{x}_t). \quad (70)$$

Na koncu naj še opomnim, da log-linearizacije logaritmskih enačb, kot so  $AR(1)$  procesi za različne eksogene šoke in Taylorjevo pravilo, potekajo malce drugače, saj njihova logaritmska narava dopušča neposredno uporabo enačbe (65).

Log-linearizacijo modela pričujem s pogojem čiščenja trga končnih proizvodov (63), ki mi bo v pomoč pri predstavitvi enačb bloka povpraševanja:

$$\hat{y}_t = \frac{C}{Y} \hat{c}_t + \frac{I}{Y} i \hat{n}_t + \frac{G}{Y} \hat{g}_t + r^k \frac{K}{Y} \hat{u}_t. \quad (71)$$

$\frac{C}{Y}$  v enačbi (71) predstavlja delež potrošnje v agregatnem proizvodu,  $\frac{I}{Y}$  delež investicij,  $\frac{G}{Y}$  delež državnih izdatkov in  $\frac{K}{Y}$  razmerje med kapitalom in agregatnim proizvodom (vsi deleži so v ustaljenem stanju).  $r^k = \frac{1 - \beta(1 - \delta)}{\beta}$  ponazarja donosnost na kapital v ustaljenem stanju.

Končna poraba agregatnega proizvoda  $\hat{y}_t$  je tako enaka vsoti izdatkov za potrošnjo  $\hat{c}_t$ , investicije  $i \hat{n}_t$ , eksogene državne izdatke  $\hat{g}_t$  in stroškov prilagoditve, ki so funkcija stopnje izkoriščenosti kapitala  $\hat{u}_t$ .

Implicitna ponudba dela (21) je prva enačba optimizacijskih gospodinjstev, z njeno log-linearizacijo pa dobim naslednji izraz:

$$\hat{w}_t = \gamma_n \hat{n}_t - \hat{\lambda}_t + \gamma \hat{c}_t. \quad (72)$$

Plače v modelu so popolnoma fleksibilne, kar pomeni, da enačba (72) predstavlja lineariziran standardni pogoj na trgu dela, ki pravi, da mora biti v ravnovesju mejna stopnja substitucije med prostim časom in potrošnjo enaka realni plači, ki jo prejemajo gospodinjstva. Če ovrednotim še nekoliko drugače, lahko rečem, da realne plače predstavljajo nekakšen konstantni pribitek na mejno stopnjo substitucije med prostim časom in potrošnjo. Log-linearizacija šoka v preferencah gospodinjstev (8) poteka kot linearizacija katerega koli drugega  $AR(1)$  procesa:

$$\hat{\chi}_t = \rho_\chi \hat{\chi}_{t-1} + \epsilon_t^\chi. \quad (73)$$

Dinamika potrošnje je v modelu opisana z Eulerjevo enačbo potrošnje (22), njena log-linearna oblika pa zglada takole:

$$\hat{c}_t = -\frac{1}{\gamma} \left( \hat{i}_t - E_t \hat{\pi}_{t+1} + E_t \Delta \hat{\chi}_{t+1} \right) + E_t \hat{c}_{t+1}, \quad (74)$$

kjer z uporabo pravila velja  $E_t \Delta \hat{\chi}_{t+1} = (\rho_\chi - 1) \hat{\chi}_t$ . Preden opišem Eulerjevo enačbo potrošnje, moram omeniti še eno enačbo, ki ji do sedaj nisem posvečal nobene pozornosti. Gre za enostavno enakost, ki sliši na ime Fisherjeva enačba in prikazuje povezavo realne obrestne mere z nominalno obrestno mero in pričakovano inflacijo. V log-linearni obliki ima Fisherjeva enačba sledečo obliko:

$$\hat{r}_t = \hat{i}_t - E_t \hat{\pi}_{t+1}. \quad (75)$$

Trenutna raven potrošnje je tako odvisna od ex ante določene realne obrestne mere, šoka in njemu pripadajočega vztrajnostnega parametra ter pričakovane ravni potrošnje. Kot sem že dejal, bodo današnje in prihodnje potrošne odločitve zaznamovane z gibanjem donosa na državne obveznice in realizacijo šoka, ki preoblikuje preference gospodinjstev. Združitev enačb (74) in (71) me pripelje do IS krivulje, ki je neposredno v modelu ne potrebujem. To je tudi glavni razlog, da jo v magistrskem delu le omenim in ne predstavim neposredno.

Naslednja v vrsti je enačba za kapital (25), njena log-linearizirana verzija pa je sledeča:

$$\hat{q}_t = [1 - \beta(1 - \delta)] E_t \hat{r}_{t+1}^K + \beta(1 - \delta) E_t \hat{q}_{t+1} - (\hat{i}_t - E_t \hat{\pi}_{t+1}). \quad (76)$$

Vrednost Tobinovega  $q$  oziroma vrednost kapitala, izražena v enotah potrošnih dobrin, je pozitivno odvisna od njegove prihodnje vrednosti in prihodnje vrednosti donosnosti na kapital ter negativno povezana z ex ante določeno realno obrestno mero.

Investicije so v modelu zapisane z enačbo (26), katere log-linearna oblika je enaka:

$$\hat{inv}_t = \frac{1}{(1 + \beta)} \left( \beta E_{t+1} \hat{inv}_{t+1} + \hat{inv}_{t-1} + \varphi \hat{q}_t \right), \quad (77)$$

kjer znaša  $\varphi = \frac{1}{F''}$ ,  $\bar{F}''$  pa izraža elastičnost stroškovne funkcije v ustaljenem stanju. Višja kot je njena vrednost, manjša je odzivnost investicij na spremembo vrednosti kapitala (Tobinov  $q$ ). Modeliranje funkcije prilagoditvenih stroškov v obliki stopnje rasti investicij poskrbi, da v enačbi (77) nastopata tako prihodnja kot pretekla raven investicij, ki povzročita ustrežnejši in bolj dinamičen odziv na eksogene šoke.

Dinamiko kapitala (11) log-lineariziram takole:

$$\hat{k}_{t+1} = (1 - \delta)\hat{k}_t + \delta i \hat{n}_t. \quad (78)$$

Prihodnja količina kapitala je s tem odvisna od višine tekočih investicij in stopnje depreciacije tekoče zaloge kapitala. Enačba dinamike je standardna, saj ne vsebuje nikakršnega investicijskega šoka ali pa sestavine, ki bi merila relativno učinkovitost investicij.

Zadnja enačba na strani povpraševanja, ki jo log-lineariziram, določa optimalno stopnjo izkoriščenosti kapitala (27):

$$\hat{u}_t = \psi \hat{r}_t^K. \quad (79)$$

Stopnja izkoriščenosti kapitala je pozitivno odvisna od donosnosti na kapital, kjer velja  $\psi = \frac{\Psi'(1)}{\Psi''(1)}$ . Ob tem se predpostavlja, da je vrednost stopnje izkoriščenosti kapitala v ustaljenem stanju enaka 1, kar pomeni, da višje vrednosti  $\psi$  povzročajo bolj volatilen odziv stopnje izkoriščenosti kapitala in enakomernejši odziv donosnosti na kapital. V primeru, da je vrednosti  $\psi = 0$ , pa postane donosnost na kapital izjemno volatilna.

Log-linearizacijo ponudbenega bloka pričujem s šokom, ki vpliva na elastičnost substitucije (29), in s šokom, ki vpliva na stroške proizvodnje (30):

$$\hat{\varepsilon}_t = \rho_\varepsilon \hat{\varepsilon}_{t-1} + \epsilon_t^\varepsilon, \quad (80)$$

oziroma

$$\hat{\xi}_t = \rho_\xi \hat{\xi}_{t-1} + \epsilon_t^\xi, \quad (81)$$

pri čemer velja  $\hat{\xi}_t = -\hat{\varepsilon}_t$ . Kot sem omenil, je njuna log-linearizacijska oblika skupna vsem  $AR(1)$  procesom.

Sledi log-linearizacija produkcijske funkcije (39):

$$\hat{y}_t = \hat{a}_t + \alpha(\hat{u}_t + \hat{k}_t) + (1 - \alpha)\hat{n}_t. \quad (82)$$

Enačba (82) pravi, da pri proizvodnji proizvoda sodelujeta kapital, katerega količina je odvisna od njegove optimalne stopnje izkoriščenosti (določena s strani gospodinjstev), in



delo. Za tehnološki faktor se predvideva, da sledi  $AR(1)$  procesu (40) in ima sledečo log-linearno obliko:

$$\hat{a}_t = \rho_A \hat{a}_{t-1} + \epsilon_t^A. \quad (83)$$

V procesu minimizacije stroškov proizvajalcev vmesnih proizvodov sem pridobil razmerje med delom in kapitalom v ravnovesju (44), ki v log-linearni obliki zglada takole:

$$\hat{n}_t - \hat{u}_t - \hat{k}_t = \hat{r}_t^K - \hat{w}_t. \quad (84)$$

Najemna cena kapitala je negativno povezana z razmerjem med kapitalom in delom ter pozitivno odvisna od realne plače. Povedano nekoliko drugače, mejni strošek dodatne enote kapitala in mejni strošek dodatne enote dela se v ravnovesju izenačita.

Realni mejni stroški (49) so v modelu izjemno pomembni, saj predstavljajo gonilno silo inflacije (to bo postalo še bolj evidentno z izpeljavo Phillipsove krivulje) (Galí & Gertler, 1999, str. 211). Njihova log-linearna oblika je enaka:

$$\hat{s}_t = (1 - \alpha) \hat{w}_t + \alpha \hat{r}_t^K - \hat{a}_t. \quad (85)$$

Realni mejni stroški so pozitivno odvisni od realne plače in najemne cene kapitala, saj sta delo in kapital edina proizvodna dejavnika. Po drugi strani so negativno povezani s tehnološkim faktorjem, saj tehnološki napredek znižuje stroške proizvodnje.

Naslednja enačba je najpomembnejša v celotnem ponudbenem bloku, saj opisuje dinamiko inflacije. Preden pa jo lahko predstavim, potrebujem log-linearizirane verzije izrazov za optimalno ceno (57), ki je rezultat maksimizacijskega problema podjetij in cenovnega indeksa oziroma agregatne ravni cen (58). Prva enačba ima sledečo log-linearno obliko:

$$\hat{p}_t^* = (1 - \theta\beta) E_t \left[ \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \left( \hat{s}_{t+1}^n - \frac{1}{\varepsilon - 1} \hat{\varepsilon}_{t+i} \right) \right], \quad (86)$$

kjer  $\hat{s}_{t+1}^n$  predstavlja prihodnje nominalne mejne stroške. Za lažjo izpeljavo Phillipsove krivulje zapišem enačbo (86) v rekurzivni obliki:

$$\hat{p}_t^* = (1 - \theta\beta) \left( \hat{s}_t^n - \frac{1}{\varepsilon - 1} \hat{\varepsilon}_t \right) + (\theta\beta) E_t \hat{p}_{t+1}^*, \quad (87)$$

kjer je  $E_t \hat{p}_{t+1}^* = (1 - \theta\beta) \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \left( \hat{s}_{t+1+i}^n - \frac{1}{1 - \varepsilon} \hat{\varepsilon}_{t+1+i} \right)$ . Sedaj potrebujem še log-linearno obliko agregatne ravni cen, ki zglada takole:

$$\hat{p}_t = \theta \hat{p}_{t-1} + (1 - \theta) \hat{p}_t^*. \quad (88)$$

Združitev enačb (87) in (88) me pripelje do izraza za novo keynesiansko Phillipsovo krivuljo:

$$\hat{\pi}_t = \kappa \left( \hat{s}_t - \frac{1}{1-\varepsilon} \hat{\varepsilon}_t \right) + \beta E_t \hat{\pi}_{t+1}. \quad (89)$$

Če v izrazu (89) upoštevam še dejstvo, da je šok, ki vpliva na stroške proizvodnje, izražen z enačbo (81), dobim:

$$\hat{\pi}_t = \kappa \left( \hat{s}_t + \frac{1}{1-\varepsilon} \hat{\xi}_t \right) + \beta E_t \hat{\pi}_{t+1}, \quad (90)$$

pri čemer velja  $\hat{\pi}_t = \hat{p}_t - \hat{p}_{t-1}$ ,  $\hat{\pi}_{t+1} = \hat{p}_{t+1} - \hat{p}_t$ ,  $\hat{s}_t^n = \hat{s}_t + \hat{p}_t$  in  $\kappa = \frac{(1-\theta)(1-\theta\beta)}{\theta}$ . Enačba (90)

pravi, da je trenutna raven inflacije pozitivno odvisna od prihodnje pričakovane ravni inflacije, realnih mejnih stroškov in šoka, ki vpliva na stroške podjetij (pozitivna realizacija šoka povečuje pribitke na ceno, ki jo postavijo proizvajalci vmesnih dobrin). Vpliv realnih mejnih stroškov je v modelu odvisen od stopnje cenovne rigidnosti (večja kot je, manjši je vpliv realnih mejnih stroškov na raven trenutne inflacije) in diskontnega faktorja. Vpeljava Calvove cenovne rigidnosti tako v model prinaša počasno vračanje cen k optimalni ravni pribitkov na ceno, katerih hitrost prilagoditve je odvisna od stopnje cenovne rigidnosti in velikosti elastičnosti substitucije. Najpomembnejša značilnost Phillipsove krivulje pa je njena zazrtost v prihodnost, ki je vpeljana prek sedanjih pričakovanj glede prihodnje ravni inflacije (Galí & Gertler, 1999, str. 211).

Log-linearizacijo modela zaključim še s šokom v državnih izdatkih (60):

$$\hat{g}_t = \rho_G \hat{g}_{t-1} + \epsilon_t^G \quad (91)$$

in log-linearno obliko Taylorjevega pravila (61):

$$\hat{i}_t = \rho_i \hat{i}_{t-1} + (1-\rho_i) (\phi_\pi \hat{\pi}_t + \phi_y \hat{y}_t) + \hat{\epsilon}_t^{MP}. \quad (92)$$

Nominalna obrestna mera se tako zaradi komponente glajenja postopno odziva na nihanja v tekočem proizvodu in inflaciji, pri čemer je višina obrestne mere odvisna tudi od njene pretekle vrednosti. Šok v denarni politiki (62) ima sledečo log-linearno obliko:

$$\hat{\epsilon}_t^{MP} = \rho_{MP} \hat{\epsilon}_{t-1}^{MP} + v_t. \quad (93)$$

## 4 KALIBRACIJA IN REŠEVANJE MODELA

V četrtem poglavju pripravim podlago za kasnejšo simulacijo modela. Prvi del posveča pozornost metodi kalibracije, s katero dodelim vrednosti parametrom, ki nastopajo v enačbah modela. Določitev vrednosti je ključna za nadaljnji razvoj analize celotnega modela in razlago impulznih odzivov. V drugem delu poglavja se posvetim formalnemu načinu reševanja DSGE modelov. Na kratko predstavim različne tehnike, ki so jih avtorji skozi zgodovino razvijali, podrobneje pa se osredotočim na Blanchard-Kahnovno metodo in metodo vpeljave posplošene

Schurove dekompozicije (angl. *generalized Schur decomposition*), ki sta vključeni v programski paket Dynare (Villemot, 2011, str. 1).

#### 4.1 Kalibracija parametrov

Parametrom (simbolom), ki nastopajo v enačbah modela, moram pripisati določene vrednosti, če želim uspešno rešiti model in z impulznimi odzivi prikazati njegove zakone dinamike. Standardni pristop, bolje znan kot metoda kalibracije, temelji na subjektivnem pogledu in ocenah, ki zadevajo mikroekonomske podatke ali dolgoročno povprečja agregatnih podatkov. Le-ti so izbrani na takšen način, da odražajo empirično regularnost. V primerjavi z različnimi tehnikami ocenjevanja modela lahko rečem, da ima kalibracija prednost v tem, da njena mikroekonomska osnova poskrbi za strukturnost parametrov. Slabosti kalibracije ali bolje rečeno pozitiven prispevek ocenjevanja modela pa lahko strnem v štiri točke (Ruge-Murcia, 2005, str. 1):

- ocenjevanje modela poskrbi, da se vrednosti parametrov pridobi s prenosom restrikcij, ki jih narekuje model, v izbor podatkov. S tem snovalec modela pridobi povratno informacijo, če so predpostavke izbranega modela konsistentne s predpostavkami, uporabljenimi v mikroekonomskih raziskavah procesa kalibracije;
- ocenjevanje omogoča pridobitev tudi tistih parametrov, katerih vrednosti bi bilo težko oceniti le na osnovi deagregiranih mikro podatkov;
- ocenjevanje prinaša dodatno dinamiko, saj je negotovost v vrednosti parametra (prikazana z njegovo porazdelitvijo) vključena v impulzne odzive spremenljivk (oblikovanje intervalov zaupanja);
- ocenjevanje omogoča enostavno uporabo orodij za izbor in medsebojno primerjavo modelov, kot so razni testi za ugotavljanje avtokorelacije med ostanki modela, testi za preverjanje stabilnosti parametrov in druge metode.

V magistrskem delu se zaradi manjše kompleksnosti in dokaj majhne velikosti DSGE modela osredotočim le na metodo kalibracije (podrobno predstavitev ocenjevanja modelov (predvsem s pomočjo bayesijske ekonometrične metode) lahko bralec najde v delu, ki ga je napisal Fernández-Villaverde, 2010). Večina parametrov modela je kalibrirana na podlagi predhodnih raziskav in člankov, ki so jih opravili drugi ekonomisti, nekaj pa jih je tudi izračunanih na podlagi podatkov za Slovenijo.

Četrletje ali kvartal predstavlja eno časovno enoto oziroma obdobje v modelu in vrednosti parametrov so temu ustrezno prilagojene. Vrednost diskontnega faktorja  $\beta$  je vzeta iz dela, ki so ga napisali Clarida, Galí in Gertler (2002), ki je povzeto po raziskavi, ki sta jo napisala Galí in Monacelli (2005, str. 723) ter znaša 0,99. To je v skladu z dejstvom, da znaša vrednost četrletne nominalne obrestne mere v ustaljenem stanju  $i = \frac{1}{\beta} - 1 = 0,01$ . Letno stopnjo

depreciacije postavim na 0,1, kar pomeni, da je njena četrtna vrednost enaka  $\delta = 0,025$  (Altig, Christiano, Eichenbaum & Linde, 2005, str. 21). Naslednji parameter predstavlja inverzno elastičnost substitucije potrošnje v različnih časovnih obdobjih oziroma relativno nenaklonjenost tveganju v potrošnji ( $\gamma$ ). V literaturi in člankih ne obstaja neka ustaljena vrednost parametra, saj po eni strani Yogo (2004), temelječ na svojih izmerah, priznava visoke vrednosti (vrednost 5 in višje), med tem ko avtorji večine modelov realnih poslovnih ciklov (recimo Lucas, 1990) trdijo, da so vrednosti okoli 2 že visoke. Pri kalibraciji se tako odločim za neko srednjo vrednost in velikost parametra postavim na 3, kot to storita Rotemberg in Woodford (1992, str. 1177). Inverzna vrednost elastičnosti ponudbe dela (negativna koristnost dela) je enaka 2, kar pomeni, da je vrednost medčasovne substitucije dela enaka  $\frac{1}{\gamma_n} = \frac{1}{2} = 0,5$  (Natalucci & Ravenna, 2002, str. 13). Na žalost v literaturi ne obstaja soglasje glede vrednosti Calvovega parametra  $\theta$ . Parameter meri delež podjetij, ki ne morejo prilagoditi cene v danem obdobju oziroma stopnje cenovne rigidnosti. Na koncu sem se odločil za vrednost 0,3, tako kot so se zanjo odločili tudi Cagliarini, Robinson in Tran (2010, str. 10). Avtorji članka so v svoji raziskavi spremljali spremembe vrednosti parametra ob vključevanju različno specificiranih proizvajalcev v DSGE model (heterogenost po sektorjih proizvodnje). Prikazati so želeli, da proizvodi, ki jih podjetja proizvajajo, močno vplivajo na vrednost parametra, kar kaže tudi tabela na Sliki 4 (vrednost parametra ni enaka za podjetja, ki proizvajajo potrošne dobrine, in podjetja, ki proizvajajo dobrine, uporabljene v proizvodnji).

Slika 4: Vrednosti Calvovega parametra pri različnih specifikacijah sektorjev

Calvova verjetnost po sektorjih <sup>a</sup>		
Sektor	Povprečna doba trajanja (četrtna)	Calvova verjetnost ( $\theta_j$ )
Kmetijstvo	4	0,75
Gradbeništvo	$1\frac{1}{3}$	0,25
Proizvodnja	2	0,50
Rudarstvo	4	0,75
Prodaja blaga široke potrošnje	4	0,75
Trgovina na debelo in drobno	1	< 0,25 (0,1) <sup>b</sup>
Transport in skladiščenje	4	0,75
Poslovne storitve	4	0,75
Gospodinjke storitve	4	0,75
Turizem	4	0,75
Memo postavke:		
$E(\theta_j)$		0,48
$\hat{\theta}_{mikro}$		0,59
$\hat{\theta}_{makro}$		0,30

Opombe: (a) Calvova verjetnost ( $\theta_j$ ) izraža verjetnost, da določen proizvajalec vnesne dobrine v sektorju  $j$  ne mora postaviti optimalne cene v danem četrtnju.  
(b) Rezultati iz sektorja Trgovina na debelo in drobno namigujejo na dejstvo, da se cene spreminjajo hitreje kot četrtno. Opravljena anketa je spraševala podjetja kako pogosto so menjala vse cene, v modelu iz članka pa podjetja proizvajajo le eno dobrino. Tako je mogoče, da so cene za posamezno dobrino rigidne dlje od enega četrtnja. Calvova verjetnost je zaradi tega postavljena na vrednost 0,1, kar namiguje na minimalno rigidnost cen. Če se namesto tega predvideva, da so cene v sektorju Trgovina na debelo in drobno fleksibilne, se rezultati v kvantitativnem smislu ne spremenijo.

Viri: RBA; izračuni avtorjev

Vir: A. Cagliarini, T. Robinson & A. Tran, *Reconciling Microeconomic and Macroeconomic Estimates of Price Stickiness*, 2010, str. 10

Pri postavitvi vrednosti Calvovega parametra sem upošteval dejstvo, da bom v šestem poglavju obravnaval fiskalno politiko ob prisotnosti finančnega šoka. Finančni šok pa v moji specifikaciji modela predstavlja šok v preferencah potrošnikov, zato se mi je po pregledu tabele zdela najbolj smiselna vrednost v sektorju trgovina na debelo in drobno. Vrednosti parametra se tu gibljejo okrog 0,25, povprečen čas trajanja posamezne cene pa lahko izračunam iz enačbe (113), ki se nahaja v Prilogi 1 magistrskega dela. Hkrati je vrednost parametra konsistentna s tisto, najdeno v makroekonomski teoriji (razvidno iz tabele na Sliki 4). Parameter  $\alpha$  iz Cobb-Douglasove produkcijske funkcije predstavlja elastičnost proizvoda glede na kapital, lahko pa tudi ponazarja dohodek od kapitala v razmerah popolne konkurence na trgu.  $1 - \alpha$  na drugi strani predstavlja delež proizvoda, ki je plačan delu. Pri kalibraciji sem upošteval vrednost 0,33 in pri tem sledil Gertlerju in Karadiju (2011, str. 26).  $\varepsilon$  v modelu predstavlja cenovno elastičnost povpraševanja med različnimi dobrinami  $z$ . Je zelo pomemben parameter modela, saj močno vpliva na velikost pribitkov na ceno, ki jih zaračunavajo proizvajalci vmesnih dobrin. Velikost pribitka na ceno v ustaljenem stanju izračunam s pomočjo enačbe  $\mu = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} - 1 = 0,1$ , pri čemer uporabim 10-odstotni pribitek na ceno, kar je konsistentno z vrednostjo elastičnosti 11 (Christoffel, Kuester & Linzert, 2009, str. 41).  $\psi$  predstavlja parameter v enačbi, ki določa optimalno stopnjo izkoriščenosti kapitala. V ustaljenem stanju ima stopnja izkoriščenosti kapitala vrednost 1, kar pomeni, da se vrednost parametra zaračuna po enačbi  $\psi = \frac{\Psi'(1)}{\Psi''(1)}$ . Visoka vrednost parametra tako povzroča visoko nestanovitnost v stopnji izkoriščenosti kapitala, vendar na drugi strani poskrbi za elegantnejši odziv donosnosti na kapital. Ravno nasprotno velja, ko je vrednost parametra  $\psi = 0$ . To je bil tudi glavni razlog, da sem pri kalibraciji sledil Rabanalu (2007, str. 927) in postavil vrednost na 99,03. Za parameter  $\varphi = \frac{1}{F''}$ , ki nastopa v investicijski funkciji in izraža elastičnost stroškovne funkcije v ustaljenem stanju, sem uporabil vrednost 0,04, kar je ravno tako v skladu z Rabanalom (2007, str. 927). Parametra  $\phi_\pi$  in  $\phi_y$ , ki nastopata v Taylorjevem pravilu in ponazarjata jakost odziva nominalne obrestne mere na nihanja v proizvodni in inflaciji, imata vrednosti 1,50 in 0,50. Njuna kalibracija poteka v skladu s kalibracijo, podano s strani Christoffela in Kuesterja (2008, str. 20), lahko pa omenim, da je takšne vrednosti prvič uporabil v svoji analizi Taylor (1993). V Taylorjevem pravilu nastopa še en parameter, ki mu je treba dodeliti vrednost.  $\rho$  predstavlja komponento glajenja, kateri pripišem vrednost 0,90. Vrednost je postavljena med vrednostma, najdenima pri Rabanalu (2007, str. 927) in Gelainu (2010, str. 39) ter zagotavlja visoko stopnjo prilagodljivosti denarne politike.

Delež potrošnje  $\left(\frac{C}{Y}\right)$ , investicij  $\left(\frac{I}{Y}\right)$  in državnih izdatkov  $\left(\frac{G}{Y}\right)$  v agregatnem proizvodu izračunam na podlagi pridobljenih podatkov za Slovenijo. Podatek o izdatkih gospodinjstev

za končno potrošnjo (izraženi v % BDP) v letu 2014 sem našel na spletni strani Svetovne banke (angl. *World bank*) in znaša 52,8 % BDP (World Bank, b.l.). Delež investicij (izraženih v % BDP) v letu 2014 sem našel na spletni strani Economy Watch in znaša 20,09 % BDP (Economy Watch, b.l.). Delež državnih izdatkov lahko tako izračunam z enačbo

$\frac{G}{Y} = 1 - \frac{C}{Y} - \frac{I}{Y}$  in dobim 27,11 % BDP. Razmerje med kapitalom in agregatnim proizvodom  $\frac{K}{Y}$  sem ravno tako želel pridobiti s spletne strani Svetovne banke in pri tem uporabiti podatke

o bruto investicijah v osnovna sredstva (angl. *gross capital formation*) za leto 2014, vendar me je mentor prof. dr. Igor Masten opozoril, da te vrste podatki obravnavajo kapital kot fiksno zalogo, v mojem modelu pa je kapital predstavljen kot tok (to pojasnjuje tudi enačba dinamike kapitala (78)). Po posvetovanju s profesorjem sem vrednost parametra kalibriral na 2.

Za konec mi preostane le še kalibracija vztrajnostnih parametrov in moči oziroma amplitude posameznih eksogenih šokov. Velikost vztrajnostnih parametrov ( $\rho_A, \rho_{MP}, \rho_\varepsilon, \rho_\chi$  in  $\rho_G$ ) določim po lastni presoji, in sicer tako, da je njihova vrednost enkrat nizka (0,4), drugič pa visoka (0,8). Takšen način kalibracije mi pozneje pomaga prikazati, kako močno se lahko razlikujejo odzivi spremenljivk v različnih makroekonomskih okoljih (visoka vrednost vztrajnostnega parametra finančnega šoka v zadnjem poglavju bo pomenila dolgotrajno gospodarsko in finančno krizo). Moč oziroma amplituda posameznega šoka ( $\sigma_A, \sigma_{MP}, \sigma_\varepsilon, \sigma_\chi$  in  $\sigma_G$ ) je določena popolnoma arbitrarno in je postavljena na 1 standardni odklon od ustaljenega ravnovesja modela. Vsi ostali parametri, ki nastopajo v modelu (kot sta recimo  $\kappa$  in  $r^K$ ), so izračunani na podlagi prej kalibriranih parametrov.

## 4.2 Reševanje DSGE modela

Po log-linearizaciji (opravljena v tretjem poglavju magistrskega dela) in kalibraciji (opravljena v predhodnem podpoglavju) je treba model še rešiti tako, da na koncu pridobim impulzne odzive posamezne spremenljivke na eksogene šoke. Načeloma bi lahko z nekaterimi numeričnimi metodami rešil že osnovni, nelinearen model, vendar uspešnost takšnih metod hitro postane vprašljiva. V ta namen je postalo običajno, da se model aproksimira z razvitjem njegove dinamike okrog ustaljenega stanja v Taylorjevo vrsto prvega reda (Masten, 2010, str. 23). Spremenljivke so tako izražene kot odstotna odstopanja od ustaljenega stanja, pri čemer naj še enkrat poudarim, da log-linearizacija spada med lokalne aproksimacijske metode, saj dinamika enačb velja samo v okolici ustaljenega stanja. Linearni sistem stohastičnih diferenčnih enačb, ki sestavljajo izpeljan model, lahko v splošnem vedno zapišem v sledeči obliki (Flotho, 2009, str. 12):

$$A_0 E_t Y_{t+1} = A_1 Y_t + B_0 \varepsilon_{t+1}, \quad (94)$$

kjer so  $A_0$ ,  $A_1$  in  $B_0$  matrice strukturnih parametrov linearnega modela,  $Y_t$  je vektor vseh endogenih spremenljivk,  $\varepsilon_{t+1}$  pa vektor vseh eksogenih spremenljivk. Tako opredeljen dinamičen sistem sedaj določa obliko odzivov spremenljivk modela, po navadi pa obsega tako v preteklost kot v prihodnost zadržte spremenljivke. Od načina parametriranja je na koncu odvisno, ali je model brez stabilne rešitve (v primeru nedoločenosti je stabilnih rešitev mnogo, kar pomeni, da je treba spremeniti vrednosti parametrov, saj drugače ni stabilne rešitve) ali pa je le-ta unikatno določena in s tem edinstvena. Danes obstaja v ekonomski srenji veliko število različnih metod reševanja takšnih linearnih stohastičnih sistemov diferenčnih enačb, med katerimi predstavlja ključno referenco še vedno Blanchard-Kahnova metoda dekompozicije. Zaradi same pomembnosti metode jo v nadaljevanju tudi podrobno predstavim in pri tem sledim Blanchardu in Kahnu (1980) ter Flothovi (2009, str. 13-15).<sup>5</sup> Celotno Blanchard-Kahново proceduro lahko razdelim v sledeče korake:

- najprej je treba razdeliti model na predeterminirane (angl. *predetermined*) in nepredeterminirane (angl. *non-predetermined*) spremenljivke, čemur sledi izračun Jordanove dekompozicije matrice koeficientov;
- v drugem koraku preuredim model v transformiran problem združenih enačb;
- na koncu se rešitve stabilne in nestabilne enačbe združi, s čimer dobim končno rešitev začetnega problema.

Ključna predpostavka celotne Blanchard-Kahnovе metode je obrnljivost matrice  $A_0$  oziroma bolj matematično: obstajati mora inverz matrice  $A_0$ . Če sedaj z  $A_0^{-1}$  pomnožim obe strani enačbe (94) in pri tem upoštevam, da velja  $A_0^{-1}A_1 = A$  in  $A_0^{-1}B_0 = B$ , se multivariantni sistem linearnih diferenčnih enačb (94) spremeni v:

$$E_t Y_{t+1} = A Y_t + B \varepsilon_{t+1}. \quad (95)$$

Metoda nadalje predvideva razdelitev modela na predeterminirane in nepredeterminirane spremenljivke ter izračun Jordanove dekompozicije matrice koeficientov. Le-ta igra ključno vlogo pri opredelitvi rešljivosti modela. Matrika koeficientov  $\Lambda$  ima po opravljeni dekompoziciji sledečo obliko:

$$\Lambda = \begin{bmatrix} \Lambda_1 & \\ & \Lambda_2 \end{bmatrix}, \quad (96)$$

kjer  $\Lambda_1$  predstavlja stabilne lastne vrednosti,  $\Lambda_2$  pa nestabilne lastne vrednosti. Na tej točki lahko odgovorim na vprašanje, ali ima model rešitev. Odgovor ponuja slavni Blanchard-Kahnov pogoj določenosti, ki pravi: rešitev prej opredeljenega sistema linearnih diferenčnih enačb ima unikatno rešitev, ko je število nestabilnih lastnih vektorjev (oziroma število nestabilnih lastnih vrednosti, ki so izven enotskega kroga) enako številu nepredeterminiranih spremenljivk. Blanchard-Kahnov pogoj tako ni izpolnjen, če število nestabilnih lastnih

<sup>5</sup> Podrobno izpeljavo Blanchard-Kahnovе metode lahko bralec najde v Prilogi 3 magistrskega dela.

vektorjev presega število nepredeterminiranih spremenljivk, saj v tem primeru nimam stabilne rešitve modela oziroma so rezultat eksplozivni odzivi, ki kršijo transverzalnostni pogoj, ali pa če je število nestabilnih lastnih vektorjev manjše od števila nepredeterminiranih spremenljivk, kar vodi v neskončno število rešitev. Če je Blanchard-Kahnov pogoj izpolnjen, lahko z nadaljnjo manipulacijo enačb pridobim:

$$\tilde{x}_{t+1} = \Lambda_1 \tilde{x}_t + R_1 \varepsilon_{t+1} \quad (97)$$

in

$$\tilde{y}_{t+1} = \Lambda_2 \tilde{y}_t + R_2 \varepsilon_{t+1}. \quad (98)$$

(97) predstavlja stabilno enačbo sistema, (98) pa nestabilno enačbo sistema. Enačbi sta običajno rešeni ločeno, zato najprej poiščem rešitev za nestabilni del:

$$y_t = -(P_{22})^{-1} P_{21} x_t. \quad (99)$$

Iz izraza (99) je možno razbrati, da so spremenljivke, zazrte v prihodnost, odvisne od predeterminiranih spremenljivk. Sledi še rešitev stabilnega dela:

$$x_{t+1} = \left( P_{11} - P_{12} (P_{22})^{-1} P_{21} \right)^{-1} \Lambda_1 \left( P_{11} - P_{12} (P_{22})^{-1} P_{21} \right) x_t + \left( P_{11} - P_{12} (P_{22})^{-1} P_{21} \right)^{-1} R_1 \varepsilon_{t+1}. \quad (100)$$

Rezultat kaže, da so prihodnje predeterminirane spremenljivke odvisne od sedanjih vrednosti nazaj zazrtih spremenljivk. V zadnjem koraku lahko uporabim enačbo (100) in zapišem rešitve  $x_t$  in  $y_t$  za vsa obdobja  $t$ . Začnem pri vrednosti  $x_t$  v ustaljenem stanju, ki je enaka  $x_0 = 0$ , in pri tem upoštevam normalno porazdeljenost šokov  $\varepsilon_t$ .  $x_t$  so tako rekurzivno simulirani iz šokov s pomočjo enačbe (100). Na koncu izračunam še  $y_t$  z uporabo  $x_t$  v enačbi (99).

Kasneje so se pričele pojavljati tudi alternativne dopolnitve Blanchard-Kahnove metode, med katerimi lahko omenim sledeče: Anderson in Moore (1985), Anderson (2000), King in Watson (1998), Sims (2002), Klein (2000), Söderlind (1999), kjer prve tri raziskave sledijo metodi lastnega sistema (angl. *eigensystem method*), zadnje tri pa *QZ* algoritmu (Anderson, 2006, str. 4-6). Upoštevanje Blanchard-Kahnovega pogoja v vseh še vedno ostaja osrednje določilo za obstoj rešitve modela. Drugačen pogled na reševanje tovrstnih modelov so ponudili Binder in Pesaran (1995), Christiano (2002) in Uhlig (1999), ki uporabljajo metodo nedoločenega koeficienta (angl. *undetermined coefficient*). Njena prednost je predvsem hitrost izračuna, slabost pa ta, da se že vnaprej predvideva rešljivost modela. Morebitno težavo predstavlja tudi dejstvo, da je metoda uporabna le, ko v modelu ni odvečnih spremenljivk (v drugem primeru je model eksploziven).

Na začetku izpeljave Blanchard-Kahnove metode sem omenil ključno predpostavko celotne procedure, to je obrnljivost matrike  $A_0$ . Kaj pa se zgodi, če matrika  $A_0$  ni obrnljiva, kar



pomeni, da njen inverz ne obstaja? Na srečo obstaja rešitev, kako razčleniti matriki  $A$  in  $B$ , da pridem do rešitve modela. Dynarov način reševanja takšne težave pri izračunu impulznih odzivov temelji na posplošeni Schurovi dekompoziciji oziroma  $QZ$  dekompoziciji, ki je sestavljena iz idej, predstavljenih v delih, ki so jih zapisali Klein (2000), Sims (2002) in Uhlig (1999). Preden se lotim razlage metode, nekoliko preoblikujem začetni matrični zapis (95):

$$B \begin{bmatrix} x_{t+1} \\ E_t y_{t+1} \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} x_t \\ y_t \end{bmatrix} + G[\varepsilon_{t+1}]. \quad (101)$$

Podrobna predstavitev posplošene Schurove dekompozicije sledi McCandlessu (2008, str. 133-134, 138-141),<sup>6</sup> njena glavna ideja pa omogoča razčlenitev kvadratnih matrik  $A$  in  $B$  na sledeč način:

$$\begin{aligned} B &= QTZ' \\ A &= QSZ' \end{aligned} \quad (102)$$

pri čemer velja, da sta  $T$  in  $S$  zgornje trikotni matriki,  $Q$  in  $Z$  pa enotski matriki. Z uporabo razčlenjenih matrik lahko osnovni model zapišem s predeterminiranimi in nepredeterminiranimi spremenljivkami. Nadalje se osredotočim na eksplozivni del modela, s čimer dobim rešitev za nepredeterminirane spremenljivke:

$$y_t = -Nx_t - L[\varepsilon_{t+1}]. \quad (103)$$

Predpostavka, da je pričakovana vrednost šokov enaka 0, preuredi enačbo (103) na sledeč način:

$$E_t y_{t+1} = -(Z'_{22})^{-1} Z'_{21} x_{t+1} = -Nx_{t+1}. \quad (104)$$

Z upoštevanjem (104) lahko preoblikujem začetni model (101), stabilen del novega matričnega zapisa pa mi pomaga pridobiti rešitev stabilnega dela sistema, ki zgleda takole:

$$x_{t+1} = Cx_t + D[\varepsilon_{t+1}]. \quad (105)$$

Stabilna rešitev problema izraža vrednost predeterminiranih spremenljivk v odvisnosti od šokov in preteklih vrednosti predeterminiranih spremenljivk. Na koncu še povzamem celoten postopek. Model, izražen z enačbo (101), lahko zapišemo kot (103), da dobimo rešitev za nepredeterminirane spremenljivke, izražene s predeterminiranimi spremenljivkami, in kot (105), da dobim rešitev za predeterminirane spremenljivke. Rešitve sistema nato uporabim za izračun impulznih odzivov endogenih spremenljivk  $x_t$  in  $y_t$  na različne šoke  $\varepsilon_t$ , vključene v model.

Za konec lahko še omenim, da so se zaradi nenatančnosti pogojev prvega reda predvsem pri ocenjevanju vpliva različnih ekonomskih politik na povečanje stopnje blaginje v analize pričeli vpeljevati tudi pogoji višjega reda. Pomembne raziskave in članke na tem področju so zapisali: Judd (1998), Collard in Juillard (2001) ter Schmitt-Grohe in Uribe (2004). Tako

<sup>6</sup> Podrobno izpeljavo posplošene Schurove dekompozicije lahko bralec najde v Prilogi 3 magistrskega dela.

imenovane metode perturbacije (angl. *perturbation method*) uvajajo pogoje višjega reda, saj v svoji zasnovi nosijo več pomembnih informacij kot pogoji prvega reda, hkrati pa omogočajo opazovanje dinamike pri večjih odstopanjih od ustaljenega stanja. Vedno bolj na veljavi pridobivajo tudi alternativne možnosti reševanja, ki se ukvarjajo z iteracijo funkcije vrednosti (angl. *value function*) v obliki dinamičnega programiranja (Ljungqvist & Sargent, 2004) in razne projekcijske metode (Aruoba, Fernández-Villaverde & Rubio-Ramírez, 2006).<sup>7</sup>

## 5 SIMULACIJA MODELA V PROGRAMSKEM PAKETU DYNARE

Peto poglavje zaključuje magistrsko delo. Na začetku predstavim delovanje programskega paketa Dynare, ki se ga uporablja pri simulaciji DSGE, in druge vrste modelov v matematičnem programu Matlab. Drugi del posvetim predstavitvi Holden-Paetzovega algoritma, ki v enačbo Taylorjevega pravila (92) vnaša problem ničelne spodnje meje in s tem problem likvidnostne pasti. Zadnji dve podpoglavji sta namenjeni analizi impulznih odzivov spremenljivk na različne eksogene šoke in izračunu fiskalnih multiplikatorjev ob različnih vztrajnostih finančnega šoka. V sklepu na kratko povzamem vsebino magistrskega dela.

### 5.1 Delovanje programskega paketa Dynare

Analiza enačb modela poteka v programskem paketu Dynare, ki ga ekonomisti najpogosteje uporabljajo pri reševanju, ocenjevanju in simulaciji (ob predpostavki predhodne kalibracije parametrov) DSGE in OLG (angl. *overlapping generations*) modelov. Dynare predstavlja nekakšen prosto dostopni predprocesor, sestavljen iz Matlabovih rutin, ki ima v primerjavi z ostalo programsko opremo zmožnost opravljanja kompleksnih analiz z enostavno zapisanimi enačbami. Na začetku vsake analize je treba zapisati vse enačbe sistema (tudi eksogene procese šokov) v enem izmed urejevalnikov in zapisan model shraniti kot datoteko `.mod` (Adjemian et al., 2014, str. 1; Mancini Griffoli, 2013, str. 1). Dynarova datoteka `.mod` ima običajno neko osnovno obliko, ki se ji lahko kasneje dodaja razne razširitve. V uvodu je treba najprej opredeliti endogene (to storim z ukazom `var` in navedbo vseh endogenih spremenljivk) in eksogene spremenljivke (to storim z ukazom `varexo` in navedbo vseh eksogenih procesov). Uvodni del datoteke zaključim z navedbo vseh parametrov in njihovih vrednosti (uporabim ukaz `parameters`, za katerim navedem vse parametre). V osrednjem delu nato sledi ukaz `model` (za nelinearne enačbe) oziroma `model (linear)` (za linearne enačbe), ki naznanja pričetek navajanja enačb modela. Na koncu osrednji del zaključim z ukazom `end`. Če je model nelinearen, je treba v zadnjem delu po navadi navesti začetne vrednosti spremenljivk (ukaz `initval`). Temu sledi ukaz `steady`, s katerim pridobim ustaljeno stanje modela. Na ta način sporočam Dynaru, da so začetne vrednosti spremenljivk zgolj ocene, simulacija impulznih odzivov pa naj bo opravljena na podlagi točnih vrednosti ustaljenega stanja. Sledi ukaz `check`, s katerim preverim, ali model izpolnjuje Blanchard-Kahnov pogoj. Na koncu specificiram še

---

<sup>7</sup> Aruoba, Fernández-Villaverde in Rubio-Ramírez opravijo tudi primerjavo projekcijske metode z metodami perturbacije.

eksogene procese šokov z ukazom `shocks` in izvedem simulacijo modela (ukaz `stoch_simul`) z vsemi pripadajočimi izpisi in slikami (Mancini Griffoli, 2013, str. 15-32). Dokončna Dynarova datoteka `.mod` je tako pripravljena za zagon v Matlabovem okolju. Na tej točki Dynare poskrbi za prevedbo datoteke `.mod` v ustrezen jezik, ki ga Matlab razume in s katerim lahko opravi nadaljnje reševanje oziroma ocenjevanje modela (karkoli je zapisano v datoteki `.mod`). Končni rezultat, na primer v obliki slik, ki prikazujejo impulzne odzive ali pa priorne in posteriorne porazdelitve, je prikazan v Matlabu. Tako lahko v petih točkah strnem, kaj vse Dynare dejansko lahko stori (Mancini Griffoli, 2013, str. 1):

- izračuna ustaljeno stanje DSGE modela;
- pridobi rešitev determinističnega modela;
- izračuna prvo in drugo aproksimacijo rešitve stohastičnega modela;
- oceni vrednosti parametrov modela z uporabo bayesijske metode oziroma alternativne metode največjega verjetja;
- poda izračun optimalnih politik v linearno-kvadratnih modelih.

Pri svojem delu ga uporablja širok spekter javnih (centralne banke, ministrstva za gospodarstvo in finance ter nekatere mednarodne organizacije) in zasebnih finančnih institucij kot pomoč pri analizi raznovrstnih politik in napovedovanju različnih ekonomskih scenarijev. V akademski sferi se ga v večini primerov uporablja kot pripomoček pri raznih makroekonomsko orientiranih predmetih podiplomskega oziroma doktorskega študija (Adjemian et al., 2014, str. 1).

## 5.2 Holden-Paetzov algoritem

Drugo podpoglavje predstavlja Holden-Paetzov algoritem (Holden & Paetz, 2012), s katerim vnesem v sicer standardni log-linearen model iz tretjega poglavja problem ničelne spodnje meje na nominalno obrestno mero. Problem ničelne spodnje meje je bil vse do vstopa Japonske v deflacijsko spiralo v 90. letih prejšnjega stoletja večinoma potisnjen v ozadje makroekonomskega raziskovanja. Razcvet je doživel šele v zadnjih letih, večinoma zaradi negativnih izkušenj z gospodarsko krizo, ki so jih izkusile Združene države Amerike in Evropa. Neskončno poplavo raziskav na to temo lahko strnem v tri najpomembnejše prispevke, ki pa imajo v primerjavi s Holden-Paetzovim algoritmom vsak svoje pomanjkljivosti.

Prva generacija raziskav, ki se je ukvarjala z vpeljavo ničelne spodnje meje, uporablja metodo, ki sta jo prva ponudila Eggertsson in Woodford (2003), kasneje pa so jo dodelali Jung, Teranishi in Watanabe (2005). Guerrieri in Iacoviello (2015) sta pred kratkim dodelan postopek vpeljala tudi v Dynare. V svojem jedru metoda temelji na linearni aproksimaciji dveh stanj modela (angl. *two-state linear approximation*), katero poganja Markovska veriga (angl. *Markov chain*). V svojem originalu metoda dokaj restriktivno predvideva, da po nastopu ničelne spodnje meje v vsakem naslednjem obdobju obstaja pozitivna verjetnost, da

gospodarstvo okreva in jo za večno zapusti. Popravljen verzija Junga et al. (2005), ki ne vsebuje omenjene restrikcije, močno izboljša dinamiko modelov. Slabost metode je njeno zanašanje na linearno aproksimacijo, ki po mnenju Brauna, Körberja in Wakija (2012) vodi v nezanesljive zaključke v primeru ničelne spodnje meje. Druga generacija raziskav se naslanja na način reševanja problema prek nelinearnega popolnega predvidevanja (angl. *nonlinear perfect foresight*), ki jo uporabijo Coenen, Orphanides in Wieland (2003), Braun in Körber (2011) ter v povezavi z metodo podaljšane poti (angl. *extended path*) Adjemian in Juillard (2010). Način reševanja temelji na obravnavanju originalnih, nelinearnih enačb pod predpostavko dolgoročnega vračanja modela k ustaljenemu stanju. Poudarek sloni predvsem na tem, da se mora model po določenem času nujno vrniti v ustaljeno stanje, kar pomeni reševanje velikega števila nelinearnih enačb, ki lahko povzročijo nestabilnost in počasnost reševanja. Po drugi strani metoda upošteva nelinearnost modela, vendar zaradi predpostavke popolnega predvidevanja ne zaobjema previdnostnih ukrepov agentov (angl. *precautionary motives*), ki so lastnost ničelne spodnje meje. Zadnja generacija prispevkov sloni na ideji globalnih aproksimacijskih metod (angl. *global approximation methods*), ki jih prvič v DSGE model majhnega obsega uvedejo Fernández-Villaverde et al. (2012). Metoda upošteva tako nelinearno naravo enačb kot tudi previdnostne ukrepe agentov, vendar je zaradi svoje izjemne počasnosti omejena na DSGE modele majhnega obsega (Holden & Paetz, 2012, str. 3-4).

Ideja Holden-Paetzovega algoritma sloni na vpeljavi pričakovanih navideznih cenovnih šokov (angl. *shadow price shocks*), ki vračajo nominalno obrestno mero nazaj na 0 vsakokrat, ko v odzivu na določen eksogen šok le-ta postane negativna. Hitro lahko rešim vse nejasnosti, če idejo predstavim prek svoje verzije Taylorjevega pravila (92):

$$\hat{i}_t = \rho_i \hat{i}_{t-1} + (1 - \rho_i) (\phi_\pi \hat{\pi}_t + \phi_y \hat{y}_t) + \hat{\epsilon}_t^{MP} + \sum_{s=0}^{T^*-1} \epsilon_{s,t-s}^{SP}. \quad (106)$$

V enačbi (106)  $\epsilon_{s,t-s}^{SP}$  predstavlja navidezne cenovne šoke v časovnem intervalu  $s$ , hkrati pa velja  $s = 0, \dots, T^* - 1$  ( $T^*$  označuje število obdobj, po preteku katerih obrestna mera ni več omejena z ničelno spodnjo mejo). Navidezni cenovni šok je znan že v času  $t$ , vendar se ne realizira vse do obdobja  $t + s$ , kar dela rešitev problema ničelne spodnje meje konsistentno s teorijo racionalnih pričakovanj, saj agenti novice o šoku pričakujejo vnaprej (v  $t = 0$ ). Podroben opis algoritma sledi naslednjim korakom (Holden, 2010, str. 36):

- na začetku je treba pridobiti impulzne odzive spremenljivk na pozitivne in negativne eksogene šoke v modelu, pri čemer ničelne spodnje meje še ne uvajam. Zapomnim si, katere vrste šoki povzročajo negativen odziv obrestne mere oziroma v katerem primeru je ničelna spodnja meja kršena;
- za vsak eksogen šok  $\epsilon^*$ , pri katerem je kršena predpostavka ničelne spodnje meje, moram:
  - a. določiti  $T^*$ ;

b. izbrati enačbo z omejeno spremenljivko  $x_j$ , v katero vpeljem izraz za navidezne cenovne

$$\text{šoke } \sum_{s=0}^{T^*-1} \epsilon_{s,t-s}^{SP};$$

c. poiskati relativne impulzne odzive  $v_j$  (stolpčni vektor), ki predstavljajo odziv omejene spremenljivke  $x_j$  na posamezen eksogen šok  $\epsilon_i^*$  (pri tem ignoriram ničelno spodnjo mejo) in matriko  $M_j$ , ki predstavlja relativne impulzne odzive vsake spremenljivke  $x_{j,t}$  na posamezni navidezni cenovni šok  $\epsilon_{s,t}^{SP}$  (stolpčni vektorji  $m_{j,s}$  so horizontalno združeni v matriko  $M_j$ ).  $M^*$  je definirana kot kvadratna pod matrika matrike  $M_j$ ;

d. z dano matriko  $M_j$  poiskati impulzne odzive vsake spremenljivke  $x_{j,t}$  na sočasno prisotna eksogen šok  $\epsilon_i^*$  z odmerjeno velikostjo 1 in navidezni cenovni šok  $\epsilon_{s,t}^{SP}$  z odmerjeno velikostjo  $\alpha_s$ , pri čemer velja  $s=0, \dots, T^*-1$ . Impulzni odziv omejene spremenljivke  $x_j$  na takšno kombinacijo šokov zgleđa kot  $m_j + v_j + M_j \alpha$ , kjer  $m_j$  predstavlja vrednosti  $x_j$  v ustaljenem stanju,  $v_j$  pa impulzni odziv na šok  $\epsilon_i^*$ ;

e. rešiti sledeč kvadratni optimizacijski problem in dobiti optimalno vrednost  $\alpha$ , ki je konsistentna z modelom in teorijo racionalnih pričakovanj:

$$\alpha^* = \arg \min_{\substack{\alpha \geq 0_{T^*} \\ m^* v^* + M^* \alpha \geq 0_{T^*}}} \left[ \alpha' (m^* + v^*) + \frac{1}{2} \alpha' (M^* + M^{*'}) \alpha \right]. \quad (107)$$

Holden-Paetzov algoritem je v primerjavi s podanimi generacijami raziskav mnogo hitrejši in fleksibilnejši, saj je lahko uporaben v širokem spektru makroekonomskih raziskav, ravno tako pa upošteva previdnostne ukrepe agentov (za alternativne uporabe Holden-Paetzovega algoritma se lahko bralec obrne na Funke & Paetz, 2012 in Holden, 2010). Poleg tega omogoča omejitev večjega števila spremenljivk, katerim enostavno dodam prej opisane navidezne cenovne šoke, pridobitev impulznih odzivov spremenljivk in njegovo uporabo v stohastičnih simulacijah, ki odpirajo možnost ocenjevanja takšnih modelov (Holden & Paetz, 2012, str. 2, 4-5).

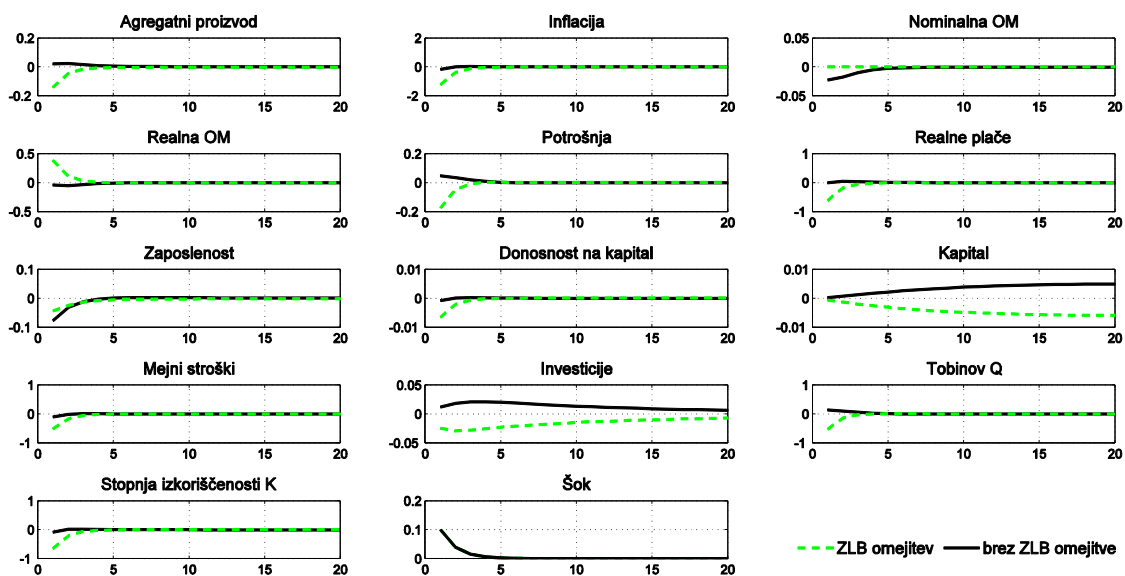
### 5.3 Impulzni odzivi spremenljivk na posamezne šoke

V tem podpoglavju poskušam prek simulacije modela v programski opremi prikazati impulzne odzive najpomembnejših makroekonomskih spremenljivk na izbrane eksogene šoke v gospodarstvu. V naslednjem podpoglavju pozornost posvetim le negativnemu šoku v preferencah gospodinjstev, saj s tem v model vpeljem finančni šok in gospodarsko krizo. Impulzni odzivi tako prikazujejo, kako se prisotnost posameznega eksogenega šoka odrazi na gibanju endogenih spremenljivk modela. Pri vsakem šoku predstavim odzive pri dveh vrednostih vztrajnostnega oziroma persistentnostnega parametra  $\rho$ . Z višjo vrednostjo

parametra mi uspe prikazati predvsem to, da posamezni šok prinaša v proučevano gospodarstvo še globljo krizo (to je posebej vidno pri odzivu na tehnološki šok in šok v denarni politiki). Impulzne odzive prikažem na intervalu 20 obdobj (obdobje je predstavljeno s četrtletjem), na katerem je gospodarstvo omejeno z ničelno spodnjo mejo.

Slika 5 prikazuje impulzne odzive na pozitiven tehnološki šok pri nižji vrednosti vztrajnostnega parametra. Impulzne odzive pri višji vrednosti vztrajnostnega parametra prikazuje prva slika Priloge 4 magistrskega dela.

Slika 5: Impulzni odzivi na pozitiven tehnološki šok pri vrednosti  $\rho_A = 0,4$



Tehnološki šok prinaša v gospodarstvo večjo učinkovitost v procesu proizvodnje, saj se šok odraža v izboljšanju proizvodne tehnologije in s tem znižuje mejne stroške podjetij. Na Sliki 5 je to razvidno prek dviga agregatnega proizvoda in padca inflacije, saj tehnološki napredek predstavlja premik agregatne krivulje ponudbe. Odziv nominalne obrestne mere sledi Taylorjevemu pravilu, tako da se centralna banka prilagodi tehnološkemu šoku, pri čemer snovalci denarne politike upoštevajo odziv agregatnega proizvoda in inflacije. Kot sem že omenil, velja Taylorjev princip, kar nakazuje na dejstvo, da se bo centralna banka z željo ohraniti čim stabilnejšo inflacijo ob spremembi inflacije močneje odzvala. To nadalje zniža realno obrestno mero. Znižanje realne obrestne mere in hkratno povečanje agregatnega proizvoda, kar je vidno iz agregatnega pogoja čiščenja trga končnih proizvodov, skupaj povečata potrošnjo. Odziv zaposlenosti je zelo zanimiv in neobičajen, navežem pa ga lahko na ugotovitve, kot so jih podali Galí (1999, str. 253-254, 261-262) ter Galí in Rabanal (2004, str. 7-8, 53). Pri njegovi razlagi sledim Francisu in Rameyu (2002, str. 24), ki razlagata padec zaposlenosti ob pozitivnem tehnološkem šoku prek dejstva, da so v modelu prisotne cenovne rigidnosti in stroški prilagajanja investicij, pri čemer največjo vlogo igrajo predvsem prilagoditveni stroški. Tudi sprememba potrošnje, če sem nekoliko natančnejši, ni najvišja, kar pomeni, da je gospodinjstva niso spremenila v večji meri. Stroški prilagajanja po drugi

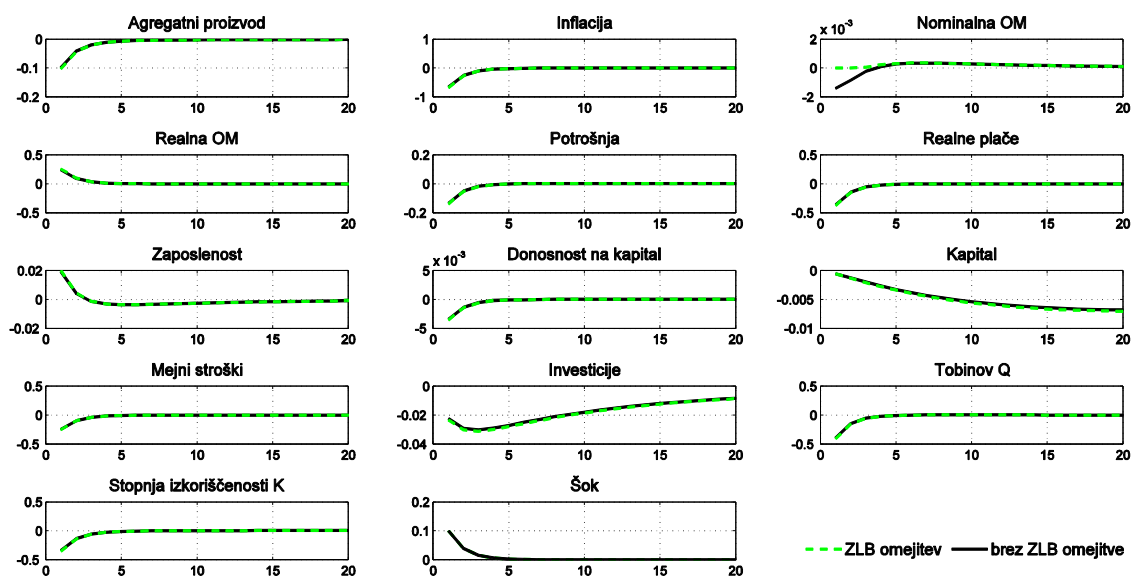
strani poskrbijo, da postanejo investicije, kot možna alternativa potrošnji, dražje. Edina opcija, ki gospodinjstvom preostane, je povečanje prostega časa in s tem seveda nižja raven zaposlenosti. Padeč zaposlenosti lahko razložim še nekoliko drugače. Pozitiven tehnološki šok, kot sem že predhodno omenil, poveča učinkovitost proizvodnje, kar pomeni, da je sedaj potrebna manjša količina dela pri proizvodnji enake količine proizvoda. Nižja raven agregatne zaposlenosti (zaradi znižanja ponudbe dela) povečuje realne plače, saj zaradi višje učinkovitosti proizvodnje obstoječi delavci prejemajo višje realne plače. Te so potrebne tudi za financiranje višje ravni agregatne potrošnje. Tobinov  $q$  oziroma vrednost investicij, izražena v enotah potrošnje, je v največji meri odvisna od gibanja realne obrestne mere. Kot že omenjeno, realna obrestna mera pade, kar zniža stroške investicij (od tod tudi negativen predznak v enačbi) in zviša Tobinov  $q$ . Dvig Tobinovega  $q$  pomeni, da je več investicij na trgu dobičkonosnih, kar vodi v pozitiven odziv investicij (Tobinov  $q$  s pozitivnim predznakom neposredno vstopa v enačbo investicij). Dvig investicij je nižji kot v primeru odsotnosti prilagoditvenih stroškov. Višja raven investicij prek enačbe dinamike kapitala vpliva na povečanje količine kapitala, kar nadalje znižuje velikost donosnosti na kapital prek optimalnega razmerja med kapitalom in delom. Nižja donosnost na kapital vpliva prek zadnjega pogoja prvega reda v bloku povpraševanja na znižanje stopnje izkoriščenosti kapitala.

Prisotnost ničelne spodnje meje postavi odzive spremenljivk malce na glavo. Ničelna spodnja meja prinaša v gospodarstvo padeč agregatnega proizvoda in deflacijo, kar je razvidno iz negativnega odziva agregatnega proizvoda in ravno takšnega odziva inflacije (tudi odziv mejnih stroškov se ne spremeni), vendar z močno povečano magnitudo. Ob nezmožnosti vpliva centralne banke na nominalno obrestno mero se globok padeč inflacije odraža v močnem dvigu realne obrestne mere. Dvig realne obrestne mere in hkraten padeč agregatnega proizvoda, kar je vidno iz agregatnega pogoja čiščenja trga končnih proizvodov, poskrbita za negativen odziv potrošnje. Pomemben vpliv ničelne spodnje meje na učinkovitost proizvodnje se opazi tudi v znižanju realnih plač, katerih odziv je v skladu z nižjo potrošnjo gospodinjstev. Odziv zaposlenosti ostaja negativen, kar lahko razložim prek paradoksa napora (angl. *paradox of toil*), ki ga v ekonomsko teorijo vpelje Eggertsson (2010). Vsi agenti v gospodarstvu želijo zaradi padca potrošnje delati več, kar ustvari pritisk na znižanje realnih plač (to je v odzivih razvidno). Podjetja pri tem znižajo cene, kar ustvari v gospodarstvu deflacijska pričakovanja, ki zvišajo realno obrestno mero. Višja realna obrestna mera v naslednjem koraku vodi v nižjo raven agregatnega povpraševanja. Zaradi nižjih agregatnih izdatkov podjetja povprašujejo po manjši količini dela, kar v agregatnem smislu vodi v nižjo raven zaposlenosti (Eggertsson, 2010, str. 2). Tobinov  $q$  je tokrat negativen, saj dvig realne obrestne mere zviša stroške investicij. Višji stroški v obliki Tobinovega  $q$  direktno vplivajo na padeč investicij, kar prek enačbe dinamike kapitala vodi v znižanje količine kapitala v modelu. Tokratni padeč donosnosti na kapital razložim prek znižanja ravni agregatnega proizvoda, saj njegov padeč zniža povpraševanje podjetij po kapitalu (znižanje povpraševanja tako zniža količino kapitala in njegovo donosnost). Nižja donosnost na kapital vpliva prek zadnjega pogoja prvega reda v bloku povpraševanja na znižanje stopnje izkoriščenosti

kapitala, pri čemer je magnituda veliko večja. Višja vrednost vztrajnostnega parametra ne spremeni smeri odzivov (izjema je le zaposlenost, ki se prva tri četrtletja giblje normalno, nadalje pa v skladu s paradoksom navora), močno pa spremeni njihovo magnitudo, kar se pozna pri večini spremenljivk v modelu. Realna obrestna mera izkazuje višji porast, kar ustvarja globljo likvidnostno past (globlji padec potrošnje in s tem močan porast varčevanja).

Slika 6 prikazuje impulzne odzive na pozitiven šok v denarni politiki pri nižji vrednosti vztrajnostnega parametra. Impulzne odzive pri višji vrednosti vztrajnostnega parametra prikazuje druga slika Priloge 4 magistrskega dela.

Slika 6: Impulzni odzivi na pozitiven šok v denarni politiki pri vrednosti  $\rho_{MP} = 0,4$



Pozitiven šok v denarni politiki načeloma prek Taylorjevega pravila povečuje nominalno obrestno mero in posredno tudi realno obrestno mero, saj predstavlja restriktivnejšo denarno politiko. Dvig realne obrestne mere je jasno viden, med tem ko nominalna obrestna mera malenkost pade. Pri odzivu nominalne obrestne mere je treba upoštevati še odziv agregatnega proizvoda in inflacije. Obe spremenljivki izkazujeta padec, še posebej močan je s strani inflacije, kar povzroči nadvlado nad pozitivnim šokom v denarni politiki in minimalen, a vseeno negativen odziv nominalne obrestne mere. Dvig realne obrestne mere in hkraten padec agregatnega proizvoda, kar je vidno iz agregatnega pogoja čiščenja trga končnih proizvodov, poskrbita za negativen odziv potrošnje. Negativen odziv realnih plač je nekako v skladu s padcem potrošnje s strani gospodinjstev in vodenjem restriktivne denarne politike s strani centralne banke. Nenavaden je ponovno odziv zaposlenosti, njeno kratkoročno zvišanje (kar je značilno za ekspanzivno denarno politiko) pa lahko v tem primeru pripišem ravno tako neobičajnemu odzivu nominalne obrestne mere. V tretjem četrtletju postane odziv že negativen in ostane takšen vse do konca, kar je v skladu s teorijo. Tobinov q oziroma vrednost investicij, izražena v enotah potrošnje, je, kot sem že omenil, v največji meri odvisna od gibanja realne obrestne mere. Realna obrestna mera zraste v prisotnosti pozitivnega šoka v

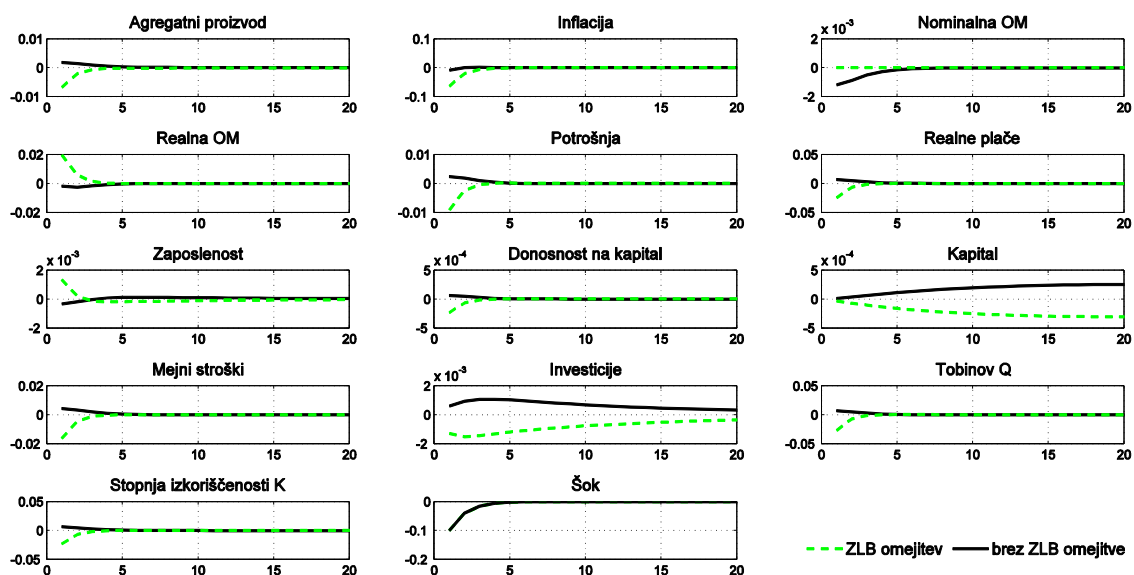


denarni politiki, kar zviša stroške investicij in zniža Tobinov  $q$ . Padec Tobinovega  $q$  pomeni, da je manj investicij na trgu dobičkonosnih, kar vodi v negativen odziv investicij. Nižja raven investicij prek enačbe dinamike kapitala vpliva na zmanjšanje količine kapitala. Znižanje ravni agregatnega proizvoda, ki je posledica restriktivne denarne politike, vpliva na znižanje donosnosti na kapital, saj njegov padec zniža povpraševanje podjetij po kapitalu (znižanje povpraševanja tako zniža količino kapitala in njegovo donosnost). Nižja donosnost na kapital vpliva prek zadnjega pogoja prvega reda v bloku povpraševanja na znižanje stopnje izkoriščenosti kapitala.

Prisotnost ničelne spodnje meje vnaša v analizo problem likvidnostne pasti. Tokrat se smeri odzivov spremenljivk ne spreminjajo, hkrati pa se ohranja tudi njihova amplituda. Pomembna sta predvsem padec agregatnega proizvoda in inflacije, ki sprožita porast realne obrestne mere. Njen dvig nadalje povzroči recesijo (negativen odziv potrošnje in investicij je podoben kot v osnovnem scenariju), ki pa se s povečanjem vztrajnostnega parametra šoka v denarni politiki še poglobi. Problem likvidnostne pasti na drugi sliki v Prilogi 3 je zares zaskrbljujoč, saj imajo odzivi spremenljivk izjemno visoke magnitude.

Slika 7 prikazuje impulzne odzive na negativen šok v stroških podjetja pri nižji vrednosti vztrajnostnega parametra. Impulzne odzive pri višji vrednosti vztrajnostnega parametra prikazuje tretja slika Priloge 4 magistrskega dela.

Slika 7: Impulzni odzivi na negativen šok v stroških podjetja pri vrednosti  $\rho_{\xi} = 0,4$



Negativen šok v stroških podjetja je v model vpeljan prek pozitivne realizacije šoka, ki vpliva na elastičnost substitucije. Le-ta zmanjšuje pribitke na cene, ki jih zaračunavajo proizvajalci vmesnih dobrin, kar negativno vpliva na njihove mejne stroške. Višja elastičnost substitucije s tem zmanjšuje monopolno moč posameznega proizvajalca vmesnih dobrin. Nižji pribitki na cene vodijo v nižjo raven cen v gospodarstvu in s tem nižjo inflacijo. Odziv proizvoda je v

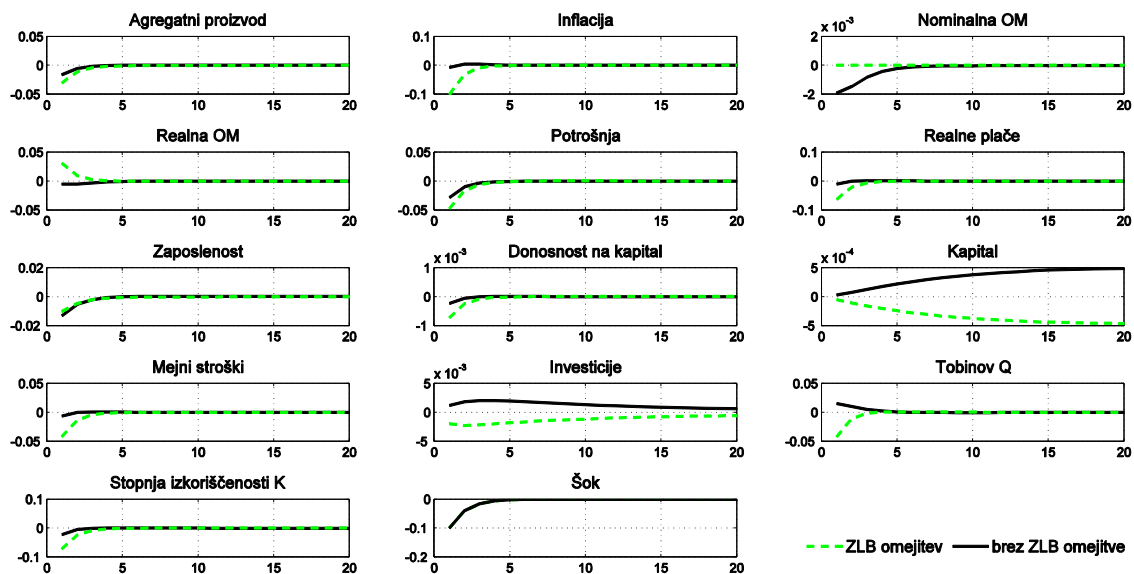
skladu s teorijo pozitiven. Nominalna obrestna mera sledi Taylorjevemu pravilu, tako da se centralna banka prilagodi šoku v stroških podjetja, pri čemer snovalci denarne politike upoštevajo odziv agregatnega proizvoda in inflacije. Odziv na inflacijo je v modelu zaradi Taylorjevega principa nekoliko pomembnejši, saj želijo snovalci ohraniti čim stabilnejšo inflacijo. Zaradi dejstva, da je padec inflacije višji kot dvig agregatnega proizvoda, nominalna obrestna mera pade. To nadalje zniža realno obrestno mero. Znižanje realne obrestne mere in hkratno povečanje agregatnega proizvoda, kar je vidno iz agregatnega pogoja čiščenja trga končnih proizvodov, skupaj povečata potrošnjo. Zaposlenost malenkost pade, kar je malce nenavadno, vendar jo ponovno lahko razložim s pomočjo teorije Francisa in Rameya (2002), kot sem to storil pri pozitivnem tehnološkem šoku. Nižja raven agregatne zaposlenosti (zaradi znižanja ponudbe dela) povečuje realne plače, saj zaradi višje učinkovitosti proizvodnje obstoječi delavci prejema višje realne plače. Te so v modelu tudi potrebne in sovpadajo s povišanjem potrošnje gospodinjstev. Tobinov  $q$  oziroma vrednost investicij, izražena v enotah potrošnje, je odvisna od znižanja realne obrestne mere, saj le-ta poskrbi za znižanje stroškov investicij in zviša Tobinov  $q$ . Dvig Tobinovega  $q$  pomeni, da je več investicij na trgu dobičkonosnih, kar vodi v pozitiven odziv investicij. Višja raven investicij prek enačbe dinamike kapitala vpliva na povečanje količine kapitala. Rast donosnosti na kapital razložim prek zvišanja povpraševanja po kapitalu s strani podjetij, saj proizvodnja sledi višji ravni agregatnega proizvoda v gospodarstvu. Višja donosnost na kapital vpliva prek zadnjega pogoja prvega reda v bloku povpraševanja na zvišanje stopnje izkoriščenosti kapitala.

Prisotnost ničelne spodnje meje v tem primeru ponovno malce premeša odzive spremenljivk. V makroekonomskem okolju začneta vladati deflacija in nižja raven agregatnega proizvoda. Agregatni proizvod se tako odzove negativno, odziv inflacije pa ostaja enak (tudi zaradi dejstva, da sta v modelu sedaj tako šok v stroških kot tudi vpliv mejnih stroškov, ki zmanjšujeta inflacijo), vendar z dokaj povečano magnitudo. Nezmožnost vpliva centralne banke na nominalno obrestno mero poskrbi, da se globlji padec inflacije odraža v močnejšem dvigu realne obrestne mere. Dvig realne obrestne mere in hkraten padec agregatnega proizvoda, kar je vidno iz agregatnega pogoja čiščenja trga končnih proizvodov, poskrbita za negativen odziv potrošnje. Zaposlenost se tokrat v prvih treh četrtletjih poveča, kar je v skladu s teorijo, nato pa prevlada paradoks napora, ki ga še dodatno povečajo večji vplivi cenovnih rigidnosti in stroškov prilagajanja investicij. Višja raven agregatne zaposlenosti (zaradi znižanja ponudbe dela) znižuje realne plače, njihov odziv pa ostaja tudi kasneje negativen zaradi prevlade paradoksa napora. Odziv realnih plač je hkrati tudi v skladu z nižjo potrošnjo gospodinjstev. Tobinov  $q$  je tokrat negativen, saj dvig realne obrestne mere zviša stroške investicij. To nadalje neposredno vpliva na padec investicij, kar prek enačbe dinamike kapitala vodi v znižanje količine kapitala v modelu. Znižanje ravni agregatnega proizvoda, ki je posledica negativnega šoka, vpliva na znižanje donosnosti na kapital, saj njegov padec zniža povpraševanje podjetij po kapitalu (znižanje povpraševanja tako zniža količino kapitala in njegovo donosnost). Nižja donosnost na kapital vpliva prek zadnjega pogoja prvega reda v bloku povpraševanja na znižanje stopnje izkoriščenosti kapitala. Višja vrednost vztrajnostnega parametra ne spremeni smeri odzivov, vidno pa spremeni njihovo magnitudo,

kar se pozna pri večini spremenljivk v modelu. Realna obrestna mera izkazuje višji porast, kar ustvarja globljo likvidnostno past.

Slika 8 prikazuje impulzne odzive na negativen šok v preferencah gospodinjstev pri nižji vrednosti vztrajnostnega parametra. Impulzne odzive pri višji vrednosti vztrajnostnega parametra prikazuje četrta slika Priloge 4 magistrskega dela.

Slika 8: Impulzni odzivi na negativen šok v preferencah gospodinjstev pri vrednosti  $\rho_\chi = 0,4$



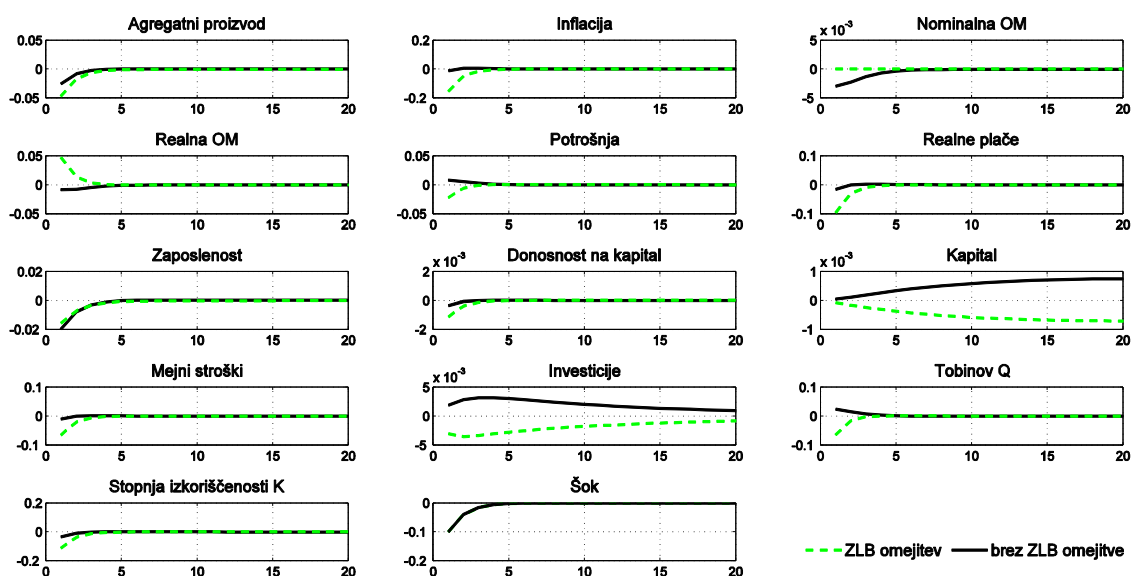
Negativen šok v preferencah gospodinjstev ima vpliv na znižanje današnje potrošnje in s tem popačenje preferenc v smeri povečevanja prihodnje potrošnje, saj je neposredno vpeljan v Eulerjevo enačbo potrošnje. V skladu s teorijo se odzoveta tudi agregatni proizvod in inflacija, ki imata značilen negativen odziv. Odziv nominalne obrestne mere sledi Taylorjevemu pravilu, tako da se centralna banka prilagodi šoku v preferencah gospodinjstev, pri čemer snovalci denarne politike upoštevajo odziv agregatnega proizvoda in inflacije. Kot že znano, velja Taylorjev princip, kar nakazuje na dejstvo, da se bo centralna banka z željo ohraniti čim stabilnejšo inflacijo ob spremembi inflacije močneje odzvala. To nadalje zniža realno obrestno mero. Pri odzivu potrošnje lahko še dodam zanimivost, da vpliv šoka nadvlada vpliv nižje realne obrestne mere, kar se izraža v negativnem odzivu potrošnje. Zaradi aditivno ločenih členov v funkciji koristnosti šok v preferencah nima neposrednega vpliva na zaposlenost, vendar le posrednega prek premika krivulje ponudbe dela. Gospodinjstva se morajo tako odločiti glede potrošnje in količine prostega časa. Ker so se danes pripravljena odreči večji količini potrošnje z avoljo povečanja prostega časa, znižajo svojo raven zaposlenosti. Negativen odziv realnih plač je povzročen z znižanjem povpraševanja po delu s strani podjetij, ki je kvantitativno višje od znižanja ponudbe s strani gospodinjstev, hkrati pa je tudi v skladu z nižjo potrošnjo gospodinjstev. Tobinov q je ponovno močno odvisen od znižanja realne obrestne mere, saj le-ta poskrbi za znižanje stroškov investicij in zviša Tobinov q. Dvig Tobinovega q vodi v pozitiven odziv investicij.

Višja raven investicij prek enačbe dinamike kapitala vpliva na povečanje količine kapitala, kar nadalje znižuje velikost donosnosti na kapital prek optimalnega razmerja med kapitalom in delom. Nižja donosnost na kapital vpliva prek zadnjega pogoja prvega reda v bloku povpraševanja na znižanje stopnje izkoriščenosti kapitala.

Prisotnost ničelne spodnje meje prek nemoči centralne banke vpliva na nominalno obrestno mero in pomembno spremeni impulzne odzive, predvsem odziv realne obrestne mere. Kot je značilno v likvidnostni pasti, realna obrestna mera zraste, kar še bolj zavre potrošnjo, pri odzivu investicij, Tobinovega  $q$  in kapitala pa poskrbi za ravno nasprotno odzive (popolnoma v skladu s teorijo), kot so bili značilni za osnovni scenarij. Višja vrednost vztrajnostnega parametra ne spremeni smeri odzivov (izjema je le zaposlenost, ki se do prvega četrtrletja giblje normalno, nato pa je pod vplivom paradoksa napora), vidno pa spremeni njihovo magnitudo, kar se pozna pri večini spremenljivk v modelu. Realna obrestna mera izkazuje višji porast, kar ustvarja globljo likvidnostno past.

Slika 9 prikazuje impulzne odzive na negativen šok v državnih izdatkih pri nižji vrednosti vztrajnostnega parametra. Impulzne odzive pri višji vrednosti vztrajnostnega parametra prikazuje peta slika Priloge 4 magistrskega dela.

Slika 9: Impulzni odzivi na negativen šok v državnih izdatkih pri vrednosti  $\rho_G = 0,4$



Negativen šok v državnih izdatkih oziroma restriktivnejša fiskalna politika ima vpliv na negativen odziv agregatnega proizvoda, saj državni izdatki neposredno vstopajo v agregatni pogoj čiščenja trga končnih proizvodov. Z znižanjem agregatnega proizvoda se ustvarjajo manjši inflacijski pritiski, kar poskrbi za negativen odziv inflacije. Odziv nominalne obrestne mere, kot že vsakokrat do sedaj, sledi Taylorjevemu pravilu, ki narekuje njeno znižanje. Znižanje nominalne obrestne mere nadalje vodi v znižanje realne obrestne mere, ki skupaj z agregatnim pogojem čiščenja trga končnih proizvodov poskrbita za pozitiven odziv potrošnje.

Zaposlenost lahko razlagam kot v primeru tehnološkega šoka in šoka v stroških podjetja. Negativen odziv realne plače je le v prvem četrtletju malce nenavaden, med tem ko je potem do konca skladen s teorijo, saj se realna plača poviša. Dobljeno je popolnoma v skladu s padcem zaposlenosti in višjo ravno potrošnje. Tobinov  $q$  je ponovno močno odvisen od znižanja realne obrestne mere, saj le-ta poskrbi za znižanje stroškov investicij in zviša Tobinov  $q$ . Dvig Tobinovega  $q$  vodi v pozitiven odziv investicij. Kot je razvidno, negativen šok v državnih izdatkih deluje ravno nasprotno od učinka izrinjanja (angl. *crowding in*). Višja raven investicij prek enačbe dinamike kapitala vpliva na povečanje količine kapitala, kar nadalje znižuje velikost donosnosti na kapital prek optimalnega razmerja med kapitalom in delom. Nižja donosnost na kapital vpliva prek zadnjega pogoja prvega reda v bloku povpraševanja na znižanje stopnje izkoriščenosti kapitala.

Prisotnost ničelne spodnje meje ponovno sproži globljo recesijo. Centralna banka ni zmožna vplivati na nominalno obrestno mero, kar pomembno spremeni impulzne odzive, predvsem odziv realne obrestne mere, ki zraste. To nadalje še bolj zavre potrošnjo, pri odzivu investicij, Tobinovega  $q$  in kapitala pa poskrbi za ravno nasprotno odzive (popolnoma v skladu s teorijo), kot so bili značilni za osnovni scenarij. Višja vrednost vztrajnostnega parametra ne spremeni smeri odzivov (izjema je le zaposlenost, ki se do prvega četrtletja giblje normalno, nato pa je pod vplivom paradoksa napora), vidno pa spremeni njihovo magnitudo, kar se pozna pri večini spremenljivk v modelu. Realna obrestna mera izkazuje višji porast, kar ustvarja globljo likvidnostno past.

#### 5.4 Fiskalni multiplikator ob prisotnosti finančnega šoka

Zadnji del magistrskega dela posvečam vpeljavi finančnega šoka, ki ga predstavim kot negativni šok v preferencah potrošnikov. Ta poskrbi za to, da se poveča tekoča mejna nagnjenost k varčevanju, kar ob prisotnosti ničelne spodnje meje še dodatno poglobi gospodarske težave. Enačba finančnega šoka zglada takole:

$$\hat{\chi}_t = \rho_\chi \hat{\chi}_{t-1} - \epsilon_t^\chi, \quad (108)$$

pri čemer  $\rho_\chi$  predstavlja vztrajnostni parameter finančnega šoka, negativni predznak pred šokom pa nakazuje njegov negativen vpliv na makroekonomske spremenljivke. Impulzni odzivi na obravnavani šok so razvidni s Slike 8 in četrte slike Priloge 3. Nadalje se vprašam, kakšna je velikost kumulativnega multiplikatorja (angl. *cumulative multiplier*), če se snovalci fiskalne politike na prisotnost finančnega šoka in ničelne spodnje meje odzovejo s fiskalno ekspanzijo, opredeljeno z naslednjim izrazom:

$$\hat{g}_t = \rho_G \hat{g}_{t-1} + \Omega \epsilon_t^\chi. \quad (109)$$

V izrazu (109) iščem optimalno vrednost  $\Omega$ , ki mi zagotovi, da se impulzna odziva agregatnega proizvoda (na finančni šok) osnovnega scenarija in scenarija ničelne spodnje meje združita, oziroma iščem optimalno vrednost  $\Omega$  in s tem velikost kumulativnega multiplikatorja, ki izniči negativen vpliv finančnega šoka na agregatni proizvod in ostale

makroekonomske spremenljivke. V Tabelah 1, 2, 3 in 4 je prikazan le izračun kumulativnega multiplikatorja, saj se mi zdi njegov izračun najbolj reprezentativen, nepristranski in zanesljiv. Problem začetnih multiplikatorjev (angl. *impact multipliers*) je, da znajo biti pogosto zavajajoči in nezanesljivi pri prikazu celotne makroekonomske slike, saj določeni učinki fiskalne politike nastopijo šele po nekem časovnem zaostanku, spet drugi pa so na začetku pretirani in se šele s časom vnesejo. Vse te pomembne značilnosti fiskalne ekspanzije so v izračunu kumulativnega multiplikatorja upoštevane, zaradi njegove dolgoročne narave pa nobena izmed značilnosti ne prevlada. Multiplikatorje izračunam v računalniškem programu Excel, pri čemer uporabim enačbo:

$$\frac{dY_t}{dG_t} = \frac{1}{g} \frac{\sum_{j=0}^N \Delta \hat{Y}_{t+j}}{\sum_{j=0}^N \Delta \hat{G}_{t+j}}. \quad (110)$$

Podatke o velikosti agregatnega proizvoda in državnih izdatkov pridobim iz izpisov Dynara, shranjeni pa so v matrikah impulznih odzivov, ki jih oblikujem sam. Izračune prikažem pri različnih vrednostih parametrov, pri čemer vztrajnostni parameter finančnega šoka počasi povečujem, za vztrajnostni parameter fiskalne ekspanzije pa izberem le višji vrednosti (0,6 in 0,8), saj predvidevam izrazit odziv fiskalne politike. Moč oziroma magnituda šoka ostaja v vseh primerih enaka (en standardni odklon).

V osnovnem scenariju se vprašam, kakšna je velikost kumulativnega multiplikatorja, če imam v modelu povsem običajne razmere, ko snovalci denarne politike sledijo Taylorjevemu pravilu, gospodarstvo pa je izpostavljeno pozitivnemu šoku v državnih izdatkih. Tabela 1 prikazuje rezultate ob različnih vrednostih vztrajnostnega parametra državnih izdatkov.

*Tabela 1: Fiskalni multiplikator, ko denarna politika sledi Taylorjevemu pravilu*

	$\rho_G = 0,4$	$\rho_G = 0,6$	$\rho_G = 0,8$
Kumulativni multiplikator	0,695454264	0,634569862	0,536874843

Vrednost multiplikatorja je v skladu z že opravljenimi raziskavami, kot sta raziskavi Christiana et al. (2009) in Woodforda (2011), saj je nižja od 1 in pada z rastjo persistentnosti fiskalne ekspanzije. Fiskalna ekspanzija tako povzroča negativne premoženjske učinke in zaradi tega nižjo privatno potrošnjo in privatne investicije oziroma državna potrošnja v določeni meri izrinja trošenje privatnega sektorja. Z večanjem vztrajnostnega parametra fiskalne ekspanzije se takšni negativni premoženjski učinki samo še potencirajo. Drugi kanal vpliva na vrednost multiplikatorja pa je prek Taylorjevega pravila, saj se centralna banka v normalnih razmerah lahko odzove na višjo raven inflacije, ki jo povzroči fiskalna ekspanzija, z višjo nominalno in s tem seveda realno obrestno mero. Robustnost dobljenih rezultatov na koncu preverim še s spreminjanjem parametrov, ki so pomembno povezani z vodenjem

denarne politike. Podobno kot Christiano et al. (2009) ugotovim, da multiplikator narašča z višanjem stopnje rigidnosti cen  $\theta$  in višanjem parametra glajenja v Taylorjevem pravilu  $\rho_i$ . Višja kot je stopnja cenovne rigidnosti, počasneje se cene prilagajajo optimalnim, kar pomeni, da se tudi inflacija spreminja z daljšimi odlogi. Inflacija nadalje vstopa v Taylorjevo pravilo, s tem da višja stopnja cenovne rigidnosti povzroča spreminjanje nominalne obrestne mere z daljšimi odlogi (ključno je, da se centralna banka kasneje odzove na fiskalno ekspanzijo). Nadalje je odzivnost multiplikatorjev na spremembe  $\phi_\pi$  in  $\phi_y$  dokaj nizka, med tem ko se močnejše odziva na spremembe komponente glajenja. Višji parameter glajenja v modelu pomeni bolj prilagodljivo denarno politiko, kar viša vrednost multiplikatorjev, saj se centralna banka na spremembe v inflaciji in agregatnem proizvodu ne odziva agresivno.

V naslednjem koraku predvidim situacijo ničelne spodnje meje na nominalno obrestno mero, v kateri centralna banka ne more več voditi ekspanzivne denarne politike, s katero bi lahko spodbudila gospodarsko aktivnost. Rezultati analize so prikazani v Tabelah 2, 3 in 4 ob različni vrednosti vztrajnostnih parametrov.

*Tabela 2: Fiskalni multiplikator ob prisotnosti ničelne spodnje meje (ZLB) pri vrednosti  $\rho_x = 0,4$*

	<b><math>\rho_G = 0,6</math></b>	<b><math>\rho_G = 0,8</math></b>
Kumulativni multiplikator	1,334955643	2,214004814

*Tabela 3: Fiskalni multiplikator ob prisotnosti ničelne spodnje meje (ZLB) pri vrednosti  $\rho_x = 0,6$*

	<b><math>\rho_G = 0,6</math></b>	<b><math>\rho_G = 0,8</math></b>
Kumulativni multiplikator	1,80302561	2,353199728

*Tabela 4: Fiskalni multiplikator ob prisotnosti ničelne spodnje meje (ZLB) pri vrednosti  $\rho_x = 0,8$*

	<b><math>\rho_G = 0,6</math></b>	<b><math>\rho_G = 0,8</math></b>
Kumulativni multiplikator	3,660846428	2,688157585

Vrednosti multiplikatorjev so ponovno v skladu z vrednostmi, kot so jih podali Christiano et al. (2009), Eggertsson (2011), Erceg in Linde (2010) ter Woodford (2011). Prva značilnost, ki jo lahko omenim, je, da velikost multiplikatorja narašča z vztrajnostnim parametrom finančnega šoka, saj višja vrednost parametra finančnega šoka poskrbi za globlji padec agregatnega proizvoda. Bolj kot je persistentna narava likvidnostne pasti, višji je ekspanzijski učinek državnih izdatkov (velja za obe vrednosti  $\rho_G$ ). Druga pomembna lastnost pa je, kakor to ugotovijo tudi Christiano et al. (2009) in Woodford (2011), da vrednost multiplikatorja

ravno nasprotno kot v osnovnem scenariju raste s persistentnostjo fiskalne ekspanzije. To je razvidno iz druge in tretje tabele, med tem ko se rezultati četrte tabele z ugotovljenim ne ujemajo. Ob najvišji persistentnosti likvidnostne pasti vrednost multiplikatorja pada s povečevanjem vztrajnosti fiskalne ekspanzije. Možno razlago podajata Erceg in Linde (2010), ki zagovarjata idejo, da vztrajnejša fiskalna ekspanzija znižuje vrednosti multiplikatorjev, saj povzroča hitrejši izhod gospodarstva iz likvidnostne pasti. Za natančnejši odgovor bi moral endogenizirati in poglobiti analizo likvidnostne pasti, kar pa presega obseg magistrskega dela. Za konec mi preostane še analiza robustnosti dobljenih rezultatov s spreminjanjem parametrov, ki so pomembno povezani z vodenjem denarne politike. Skladno z že omenjenimi raziskavami ugotovim, da na ničelni spodnji meji nižja stopnja cenovne rigidnosti povečuje velikost multiplikatorja, med tem ko se smer odziva multiplikatorja na prilagodljivost denarne politike ohranja. Nižja stopnja cenovne rigidnosti v likvidnostni pasti predstavlja fleksibilnejši odziv inflacije na spremembe cen, kar na ničelni spodnji meji vodi v višjo pričakovano deflacijo in višjo raven realne obrestne mere. Nižja stopnja cenovne rigidnosti tako povzroča globljo gospodarsko krizo in pripisuje večjo vlogo fiskalni ekspanziji.

## **SKLEP**

Prvo poglavje magistrskega dela sem namenil pregledu zgodovinskega dogajanja in predstavitvi osnovnih teoretičnih značilnosti novo keynesianskih DSGE modelov. Zgodovini sledim od nastanka prvih neo keynesianskih makro ekonometričnih modelov prek RBC modelov do nastanka sodobnih DSGE modelov, ki so tekom let postali najpripravnejše orodje za analizo gospodarskih nihanj. Drugi del poglavja predstavlja osnovne značilnosti in strukturo vsakega DSGE modela, ki jo predstavljajo blok povpraševanja, ponudbeni blok in enačba, ki opisuje vodenje denarne politike. Na koncu poglavja ponudim tudi možne razširitve osnovnega modela, ki dodatno popestrijo makroekonomsko analizo. Uvodni del magistrskega dela zaokrožim s predstavitvijo tematike trenutne gospodarske in finančne krize. Prvi del drugega poglavja se osredotoča na vpliv kriznih razmer pri oblikovanju kratkoročnih in srednjeročnih obrestnih mer in na vprašanje učinkovitosti nekonvencionalnih oblik denarne politike. Ugotovim, da je likvidnostna past v majhnem obsegu in predvsem zelo zapoznelo vplivala na oblikovanje kratkoročnih in dolgoročnih obrestnih mer. Takšno spoznanje kaže na statistično pomemben vpliv nekonvencionalnih oblik denarne politike, katerih glavna težava je njihova nepredvidljiva narava, ki predstavlja skrito grožnjo za morebiten nagel dvig inflacije v prihodnosti. To je tudi glavni razlog, da drugi del drugega poglavja posvetim analizi fiskalnih spodbud v času trenutne gospodarske krize. Na podlagi predhodnih raziskav pridem do dveh pomembnih zaključkov, ki ju želim z lastno hipotezo potrditi tudi sam. Prvič, povečanje državnih izdatkov v normalnih razmerah ne prinaša pretiranih ekspanzijskih učinkov. Vrednost fiskalnega multiplikatorja je strogo nižja od 1, saj državni izdatki do določene mere izrinjajo privatno potrošnjo, denarna politika pa se na višjo pričakovano inflacijo lahko odziva z manipulacijo nominalne obrestne mere. Drugič, na ničelni spodnji meji se situacija dodobra spremeni, saj fiskalna politika prinaša velike ekspanzijske učinke.



Centralna banka se na višjo pričakovano inflacijo, povzročeno s fiskalno ekspanzijo, ne odziva, kar znižuje realno obrestno mero in spodbuja gospodarsko aktivnost.

Osrednji del magistrskega dela tvori tretje poglavje, v katerem formalno predstavim lasten DSGE model zaprtega gospodarstva. Zgradim ga na temeljih, ko so jih zapisali Christiano et al. (2005) ter Smets in Wouters (2003). Dopolnim ga z vpeljavo problematike ničelne spodnje meje na nominalno obrestno mero, pri čemer vpeljava omejitve gibanja obrestne mere sledi algoritmu, kot sta ga izpeljala Holden in Paetz (2012). To mi omogoča obravnavanje dveh različnih scenarijev. V prvem vodenje denarne politike temelji na podlagi vnaprej določenega monetarnega pravila, v drugem pa je vodenje denarne politike omejeno, saj nominalna obrestna mera, ki si jo zamisli snovalec denarne politike (centralna banka), ne more biti manjša od 0. Izpeljavo modela pričnem z reprezentativnimi gospodinjstvi, ki z maksimizacijo življenjske funkcije koristnosti skrbijo za svojo dobrobit in blaginjo. Na drugi strani imam podjetja, ki jih je v modelu več vrst. Delujejo v razmerah monopolistične konkurence in z najemanjem dela in kapitala od gospodinjstev skrbijo za proizvodnjo. Model zaključita država in centralna banka, ki vodita fiskalno in denarno politiko. Z vpeljavo različnih vrst šokov poskrbim za prikaz dinamike modela in odzivov ključnih makroekonomskih spremenljivk nanje. Posebna pozornost je namenjena finančnemu šoku, ki je v zadnjem poglavju magistrskega dela ključen pri obravnavanju učinkovitosti fiskalne politike. V zadnjem razdelku prikažem tudi tehniko log-lineariziranja in predstavim glavne linearne enačbe modela, ki tvorijo tržno ravnovesje. Osrednji del dela zaključim s kalibracijo parametrov in predstavitev reševanja modela. S tehniko kalibracije dodelim vrednosti parametrov modela, pri čemer v večini sledim predhodnim raziskavam in člankom, nekaj pa jih tudi izračunam na podlagi podatkov za Slovenijo. Zadnje podpoglavje prikazuje tehnike reševanja modela. Posebno pozornost posvetim Blanchard-Kahnovemu pogoju, katerega obstoj je nujen za rešitev vsakega modela, in posplošeni Schurovi dekompoziciji, ki rešuje določene težave v Blanchard-Kahnovi metodi in predstavlja algoritem za reševanje DSGE modelov, ki je vgrajen v Dynare.

Peto poglavje predstavlja zaključek magistrskega dela. V njem na kratko predstavim programski paket Dynare in Holden-Paetzov algoritem, s katerim sem v sicer klasični DSGE model vpeljal problem likvidnostne pasti. Jedro zaključka predstavljata zadnji dve podpoglavji. V prvem prikažem impulzne odzive vseh pomembnejših makroekonomskih spremenljivk na šoke, ki potiskajo gospodarstvo iz ustaljenega stanja. Odzive prikažem pri nizki (0,4) in visoki (0,8) vztrajnosti šokov v ekonomiji, pri čemer igra ključno vlogo vztrajnostni parameter, saj prikaže daljše trajanje krize in globljo recesijo. V zadnjem podpoglavju magistrskega dela pozornost usmerim le na negativen finančni šok in izračunam fiskalne multiplikatorje pri različnih specifikacijah parametrov. Multiplikativni učinki fiskalne politike so v skladu z že opravljenimi raziskavami, kar mi na koncu omogoči potrditev hipoteze. V primeru likvidnostne pasti, to je situaciji, ko so obrestne mere izjemno nizke in prebivalstvo še vedno noče trošiti, saj pričakuje v prihodnosti dvig obrestnih mer, kar dodatno spodbuja varčevanje s strani gospodinjstev, je fiskalna politika mnogo bolj

učinkovita kot v primeru, ko lahko upravljamo tudi z denarno politiko. V prvem scenariju, ko denarna politika lahko sledi Taylorjevemu pravilu, je zato bolje voditi politiko z običajnimi instrumenti denarne politike, kot je obrestna mera (lahko tudi menjalni tečaj), v primeru likvidnostne pasti pa učinek fiskalne politike postane nezanemarljiv (vrednost fiskalnega multiplikatorja se giblje med 1,34 in 3,66 pri različnih specifikacijah parametrov).

## LITERATURA IN VIRI

1. Abel, A. B. (1990). Asset Prices under Habit Formation and Catching Up with the Joneses. *The American Economic Review*, 80(2), 38-42.
2. Adjemian, S., & Juillard, M. (2010). Accuracy of the Extended Path Simulation Method in a New Keynesian Model with the Zero Lower Bound on the Nominal Interest Rate. Najdeno 18. marca 2015 na spletnem naslovu [http://s3.amazonaws.com/zanran\\_storage/www.dynare.org/ContentPages/2438768628.pdf](http://s3.amazonaws.com/zanran_storage/www.dynare.org/ContentPages/2438768628.pdf)
3. Adjemian, S., Bastani, H., Karame, F., Juillard, M., Maih, J., Mihoubi, F., Perendia, G., Pfeifer, J., Ratto, M., & Villemot, S. (2014). Dynare: Reference Manual Version 4. *Working Paper No. 1*. Najdeno 5. novembra 2014 na spletnem naslovu <http://www.dynare.org/wp-repo/dynarewp001.pdf>
4. Altig, D., Christiano, L. J., Eichenbaum, M., & Linde, J. (2005). Firm-Specific Capital, Nominal Rigidities and the Business Cycle. *NBER Working Paper 11034*. Najdeno 3. januarja 2015 na spletnem naslovu <http://www.nber.org/papers/w11034.pdf>
5. Anderson, G., & Moore, G. (1985). A Linear Algebraic Procedure for Solving Linear Perfect Foresight Models. *Economic Letters*, 17(3), 247-252.
6. Anderson, G. S. (2002). A Reliable and Computationally Efficient Algorithm for Imposing the Saddle Point Property in Dynamic Models. Najdeno 7. maja 2015 na spletnem naslovu <http://www.federalreserve.gov/pubs/oss/oss4/papers/reliable.pdf>
7. Anderson, G. (2006). Solving Linear Rational Expectations Models: A Horse Race. *Federal Reserve Board Finance and Economic Discussion Series*, 26. Najdeno 8. maja 2015 na spletnem naslovu <http://www.federalreserve.gov/pubs/feds/2006/200626/200626pap.pdf>
8. Aruoba, S. B., Fernández-Villaverde, J., & Rubio-Ramírez, J. F. (2006). Comparing Solution Methods for Dynamic Equilibrium Economies. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 30(12), 2477-2508.
9. Ball, L. M. (2011). *Money, Banking and Financial Markets* (2<sup>nd</sup> ed.). New York: Worth Publishers.
10. Barro, R. J., & Sala-i-Martin, X. I. (2004). *Economic Growth* (2<sup>nd</sup> ed.). Cambridge (Massachusetts): The MIT Press.
11. Basu, S., & Fernald, J. G. (1997). Returns to Scale in U.S. Production: Estimates and Implications. *Journal of Political Economy*, 105(2), 249-283.
12. Bernanke, B. S., Gertler, M., & Gilchrist, S. (1999). The Financial Accelerator in a Quantitative Business Cycle Framework. V J. B. Taylor & M. Woodford (ur.), *Handbook of Macroeconomics* (str. 1341-1393). Amsterdam: Elsevier Science.
13. Binder, M., & Pesaran, M. H. (1995). Multivariate Rational Expectations Models A Review and Some New Results. V M. H. Pesaran & M. Wickens (ur.), *Handbook of Applied Econometrics* (str. 139-187). Oxford: Blackwell Publishing.
14. Blanchard, O., & Kahn, C. (1980). The Solution of Linear Difference Models under Rational Expectations. *Econometrica*, 48(5), 1305-1312.

15. Blanchard, O., & Galí, J. (2010). Labour Markets and Monetary Policy: A New Keynesian Model with Unemployment. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 2(2), 1-30.
16. Braun, R. A., & Körber, L. M. (2012). New Keynesian Dynamics in a Low Interest Rate Environment. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 35(1), 2213-2227.
17. Braun, R. A., Körber, L. M., & Waki, Y. (2012). Some Unpleasant Properties of Log-Linearized Solutions when the Nominal Rate is Zero. Najdeno 5. marca 2015 na spletnem naslovu <https://research.stlouisfed.org/conferences/annual/Braun.pdf>
18. Braun, R. A., Körber, L. M., & Waki, Y. (2013). Small and Orthodox Fiscal Multipliers at the Zero Lower Bound. *Federal Reserve Bank of Atlanta Working Paper Series*. Najdeno 14. marca 2015 na spletnem naslovu <https://www.frbatlanta.org/-/media/Documents/research/publications/wp/2013/wp1313.pdf>
19. Campbell, J. Y., & Mankiw, N. G. (1989). Consumption, Income and Interest Rates: Reinterpreting the Time Series Evidence. V O. Blanchard & S. Fischer (ur.), *NBER Macroeconomics Annual 1989*, 4 (str. 185-246). Cambridge (Massachusetts): The MIT Press.
20. Cagliarini, A., Robinson, T., & Tran, A. (2010). Reconciling Microeconomic and Macroeconomic Estimates of Price Stickiness. *Reserve Bank of Australia Research Discussion Paper*. Najdeno 17. aprila 2015 na spletnem naslovu <http://www.rba.gov.au/publications/rdp/2010/pdf/rdp2010-01.pdf>
21. Calvo, G. (1983). Staggered Prices in a Utility Maximizing Framework. *Journal of Monetary Economics*, 12(3), 383-398.
22. Cecchetti, S. G., & Schoenholtz, K. L. (2015). *Money, Banking and Financial Markets* (4<sup>th</sup> ed.). New York: McGraw-Hill Education.
23. Christiano, L. J., Eichenbaum, M., & Evans, C L. (1999). Monetary Policy Shocks: What Have We Learned and to What End? V J. B. Taylor & M. Woodford (ur.), *Handbook of Macroeconomics* (str. 65-148). Amsterdam: Elsevier Science.
24. Christiano, L. J. (2002). Solving Dynamic Equilibrium Models by a Method of Undetermined Coefficients. *Computational Economics*, 20(1-2), 21-55.
25. Christiano, L. J., Eichenbaum, M., & Evans, C L. (2005). Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy. *Journal of Political Economy*, 113(1), 1-45.
26. Christiano, L. J., Eichenbaum, M., & Rebelo, S. (2009). When is Government Spending Multiplier Large? *NBER Working Paper 15394*. Najdeno 10. januarja 2015 na spletnem naslovu <http://www.nber.org/papers/w15394.pdf>
27. Christiano, L. J., Motto, M., & Rostango, M. (2010). Financial Factors in Economic Fluctuations. *European Central Bank Working Paper Series No. 1192*. Najdeno 12. maja 2015 na spletnem naslovu <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpwps/ecbwp1192.pdf>
28. Christoffel, K., & Kuester, K. (2008). Resuscitating the Wage Channel in Models with Unemployment Fluctuations. *European Central Bank Working Paper Series No. 923*. Najdeno 9. januarja 2015 na spletnem naslovu <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpwps/ecbwp923.pdf>

29. Christoffel, K., Kuester, K., & Linzert, T. (2009). The Role of Labor Markets for Euro Area Monetary Policy. *European Central Bank Working Paper Series No. 1035*. Najdeno 10. januarja 2015 na spletnem naslovu <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpwps/ecbwp1035.pdf>
30. Clarida, R., Galí, J., & Gertler, M. (1999). The Science of Monetary Policy: A New Keynesian Perspective. *Journal of Economic Literature*, 37, 1661-1707.
31. Clarida, R., Galí, J., & Gertler, M. (2000). Monetary Policy Rules and Macroeconomic Stability: Evidence and Some Theory. *Quarterly Journal of Economics*, 115, 147-180.
32. Clarida, R., Galí, J., & Gertler, M. (2002). A Simple Framework for International Monetary Policy Analysis. *Journal of Monetary Economics*, 49(5), 879-904.
33. Cobb, C. W., & Douglas, P. H. (1928). A Theory of Production. *American Economic Review*, 18(1), 139-165.
34. Coenen, G., Orphanides, A., & Wieland, V. (2003). Price Stability and Monetary Policy Effectiveness when Nominal Interest Rates are Bounded at Zero. *European Central Bank Working Paper Series No. 231*. Najdeno 17. marca 2015 na spletnem naslovu <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpwps/ecbwp231.pdf>
35. Collard, F., & Juillard, M. (2001). Accuracy of Stochastic Perturbation Methods: The Case of Asset Pricing Models. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 25(6-7), 979-999.
36. Cogan, J. F., Cwik, T., Taylor, J. B., & Wieland, V. (2010). New Keynesian versus Old Keynesian Government Spending Multipliers. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 34(3), 281-295.
37. Cúrdia, V., & Woodford, M. (2009). Credit Frictions and Optimal Monetary Policy. *BIS Working Papers No. 278*. Najdeno 10. marca 2015 na spletnem naslovu <http://www.bis.org/publ/work278.pdf>
38. De Vroey, M., & Malgrange, P. (2011). The History of Macroeconomics from Keynes's General Theory to the Present. *Handbook of the History of Economic Analysis*. Najdeno 16. oktobra 2014 na spletnem naslovu <http://perso.uclouvain.be/michel.devroey/Handb.pdf>
39. Dixit, A. K., & Stiglitz, J. E. (1977). Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity. *The American Economic Review*, 67(3), 297-308.
40. Doh, T. (2010). The Efficiency of Large-Scale Asset Purchases at the Zero Lower Bound, *Federal Reserve Bank of Kansas City Economic Review*. Najdeno 13. aprila 2015 na spletnem naslovu <https://www.kansascityfed.org/publicat/econrev/pdf/10q2doh.pdf>
41. Dotsey, M. (2013). DSGE Models and Their Use in Monetary Policy. *Federal Reserve Bank of Philadelphia Business Review*, Q2, 10-16.
42. Economy Watch (b. l.). Slovenia Economic Statistics and Indicators. Najdeno 25. Maja 2015 na spletnem naslovu <http://www.economywatch.com/economic-statistics/country/Slovenia/>
43. Eggertsson, G. B., & Woodford, M. (2003). Zero Lower Bound on Interest Rates and Optimal Monetary Policy, *Brookings Papers on Economic Activity*, 1(1), 139-233.

44. Eggertsson, G. B. (2006). The Deflation Bias and Committing to Being Irresponsible. *Journal of Money, Credit, and Banking*, 38(2), 283-321.
45. Eggertsson, G. B. (2010). The Paradox of Toil. *Federal Reserve Bank of New York Staff Reports*, 433. Najdeno 5. junija 2015 na spletnem naslovu [http://www.newyorkfed.org/research/staff\\_reports/sr433.pdf](http://www.newyorkfed.org/research/staff_reports/sr433.pdf)
46. Eggertsson, G. B. (2011). What Fiscal Policy is Effective at Zero Interest Rates? V D. Acemoglu & M. Woodford (ur.), *NBER Macroeconomics Annual 2010*, 25(str. 59-112). Chicago: University of Chicago Press.
47. Erceg, C. J., Henderson, D. W., & Levin, A. T. (2000). Optimal Monetary Policy with Staggered Wage and Price Contracts. *Journal of Monetary Economics*, 46(2), 281-314.
48. Erceg, C. J., & Linde, J. (2010). Is There a Fiscal Free Lunch in a Liquidity Trap? *Board of Governors of the Federal Reserve System: International Finance Discussion Papers No. 1003*. Najdeno 23. novembra 2014 na spletnem naslovu <http://www.federalreserve.gov/pubs/ifdp/2010/1003/ifdp1003.pdf>
49. Farhi, E., & Wernig, I. (2012). Fiscal Multipliers: Liquidity Traps and Currency Unions. *NBER Working Paper 18381*. Najdeno 10. marca 2015 na spletnem naslovu <http://www.nber.org/papers/w18381.pdf>
50. Fernández-Villaverde, J. (2010). The Econometrics of DSGE Models. *SERIEs, Journal of the Spanish Economic Association*, 1(1), 3-49.
51. Fernández-Villaverde, J., Gordon, G., Guerrón-Quinatana, P. A., & Rubio-Ramírez, J. F. (2012). Nonlinear Adventures at the Zero Lower Bound. *NBER Working Paper 18058*. Najdeno 13. marca 2015 na spletnem naslovu <http://www.nber.org/papers/w18058.pdf>
52. Flotho, S. (2009). DSGE Models–Solution Strategies. Najdeno 10 marca 2015 na spletnem naslovu [https://www.macro.uni-freiburg.de/publications/research\\_flotho/dsge\\_models](https://www.macro.uni-freiburg.de/publications/research_flotho/dsge_models)
53. Flotho, S. (2014). Fiscal Multipliers in a Monetary Union Under the Zero Lower Bound Constraint. *Macroeconomic Dynamics*. Najdeno 12. marca 2015 na spletnem naslovu [http://www.macro.uni-freiburg.de/publications/research\\_flotho/Fiscal-Multipliers](http://www.macro.uni-freiburg.de/publications/research_flotho/Fiscal-Multipliers)
54. Francis, N., & Ramey, V. A. (2002). Is the Technology-Driven Real Business Cycle Hypothesis Dead? *NBER Working Paper 8726*. Najdeno 27. marca 2015 na spletnem naslovu <http://www.nber.org/papers/w8726.pdf>
55. Friedman, M., & Schwartz, A. (1963). *A Monetary History of the United States, 1867-1960*. Princeton (New Jersey): Princeton University Press.
56. Funke, M., & Paetz, M. (2012). A DSGE-Based Assessment of Nonlinear Loan-to-Value Policies: Evidence from Hong Kong. *Bank of Finland, Institute for Economies in Transition, BOFIT Discussion Papers*. Najdeno 5. oktobra 2014 na spletnem naslovu [http://www.suomenpankki.fi/bofit\\_en/tutkimus/tutkimusjulkaisut/dp/Documents/2012/dp1112.pdf](http://www.suomenpankki.fi/bofit_en/tutkimus/tutkimusjulkaisut/dp/Documents/2012/dp1112.pdf)
57. Galí, J. (1999). Technology, Employment, and the Business Cycle: Do Technology Shocks Explain Aggregate Fluctuations? *American Economic Review*, 89(1), 249-271.
58. Galí, J., & Gertler, M. (1999). Inflation Dynamics: A Structural Econometric Analysis. *Journal of Monetary Economics*, 44(2), 195-222.

59. Galí, J., & Rabanal, P. (2004). Technology Shocks and Aggregate Fluctuations: How Well Does the Real Business Cycle Model Fit Postwar U.S. Data? *IMF Working Paper No. 234*. Najdeno 13. Aprila 2015 na spletnem naslovu <https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2004/wp04234.pdf>
60. Galí, J., & Gertler, M. (2007). Macroeconomic Modeling for Monetary Policy Evaluation. *Journal of Economic Perspectives*, 21(4), 25-45.
61. Galí, J., López-Salido, J. D., & Vallés, J. (2007). Understanding the Effects of Government Spending on Consumption. *Journal of the European Economic Association*, 5(1), 227-270.
62. Galí, J. (2008). *Monetary policy, Inflation and the Business Cycle: An Introduction to New Keynesian Framework*. Oxford: Princeton University Press.
63. Gelain, P. (2010). The External Finance Premium in the Euro Area: A Dynamic Stochastic General Equilibrium Analysis. *European Central Bank Working Paper Series No. 1171*. Najdeno 8. januarja 2015 na spletnem naslovu <https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpwps/ecbwp1171.pdf>
64. Gertler, M., & Karadi, P. (2011). A Model of Unconventional Monetary Policy. *Journal of Monetary Economics*, 58(1), 18-34.
65. Giannoni, M. P. (2007). Robust Optimal Monetary Policy in a Forward-Looking Model with Parameter and Shock Uncertainty. *Journal of Applied Econometrics*, 22(1), 179-213.
66. Goodfriend, M., & King, R. G. (1997). The New Neoclassical Synthesis and the Role of Monetary Policy. V B. S. Bernanke & J. J. Rotemberg (ur.), *NBER Macroeconomics Annual 1997*, 12 (str. 231-296). Cambridge (Massachusetts): The MIT Press.
67. Guerrieri, L., & Iacoviello, L. (2015). Occbin: A Toolkit for Solving Dynamic Models with Occasionally Binding Constraints Easily. *Journal of Monetary Economics*, 70, 22-38.
68. Hamilton, J. D., & Wu, J. C. (2012). The Effectiveness of Alternative Monetary Policy Tools in a Zero Lower Bound Environment, *Journal of Money, Credit and Banking*, 44(1), 3-46.
69. Hancock, D., & Passmore, W. (2011). Did the Federal Reserve's MBS Purchase Program Lower Mortgage Rates. *Journal of Monetary Economics*, 58(5), 498-514.
70. Hansen, A. H. (1953). *A Guide to Keynes*. New York: McGraw Hill.
71. Hicks, J. R. (1937). Mr. Keynes and the Classics. *Econometrica*, 5(2), 147-159.
72. Holden, T. (2010). Products, Patents and Productivity Persistence: A DSGE Model of Endogenous Growth. *University of Oxford Discussion Paper Series*. Najdeno 5. oktobra 2014 na spletnem naslovu [http://www.economics.ox.ac.uk/materials/working\\_papers/paper512.pdf](http://www.economics.ox.ac.uk/materials/working_papers/paper512.pdf)
73. Holden, T., & Paetz M. (2012). Efficient Simulation of DSGE Models with Inequality Constraints. *University of Surrey, Discussion Papers in Economics*. Najdeno 5. oktobra 2014 na spletnem naslovu [http://www.fahs.surrey.ac.uk/economics/discussion\\_papers/2012/DP16-12.pdf](http://www.fahs.surrey.ac.uk/economics/discussion_papers/2012/DP16-12.pdf)
74. Hristov, N. (2011). The Calvo Parameter. Najdeno 12. decembra 2014 na spletnem naslovu [http://www.en.fiwi.econ.uni-muenchen.de/teaching/archive/lectures/2011\\_keynesian/calvo\\_05\\_07\\_2011.pdf](http://www.en.fiwi.econ.uni-muenchen.de/teaching/archive/lectures/2011_keynesian/calvo_05_07_2011.pdf)

75. Inada, K. (1963). On a Two-Sector Model of Economic Growth: Comments and a Generalization. *The Review of Economic Studies*, 30(2), 119-127.
76. Judd, K. L. (1998). *Numerical Methods in Economics*. Cambridge (Massachusetts): The MIT Press.
77. Jung, T., Teranishi, Y., & Watanabe, T. (2005). Optimal Monetary Policy at the Zero-Interest-Rate Bound. *Journal of Money, Credit and Banking*, 37(5), 813-835.
78. Kato, R., & Nishiyama, S. I. (2005). Optimal Monetary Policy When Interest Rates Are Bounded at Zero. *Journal Economic Dynamics and Control*, 29(1-2), 97-133.
79. King, R. G., & Watson, M. W. (1998). The Solution of Singular Linear Difference System Under Rational Expectations. *Internal Economic Review*, 39(4), 1015-1026.
80. Klein, L. R., & Goldberger, A. (1955). *An Econometric Model of the United States, 1929-1952*, Amsterdam: New Holland.
81. Klein, P. (2000). Using the Generalized Schur Form to Solve a Multivariate Linear Rational Expectations Model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 24(10), 1405-1423.
82. Kliem, M., & Kriwoluzky, A. (2010). Implementable Fiscal Policy Rules. Najdeno 25. Marca 2015 na spletnem naslovu [http://www.dynare.org/DynareConference2010/Kliem\\_kriwoluzky.pdf](http://www.dynare.org/DynareConference2010/Kliem_kriwoluzky.pdf)
83. Krishnamurthy, A., & Vissing-Jorgensen, A. (2011). The Effects of Quantitative Easing on Interest Rates: Channels and Implications for Policy. *Brookings Papers on Economic Activity*, 2, 215-287.
84. Kydland, F. E., & Prescott, E. C. (1982). Time to Build and Aggregate Fluctuations. *Econometrica*, 50(6), 1345-1370.
85. Lane, P. R., & Ganelli, G. (2003). Dynamic General Equilibrium Analysis: the Open Economy Dimension. V S. Altug, J. S. Chadha & C. Nolan (ur.), *Dynamic Macroeconomic Analysis: Theory and Policy in General Equilibrium*. Cambridge: Cambridge University Press.
86. Ljungqvist, L., & Sargent, T. J. (2004). *Recursive Macroeconomic Theory* (2<sup>nd</sup> ed.). Cambridge (Massachusetts): The MIT Press.
87. Lucas, R. E. (1976). Econometric Policy Evaluations: A Critique. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 1, 19-46.
88. Lucas, R. E. (1990). Supply-Side Economics: An Analytical Review. *Oxford Economic Papers*, 42(2), 293-316.
89. Mancini Griffoli, T. (2013). DYNARE User Guide: An Introduction to the Solution & Estiamtion of DSGE Models. Najdeno 4. novembra 2014 na spletnem naslovu <http://www.dynare.org/documentation-and-support/user-guide/Dynare-UserGuide-WebBeta.pdf>
90. Mankiw, N. G. (1989). Real Business Cycles: A New Keynesian Perspective. *Journal of Economics Perspectives*, 3(3), 79-90.
91. Mankiw, N. G., & Romer D. (1991). *New Keynesian Economics*. Cambridge (Massachusetts): The MIT Press.



92. Mankiw, N. G. (2000). The Savers-Spenders Theory of Fiscal Policy. *The American Economic Review*, 90(2), 120-125.
93. Mankiw, N. G., & Reis, R. (2002). Sticky Information versus Sticky Prices: A Proposal to Replace the New Keynesian Phillips Curve. *Quarterly Journal of Economics*, 117(4), 1295-1328.
94. Mankiw, N. G. (2006). The Macroeconomist as Scientist and Engineer. *Journal of Economic Perspectives*, 20(4), 29-46.
95. Mankiw, N. G. (2014). *Principles of Microeconomics*. Stamford: Cengage Learning
96. Masten, I. (2010). Dinamični stohastični model splošnega ravnovesja Slovenije. SLODSGE 1.0. Najdeno 18. aprila 2015 na spletnem naslovu <http://www.dlib.si/?URN=URN:NBN:SI:DOC-FVPZR20C>
97. McCandless, G. (2008). *The ABCs of RBCs: An Introduction to Dynamic Macroeconomic Models*. Cambridge: Harvard University Press.
98. Modigliani, F. (1944). Liquidity Preference and the Theory of Interest and Money. *Econometrica*, 12(1), 45-88.
99. Muth, J. (1961). Rational Expectations and the Theory of Price Movements. *Econometrica*, 29(3), 315-335.
100. Nakov, A. (2008). Optimal and Simple Monetary Policy Rules with the Zero Floor on the Nominal Interest Rates. *International Journal of Central Banking*, June, 73-127.
101. Natalucci, F., & Ravenna, F. (2002). The Road to Adopting the Euro: Monetary Policy and Exchange Rate Regimes in EU Candidate Countries *Board of Governors of the Federal Reserve System: International Finance Discussion Papers No. 741*. Najdeno 19. februarja 2015 na spletnem naslovu <http://www.federalreserve.gov/pubs/ifdp/2002/741/ifdp741.pdf>
102. Neely, C. J. (2014). How Persistent Are Monetary Policy Effects at the Zero Lower Bound? *Federal Reserve Bank of St. Louis Working Paper 2014-004B*. Najdeno 3. maja 2015 na spletnem naslovu <https://research.stlouisfed.org/wp/2014/2014-004.pdf>
103. Phillips, A. W. (1958). The Relationship Between Unemployment and the Rate of Change of Money Wages in the United Kingdom, 1861-1957. *Economica*, 25(100), 283-299.
104. Prašnikar, J., Domadenik, P., & Koman, M. (2008). *Mikroekonomija*. Ljubljana: GV Založba.
105. Rabanal, P. (2007). Does Inflation Increase After a Monetary Policy Tightening? Answers Based on an Estimated DSGE Model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 31, 906-937.
106. Rebelo, S. (2005). Real Business Cycle Models: Past, Present and Future. *Scandinavian Journal of Economics*, 107(2), 217-238.
107. Rešitve prve domače naloge (2004). Najdeno 10. oktobra 2014 na spletnem naslovu [http://www.sfu.ca/~bkrauth/econ808/808\\_hw1a.pdf](http://www.sfu.ca/~bkrauth/econ808/808_hw1a.pdf)
108. Romer, D. (2011). *Advanced Macroeconomics* (4<sup>th</sup> ed.). New York: McGraw-Hill Education.
109. Rotemberg, J. J. (1982). Sticky Prices in the United States. *Journal of Political Economy*, 90(6), 1187-1211.

110. Rotemberg, J. J., & Woodford, M. (1992). Oligipolistic Pricing and the Effects of Aggregate Demand on Economic Activity. *Journal of Political Economy*, 100(6), 1153-1207.
111. Ruge-Murcia, F. J. (2005). Methods to Estimate Dynamic Stochastic General Equilibrium Models. Najdeno 6. marca 2015 na spletnem naslovu <http://www.econ.yale.edu/~gjh9/econ526b/Methods3.pdf>
112. Samuelson, P., & Solow, R. (1960). Analytical Aspects of Anti-Inflation Policy. *American Economics Review*, 50(2), 177-194.
113. Samuelson, P., & Nordhaus, W. D. (2002). *Ekonomija*. Ljubljana: GV Založba.
114. Sbordone, A. M., Tambalotti, A., Rao, K., & Walsh, K. (2010) Policy Analysis Using DSGE Models: An Introduction. *FBRJ Economic Policy Review*, 16(2), 23-43.
115. Schmitt-Grohe, S., & Uribe, M. (2004). Solving Dynamic General Equilibrium Models Using a Second-Order Approximation to the Policy Function. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 28(4), 755-775.
116. Senjur, M. (2001). *Makroekonomija*. Maribor: Založba MER-MER Evrocenter.
117. Sims, C. (2002). Solving Linear Rational Expectations Models. *Computational Economics*, 20(1-2), 1-20.
118. Slanicay, M. (2014). Some Notes on Historical, Theoretical, and Empirical Background of DSGE Models. *Review of Economic Perspectives-Národohospodárský Obzor*, 14(2), 145-164.
119. Slobodyan, S., & Wouters, R. (2012). Learning in an Estimated Medium Scale DSGE Model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 36(1), 26-46.
120. Smets, F., & Wouters, R. (2003). An Estimated Dynamic Stochastic General Equilibrium Model of the Euro Area. *Journal of the European Economic Association*, 1(5), 1123-1175
121. Smets, F., & Wouters, R. (2007). Shocks and Frictions in US Business Cycles: A Bayesian DSGE Approach. *The American Economic Review*, 97(3), 586-606.
122. Söderlind, P. (1999). Solution and Estimation of RE Macromodels with Optimal Policy. *European Economic Review*, 43(1), 813-823.
123. Sušjan, A. (2006a). *Izbrana poglavja iz politične ekonomije*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
124. Sušjan, A. (2006b). *Zgodovina ekonomske misli*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
125. Swanson, E. T., & Williams, J. C. (2014). Measuring the Effect of the Zero Lower Bound On Medium-and Longer- Term Interest Rates. *American Economic Review*, 104(10), 3154-3185.
126. *Taylor Rule Says That The Fed Should Be Tightening Now*. Najdeno 5. maja 2015 na spletnem naslovu <http://www.zerohedge.com/news/taylor-rule-says-fed-should-be-tightening-now>
127. Taylor, J. B. (1993). Discretion versus Policy Rules in Practice. *Carnegie-Rochester Conferences Series on Public Policy*, 39, 195-214.
128. Tovar, E. C. (2009). DSGE Models and Central Banks. *Economics: The Open-Access, Open Assessment E-Journal*, 3(16) Najdeno 21. Februarja 2015 na spletnem naslovu <http://www.economics-ejournal.org/economics/journalarticles/2009-16>

129. Uhlig, H. (1999). A Toolkit for Analysing Nonlinear Dynamic Stochastic Models Easily. Najdeno 12. maja 2015 na spletnem naslovu <http://www.sfu.ca/~kkasa/uhlig1.pdf>
130. Villemot, S. (2011). Solving Rational Expectations Models at First Order: What Dynare Does. *Working Paper 2*. Najdeno 18. oktobra 2014 na spletnem naslovu <http://www.dynare.org/wp-repo/dynarewp002.pdf>
131. Walsh, C. E. (2005). Labour Market Search, Sticky Prices and Interest Rate Rules. *Review of Economic Dynamics*, 8(4), 829-849.
132. Walsh, C. E. (2010). *Monetary Theory and Policy* (3<sup>th</sup> ed.). Cambridge (Massachusetts): The MIT Press.
133. Wickens, M. (2008). *Macroeconomic Theory: A Dynamic General Equilibrium Approach*. Princeton (New Jersey): Princeton University Press.
134. Woodford, M. (2003). *Interest and Prices: Foundations of a Theory of Monetary Policy*. Princeton & Oxford: Princeton University Press.
135. Woodford, M. (2009). Convergence in Macroeconomics: Elements of the New Synthesis. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 1(1), 267-279.
136. Woodford, M. (2011). Simple Analytics of the Government Expenditure Multiplier. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 3(1), 1-35.
137. World Bank (b. 1.). Household final consumption expenditure, etc. (% of GDP) Najdeno 25. Maja 2015 na spletnem naslovu <http://data.worldbank.org/indicator/NE.CON.PETC.ZS>
138. Wright, J. H. (2011). What does Monetary Policy do to Long-term Interest Rates at the Zero Lower Bound? *NBER Working Paper 17154*. Najdeno 5. februarja 2015 na spletnem naslovu <http://www.nber.org/papers/w17154.pdf>
139. Yogo, M. (2004). Estimating the Elasticity of Intertemporal Substitution When Instruments are Weak, *Review of Economics and Statistics*, 86(3), 797-810.
140. Yun, T. (1996). Nominal Price Rigidity, Money Supply Endogeneity, and Business Cycles. *Journal of Monetary Economics*, 37(2), 345-370.
141. Zietz, J. (2008). A Clarifying Note on Converting to Log-Deviations from Steady State. *Economics Bulletin*, 3(50), 1-15. Najdeno 13. maja 2015 na spletnem naslovu <http://www.accessecon.com/pubs/EB/2008/Volume3/EB-08C60004A.pdf>



## **PRILOGE**



## KAZALO PRILOG

<b>PRILOGA 1: PODROBNA IZPELJAVA MODELA</b> .....	1
<b>PRILOGA 2: LOG-LINEARIZACIJA MODELA</b> .....	15
<b>PRILOGA 3: PODROBNA IZPELJAVA BLANCHARD-KAHNOVE METODE IN POSPLOŠENE SCHUROVE DEKOMPOZICIJE</b> .....	28
<b>PRILOGA 4: IMPULZNI ODZIVI SPREMENLJIVK NA POSAMEZNE ŠOKE PRI VIŠJIH VREDNOSTIH VZTRAJNOSTNIH PARAMETROV</b> .....	33





## Priloga 1: Podrobna izpeljava modela

Priloga 1 prikazuje podrobno izpeljavo enačb, ki se nahajajo v prvih štirih podpoglavjih 3. poglavja magistrskega dela.

### ➤ Gospodinjstva

Reprezentativno gospodinjstvo izbira  $\left\{ C_{t+i}, C_{t+i}(z), N_{t+i}, K_{t+i}, I_{t+i}, u_{t+i} \frac{M_{t+i}}{P_{t+i}}, \frac{B_{t+i}}{P_{t+i}} \right\}_{i=1}^{\infty}$  tako, da maksimizira pričakovano življenjsko funkcijo koristnosti:

$$E_t \sum_{i=0}^{\infty} \beta^i \left[ \frac{\chi_t}{1-\gamma} C_{t+i}^{1-\gamma} + \frac{a_m}{1-\gamma_m} \left( \frac{M_{t+i}}{P_{t+i}} \right)^{1-\gamma_m} - \frac{a_n}{1+\gamma_n} N_{t+i}^{1+\gamma_n} \right], \quad (1)$$

kjer  $\chi_t$  predstavim z  $AR(1)$  procesom:

$$\ln \chi_t = (1-\rho_\chi) \ln \chi + \rho_\chi \ln \chi_{t-1} + \epsilon_t^\chi. \quad (2)$$

Pri svojem početju je omejeno s proračunsko omejitvijo, ki že vsebuje davčno enačbo, in dinamiko kapitala:

$$C_t + I_t = (1-\tau) \frac{W_t}{P_t} N_t + [r_t^K u_t - \Psi(u_t)] K_t + \Pi_t - \frac{M_t - M_{t-1}}{P_t} - \frac{\frac{1}{1+i_t} B_t - B_{t-1}}{P_t}, \quad (3)$$

$$K_{t+1} = (1-\delta) K_t + \left[ 1 - F \left( \frac{I_t}{I_{t-1}} \right) \right] I_t. \quad (4)$$

Maksimizacijski problem lahko predstavim z Lagrangovo funkcijo:

$$\mathcal{L} = E_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left\{ + \lambda_t \left[ \begin{aligned} & \frac{\chi_t}{1-\gamma} C_t^{1-\gamma} + \frac{a_m}{1-\gamma_m} \left( \frac{M_t}{P_{t+i}} \right)^{1-\gamma_m} - \frac{a_n}{1+\gamma_n} N_t^{1+\gamma_n} + \\ & \left[ (1-\tau) \frac{W_t}{P_t} N_t + [r_t^K u_t - \Psi(u_t)] K_t + \Pi_t - \right. \\ & \left. - \frac{M_t - M_{t-1}}{P_t} - \frac{\frac{1}{1+i_t} B_t - B_{t-1}}{P_t} - C_t - I_t \right] \\ & + \lambda_t^K \left[ (1-\delta) K_t + \left[ 1 - F \left( \frac{I_t}{I_{t-1}} \right) \right] I_t - K_{t+1} \right] \end{aligned} \right\} + \dots \quad (5)$$

$\lambda_t$  in  $\lambda_t^K$  sta Lagrangova multiplikatorja, vezana na proračunsko omejitev in enačbo dinamike kapitala. Na vrsti je izpeljava pogojev prvega reda za vse spremenljivke, ob katerih reprezentativno gospodinjstvo maksimizira svojo koristnost.

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial C_t} : \chi_t C_t^{-\gamma} - \lambda_t = 0, \quad (6)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial N_t} : -a_n N_t^{\gamma_n} + \lambda_t (1-\tau) \frac{W_t}{P_t} = 0, \quad (7)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \frac{B_t}{P_t}} : -\lambda_t \left( \frac{1}{1+i_t} \right) + \beta E_t \left( \lambda_{t+1} \frac{P_t}{P_{t+1}} \right) = 0, \quad (8)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \frac{M_t}{P_t}} : a_m \left( \frac{M_t}{P_t} \right)^{-\gamma_m} - \lambda_t + \beta E_t \left( \lambda_{t+1} \frac{P_t}{P_{t+1}} \right) = 0, \quad (9)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial K_{t+1}} : \beta E_t \left[ \lambda_{t+1} (r_{t+1}^K u_{t+1} - \Psi(u_{t+1})) \right] - \lambda_t^K + \beta E_t \left[ \lambda_{t+1}^K (1-\delta) \right] = 0, \quad (10)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial I_t} : -\lambda_t + \lambda_t^K \left[ 1 - F \left( \frac{I_t}{I_{t-1}} \right) - F' \left( \frac{I_t}{I_{t-1}} \right) \frac{I_t}{I_{t-1}} \right] + \beta E_t \left[ \lambda_{t+1}^K F' \left( \frac{I_{t+1}}{I_t} \right) \left( \frac{I_{t+1}}{I_t} \right)^2 \right] = 0, \quad (11)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial u_t} : \lambda_t \left[ r_t^K K_t - \Psi'(u_t) K_t \right] = 0. \quad (12)$$

Z združitvijo enačb (6) in (7) dobim implicitno ponudbo dela:

$$\chi_t C_t^{-\gamma} = \frac{a_n N_t^{\gamma_n}}{(1-\tau) \frac{W_t}{P_t}}, \quad (13)$$

$$\frac{W_t}{P_t} = \frac{a_n N_t^{\gamma_n}}{\chi_t C_t^{-\gamma} (1-\tau)}. \quad (14)$$

S kombinacijo enačb (6) in (8) pridobim Eulerjevo enačbo za potrošnjo:

$$\chi_t C_t^{-\gamma} \left( \frac{1}{1+i_t} \right) = \beta E_t \left( \chi_{t+1} C_{t+1}^{-\gamma} \frac{P_t}{P_{t+1}} \right), \quad (15)$$

$$C_t^{-\gamma} = \beta E_t \left[ \frac{\chi_{t+1}}{\chi_t} C_{t+1}^{-\gamma} (1+i_t) \frac{P_t}{P_{t+1}} \right]. \quad (16)$$

Kombinacija izrazov (6) in (9) mi prinese:

$$a_m \left( \frac{M_t}{P_t} \right)^{-\gamma_m} = \chi_t C_t^{-\gamma} - \beta E_t \left( \chi_{t+1} C_{t+1}^{-\gamma} \frac{P_t}{P_{t+1}} \right). \quad (17)$$

Če v enačbi (17) uporabim izraz (15) dobim Eulerjevo enačbo za realne denarne blagajne oziroma funkcijo povpraševanja po denarju, ki pa je ravnovesju odveč, saj je nadomeščena s Taylorjevim pravilom:

$$a_m \left( \frac{M_t}{P_t} \right)^{-\gamma_m} = \chi_t C_t^{-\gamma} - \chi_t C_t^{-\gamma} \left( \frac{1}{1+i_t} \right), \quad (18)$$

$$a_m \left( \frac{M_t}{P_t} \right)^{-\gamma_m} = \chi_t C_t^{-\gamma} \left( 1 - \frac{1}{1+i_t} \right), \quad (19)$$

$$\frac{i_t}{1+i_t} = \frac{a_m \left( \frac{M_t}{P_t} \right)^{-\gamma_m}}{\chi_t C_t^{-\gamma}}. \quad (20)$$

Razmerje med Lagrangovima multiplikatorjema lahko izrazim kot Tobinovo q razmerje  $q_t = \frac{\lambda_t^K}{\lambda_t}$ , s čimer dobim preurejeno enačbo za kapital:

$$q_t \lambda_t = \beta E_t \left[ \lambda_{t+1} \left( r_{t+1}^K u_{t+1} - \Psi(u_{t+1}) \right) \right] + \beta E_t \left[ q_{t+1} \lambda_{t+1} (1-\delta) \right], \quad (21)$$

$$q_t = \beta E_t \left\{ \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} \left[ r_{t+1}^K u_{t+1} - \Psi(u_{t+1}) + (1-\delta) q_{t+1} \right] \right\}. \quad (22)$$

Uporaba Tobinovega q razmerja v enačbi (11) mi ponudi sledeč izraz:

$$-\lambda_t + q_t \lambda_t \left[ 1 - F \left( \frac{I_t}{I_{t-1}} \right) - F' \left( \frac{I_t}{I_{t-1}} \right) \frac{I_t}{I_{t-1}} \right] + \beta E_t \left[ \lambda_{t+1} q_{t+1} F' \left( \frac{I_{t+1}}{I_t} \right) \left( \frac{I_{t+1}}{I_t} \right)^2 \right] = 0. \quad (23)$$

Po deljenju enačbe (23) z  $\lambda_t$  dobim izraz za investicije:

$$1 = q_t \left[ 1 - F \left( \frac{I_t}{I_{t-1}} \right) - F' \left( \frac{I_t}{I_{t-1}} \right) \frac{I_t}{I_{t-1}} \right] + \beta E_t \left[ \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} q_{t+1} F' \left( \frac{I_{t+1}}{I_t} \right) \left( \frac{I_{t+1}}{I_t} \right)^2 \right]. \quad (24)$$

Zadnjo enačbo v bloku povpraševanja, ki predstavlja optimalno stopnjo izkoriščenosti kapitala, dobim s preureditvijo izraza (12):

$$r_t^K = \Psi'(u_t). \quad (25)$$

### ➤ Proizvajalci končnih in vmesnih dobrin

Izpeljavo enačb v ponudbenem bloku pričnjam na strani proizvajalcev končnih dobrin. Producerska funkcija teh podjetij je določena z Dixit-Stiglitzovim agregatorjem:

$$Y_t^f = \left[ \int_0^1 Y_t^f(z)^{\frac{\varepsilon_t-1}{\varepsilon_t}} dz \right]^{\frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_t-1}}. \quad (26)$$

Dinamiko v tem delu gospodarstva določa šok, ki vpliva na elastičnost substitucije, enačbo zanj pa opišem z AR(1) procesom:

$$\ln \varepsilon_t = (1 - \rho_\varepsilon) \ln \varepsilon + \rho_\varepsilon \ln \varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t^\varepsilon. \quad (27)$$

Nadalje lahko iz izraza (27) dobim proces, ki opisuje vpliv na stroške podjetij tako da upoštevam  $\xi_t = -\varepsilon_t$ :

$$\ln \xi_t = (1 - \rho_\xi) \ln \xi + \rho_\xi \ln \xi_{t-1} + \varepsilon_t^\xi. \quad (28)$$

Proizvajalci končnih dobrin sprejemajo cene na trgu kot dane in pri tem zasledujejo naslednji optimizacijski cilj:

$$\min_{Y_t^f(z)} \int_0^1 Y_t^f(z) P_t(z) dz. \quad (29)$$

Pri svojem proizvodnem procesu so omejeni na sledeč način:

$$\left[ \int_0^1 Y_t^f(z)^{\frac{\varepsilon_t-1}{\varepsilon_t}} dz \right]^{\frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_t-1}} \geq \bar{Y}. \quad (30)$$

Optimizacijski proces proizvajalcev končnih dobrin lahko ponovno izrazim z Lagrangovo funkcijo:

$$\mathcal{L} = \int_0^1 Y_t^f(z) P_t(z) dz - \lambda \left( \left[ \int_0^1 Y_t^f(z)^{\frac{\varepsilon_t-1}{\varepsilon_t}} dz \right]^{\frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_t-1}} - \bar{Y} \right), \quad (31)$$

pri čemer potrebujem pogoj prvega glede na  $Y_t^f(z)$ .

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial Y_t^f(z)} : P_t(z) - \lambda \left( \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_t-1} \left[ \int_0^1 Y_t^f(z)^{\frac{\varepsilon_t-1}{\varepsilon_t}} dz \right]^{\frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_t-1}-1} \frac{\varepsilon_t-1}{\varepsilon_t} Y_t^f(z)^{\frac{\varepsilon_t-1}{\varepsilon_t}-1} \right) = 0, \quad (32)$$

$$P_t(z) = \lambda \frac{\left[ \int_0^1 Y_t^f(z)^{\frac{\varepsilon_t-1}{\varepsilon_t}} dz \right]^{\frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_t-1}}}{\int_0^1 Y_t^f(z)^{\frac{\varepsilon_t-1}{\varepsilon_t}} dz} Y_t^f(z)^{-\frac{1}{\varepsilon_t}}. \quad (33)$$

Če sedaj v enačbi (33) opredelim  $Y_t^f = \left[ \int_0^1 Y_t^f(z)^{\frac{\varepsilon_t-1}{\varepsilon_t}} dz \right]^{\frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_t-1}}$  in  $Y_t^{f \frac{\varepsilon_t-1}{\varepsilon_t}} = \int_0^1 Y_t^f(z)^{\frac{\varepsilon_t-1}{\varepsilon_t}} dz$ , dobim sledeč izraz:

$$\begin{aligned} P_t(z) &= \lambda \frac{Y_t^f}{Y_t^{f \frac{\varepsilon_t-1}{\varepsilon_t}}} Y_t^f(z)^{-\frac{1}{\varepsilon_t}} \\ &= \lambda Y_t^{f \frac{1}{\varepsilon_t}} Y_t^f(z)^{-\frac{1}{\varepsilon_t}} \end{aligned}, \quad (34)$$

$$P_t(z) = \lambda \left( \frac{Y_t^f(z)}{Y_t^f} \right)^{-\frac{1}{\varepsilon_t}}. \quad (35)$$

Da dobim vrednost Lagrangovega multiplikatorja, pomnožim enačbo (35) z  $\int_0^1 Y_t^f(z) dz$  in jo hkrati delim z  $Y_t^f$ :

$$\frac{1}{Y_t^f} \int_0^1 Y_t^f(z) P_t(z) dz = \lambda \int_0^1 \left( \frac{Y_t^f(z)}{Y_t^f} \right)^{-\frac{1}{\varepsilon_t}} \frac{Y_t^f(z)}{Y_t^f} dz, \quad (36)$$

$$\frac{1}{Y_t^f} \int_0^1 Y_t^f(z) P_t(z) dz = \lambda \frac{1}{Y_t^f \varepsilon_t} \int_0^1 Y_t^f(z)^{\frac{\varepsilon_t-1}{\varepsilon_t}} dz. \quad (37)$$

Z upoštevanjem dejstva, da je  $Y_t^f \frac{\varepsilon_t-1}{\varepsilon_t} = \int_0^1 Y_t^f(z)^{\frac{\varepsilon_t-1}{\varepsilon_t}} dz$ , lahko dodatno preoblikujem izraz (37):

$$\frac{1}{Y_t^f} \int_0^1 Y_t^f(z) P_t(z) dz = \lambda, \quad (38)$$

pri čemer velja, da  $E_t^f = \int_0^1 Y_t^f(z) P_t(z) dz$  predstavlja celotne stroške podjetja. Enačba (38) se s tem dodatno poenostavi na:

$$\frac{1}{Y_t^f} E_t^f = \lambda. \quad (39)$$

Kot sem že omenil, se proizvajalci končnih dobrin obnašajo na trgu kot popolni konkurenti, kar pomeni, da morajo biti celotni stroški proizvodnje enaki celotni vrednosti prodanih dobrin oziroma:

$$E_t^f = P_t Y_t^f. \quad (40)$$

Kombinacija enačb (39) in (40) pripelje do dejstva, da je:

$$\lambda = P_t. \quad (41)$$

Uporaba izraza za Lagrangov multiplikator (41) v enačbi (35) me pripelje do individualne funkcije povpraševanja po dobrini  $z$ :

$$P_t(z) = P_t \left( \frac{Y_t^f(z)}{Y_t^f} \right)^{-\frac{1}{\varepsilon_t}}, \quad (42)$$

$$Y_t^f(z)^{\frac{1}{\varepsilon_t}} = \frac{P_t(z)}{P_t} Y_t^f \frac{1}{\varepsilon_t}, \quad (43)$$

$$Y_t^f(z) = Y_t^f \left( \frac{P_t(z)}{P_t} \right)^{-\varepsilon_t}. \quad (44)$$

Tržno povpraševanja po vmesni dobrini  $z$  dobim z integriranjem enačbe (44):

$$Y_t(z) = \int_0^1 Y_t^f(z) df. \quad (45)$$

Za pridobitev končnega izraza kombiniram enačbi (44) in (45):

$$Y_t(z) = \int_0^1 Y_t^f \left( \frac{P_t(z)}{P_t} \right)^{-\varepsilon_t} df, \quad (46)$$

$$Y_t(z) = \left( \frac{P_t(z)}{P_t} \right)^{-\varepsilon_t} \int_0^1 Y_t^f df, \quad (47)$$

$$Y_t(z) = \left( \frac{P_t(z)}{P_t} \right)^{-\varepsilon_t} Y_t. \quad (48)$$

Za konec opredelim še agregatno raven cen v gospodarstvu, ki jo bom potreboval nekoliko kasneje. Določena je kot minimalni strošek proizvodnje ene enote proizvoda:

$$P_t = \int_0^1 P_t(z) Y_t(z) dz. \quad (49)$$

Minimizacija poteka z obzirom na:

$$Y_t = 1. \quad (50)$$

Z združitvijo enačb (48) in (49) dobim:

$$P_t = \int_0^1 P_t(z) \left( \frac{P_t(z)}{P_t} \right)^{-\varepsilon_t} Y_t dz, \quad (51)$$

oziroma po upoštevanju  $Y_t = 1$ :

$$P_t = \int_0^1 P_t(z) \left( \frac{P_t(z)}{P_t} \right)^{-\varepsilon_t} dz, \quad (52)$$

$$P_t P_t^{-\varepsilon_t} = \int_0^1 P_t(z) (P_t(z))^{-\varepsilon_t} dz, \quad (53)$$

$$P_t^{1-\varepsilon_t} = \int_0^1 P_t(z)^{1-\varepsilon_t} dz, \quad (54)$$

$$P_t = \left[ \int_0^1 P_t(z)^{1-\varepsilon_t} dz \right]^{\frac{1}{1-\varepsilon_t}}. \quad (55)$$

Izpeljavo enačb ponudbenega bloka nadaljujem s proizvajalci vmesnih dobrin. Vsak proizvajalec vmesne dobrine z izbere takšno količino dela  $N_t(z)$  in kapitala  $K_t(z)$ , da minimizira svoje celotne stroške, predstavljene s sledečo funkcijo:

$$TC_t = \frac{W_t}{P_t} N_t(z) + r_t^K (u_t K_t(z)). \quad (56)$$

Ob tem je vsako podjetje omejeno s svojo proizvodnjo tehnologijo:

$$Y_t(z) = A_t (u_t K_t(z))^\alpha N_t^{1-\alpha}(z), \quad (57)$$

pri čemer  $A_t$  sledi  $AR(1)$  procesu:

$$\ln A_t = (1 - \rho_A) \ln A + \rho_A \ln A_{t-1} + \epsilon_t^A. \quad (58)$$

Optimizacijski problem proizvajalcev vmesnih dobrin lahko ponovno izrazim z Lagrangovo funkcijo:

$$\mathcal{L} = \frac{W_t}{P_t} N_t(z) + r_t^K K_t(z) - \lambda \left[ A_t (u_t K_t(z))^\alpha N_t^{1-\alpha}(z) - Y_t(z) \right]. \quad (59)$$

Sledi izpeljava pogojev prvega reda glede na delo in kapital:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial N_t(z)} : \frac{W_t}{P_t} - \lambda \left[ (1 - \alpha) A_t (u_t K_t(z))^\alpha N_t^{-\alpha}(z) \right] = 0, \quad (60)$$

$$\lambda = \frac{\frac{W_t}{P_t}}{(1 - \alpha) A_t (u_t K_t(z))^\alpha N_t^{-\alpha}(z)}, \quad (61)$$

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial K_t(z)} : r_t^K u_t - \lambda \left[ \alpha A_t u_t^\alpha K_t^{\alpha-1}(z) N_t^{1-\alpha}(z) \right] = 0, \quad (62)$$

$$\lambda = \frac{r_t^K u_t}{\alpha A_t u_t^\alpha K_t^{\alpha-1}(z) N_t^{1-\alpha}(z)}. \quad (63)$$

Z združitvijo enačb (61) in (63) dobim optimalno razmerje med realno plači in donosnostjo na kapital v ravnovesju:

$$\frac{\frac{W_t}{P_t}}{r_t^K u_t} = \frac{(1 - \alpha) A_t u_t^\alpha K_t^\alpha(z) N_t^{-\alpha}(z)}{\alpha A_t u_t^\alpha K_t^{\alpha-1}(z) N_t^{1-\alpha}(z)}, \quad (64)$$

$$\frac{\frac{W_t}{P_t}}{r_t^K} = \frac{(1 - \alpha) u_t K_t(z)}{\alpha N_t(z)}. \quad (65)$$

Iz enačbe (65) lahko izrazim  $N_t(z)$ , da dobim:

$$N_t(z) = u_t K_t(z) \frac{(1-\alpha) r_t^K}{\alpha \frac{W_t}{P_t}}. \quad (66)$$

Kombinacija izrazov (57) in (66) me nadalje pripelje do:

$$Y_t(z) = A_t (u_t K_t(z))^\alpha \left( u_t K_t(z) \frac{(1-\alpha) r_t^K}{\alpha \frac{W_t}{P_t}} \right)^{1-\alpha}, \quad (67)$$

$$Y_t(z) = A_t u_t^\alpha K_t^\alpha(z) u_t^{1-\alpha} K_t^{1-\alpha}(z) \left( \frac{(1-\alpha)}{\alpha} \right)^{1-\alpha} \left( \frac{r_t^K}{\frac{W_t}{P_t}} \right)^{1-\alpha}, \quad (68)$$

$$Y_t(z) = A_t u_t K_t(z) \left( \frac{(1-\alpha)}{\alpha} \right)^{1-\alpha} \left( \frac{r_t^K}{\frac{W_t}{P_t}} \right)^{1-\alpha}. \quad (69)$$

Če izrazim  $K_t(z)$  iz enačbe (69) dobim funkcijo povpraševanja po kapitalu s strani posameznega podjetja:

$$K_t(z) = \frac{Y_t(z)}{A_t u_t \left( \frac{(1-\alpha)}{\alpha} \right)^{1-\alpha} \left( \frac{r_t^K}{\frac{W_t}{P_t}} \right)^{1-\alpha}}. \quad (70)$$

Nadalje lahko izraz (70) vstavim v (66) in dobim funkcijo povpraševanja po delu s strani posameznega podjetja:

$$N_t(z) = u_t \frac{Y_t(z)}{A_t u_t \left( \frac{(1-\alpha)}{\alpha} \right)^{1-\alpha} \left( \frac{r_t^K}{\frac{W_t}{P_t}} \right)^{1-\alpha}} \frac{(1-\alpha) r_t^K}{\alpha \frac{W_t}{P_t}}, \quad (71)$$

$$N_t(z) = \frac{Y_t(z)}{A_t} \left( \frac{(1-\alpha)}{\alpha} \right)^\alpha \left( \frac{r_t^K}{\frac{W_t}{P_t}} \right)^\alpha. \quad (72)$$

Sedaj lahko enačbi (70) in (72) uporabim v izrazu (56), da dobim celotne stroške posameznega podjetja:



$$TC_t = \frac{W_t}{P_t} \frac{Y_t(z)}{A_t} \left( \frac{1-\alpha}{\alpha} \right)^\alpha \left( \frac{r_t^K}{\frac{W_t}{P_t}} \right)^\alpha + r_t^K u_t \frac{Y_t(z)}{A_t u_t \left( \frac{(1-\alpha)}{\alpha} \right)^{1-\alpha} \left( \frac{r_t^K}{\frac{W_t}{P_t}} \right)^{1-\alpha}}, \quad (73)$$

$$TC_t = \frac{W_t}{P_t} \frac{Y_t(z)}{A_t} \left( \frac{1-\alpha}{\alpha} \right)^\alpha \left( \frac{r_t^K}{\frac{W_t}{P_t}} \right)^\alpha + r_t^K \frac{Y_t(z)}{A_t \left( \frac{(1-\alpha)}{\alpha} \right)^{1-\alpha} \left( \frac{r_t^K}{\frac{W_t}{P_t}} \right)^{1-\alpha}}. \quad (74)$$

Mejne stroške posameznega podjetja dobim tako, da izpeljem pogoj prvega reda glede na  $Y_t(z)$ :

$$S_t = \frac{\partial TC_t}{\partial Y_t(z)} = \frac{W_t}{P_t} \frac{1}{A_t} \left( \frac{(1-\alpha)}{\alpha} \right)^\alpha \left( \frac{r_t^K}{\frac{W_t}{P_t}} \right)^\alpha + r_t^K \frac{1}{A_t} \left( \frac{(1-\alpha)}{\alpha} \right)^{\alpha-1} \left( \frac{r_t^K}{\frac{W_t}{P_t}} \right)^{\alpha-1}, \quad (75)$$

$$S_t = \frac{1}{A_t} \left[ \frac{W_t}{P_t} \left( \frac{(1-\alpha)}{\alpha} \right)^\alpha \left( \frac{r_t^K}{\frac{W_t}{P_t}} \right)^\alpha + r_t^K \left( \frac{(1-\alpha)}{\alpha} \right)^{\alpha-1} \left( \frac{r_t^K}{\frac{W_t}{P_t}} \right)^{\alpha-1} \right], \quad (76)$$

$$S_t = \frac{1}{A_t} \left[ \left( \frac{W_t}{P_t} \right)^{1-\alpha} \left( \frac{(1-\alpha)}{\alpha} \right)^\alpha (r_t^K)^\alpha + (r_t^K)^\alpha \left( \frac{(1-\alpha)}{\alpha} \right)^{\alpha-1} \left( \frac{W_t}{P_t} \right)^{1-\alpha} \right], \quad (77)$$

$$S_t = \frac{1}{A_t} \left( \frac{W_t}{P_t} \right)^{1-\alpha} (r_t^K)^\alpha \left[ \left( \frac{(1-\alpha)}{\alpha} \right)^\alpha + \left( \frac{(1-\alpha)}{\alpha} \right)^{\alpha-1} \right], \quad (78)$$

$$S_t = \frac{1}{A_t} \left( \frac{W_t}{P_t} \right)^{1-\alpha} (r_t^K)^\alpha \left( \frac{(1-\alpha)}{\alpha} \right)^{\alpha-1} \left( \frac{(1-\alpha)}{\alpha} + 1 \right), \quad (79)$$

$$S_t = \frac{1}{A_t} \left( \frac{W_t}{P_t} \right)^{1-\alpha} (r_t^K)^\alpha \left( \frac{(1-\alpha)}{\alpha} \right)^{\alpha-1} \frac{1}{\alpha}, \quad (80)$$

$$S_t = \frac{1}{A_t} \left( \frac{W_t}{P_t} \right)^{1-\alpha} (r_t^K)^\alpha (1-\alpha)^{\alpha-1} \alpha^{1-\alpha} \alpha^{-1}, \quad (81)$$

$$S_t = \frac{1}{A_t} \left( \frac{W_t}{(1-\alpha)P_t} \right)^{1-\alpha} \left( \frac{r_t^K}{\alpha} \right)^\alpha. \quad (82)$$

Sledi izpeljava optimalne cene v razmerah popolne fleksibilnosti cen, ki predstavlja neko osnovno primerjavo. Podjetja se v vsaki niži obnašajo racionalno, kar pomeni, da želijo z maksimizacijo dobička določiti optimalno ceno, ki jo bodo postavila za svojo različico izdelka:

$$\max_{P_t(z), N_t(z), K_t(z), Y_t(z)} \left[ \frac{P_t(z)}{P_t} Y_t(z) - \frac{W_t}{P_t} N_t(z) - r_t^K u_t K_t(z) \right], \quad (83)$$

pri čemer je podjetje omejeno s proizvodno tehnologijo (57), padajočo krivuljo povpraševanja po njegovi proizvedeni različici (48) in optimalnima obsegoma zaposlitve proizvodnih dejavnikov (60) in (62). Vse opredeljene omejitve vstavim v enačbo (83), da dobim:

$$\max_{P_t(z), N_t(z), K_t(z), Y_t(z)} \left[ \frac{P_t(z)}{P_t} \left( \frac{P_t(z)}{P_t} \right)^{-\varepsilon_t} Y_t - \left( \lambda(1-\alpha) A_t (u_t K_t(z))^\alpha N_t^{-\alpha}(z) \right) N_t(z) - \right. \\ \left. - \left( \lambda \alpha A_t u_t^{\alpha-1} K_t^{\alpha-1}(z) N_t^{1-\alpha}(z) \right) u_t K_t(z) \right], \quad (84)$$

$$\max_{P_t(z), N_t(z), K_t(z), Y_t(z)} \left[ \frac{P_t(z)}{P_t} \left( \frac{P_t(z)}{P_t} \right)^{-\varepsilon_t} Y_t - \lambda(1-\alpha) A_t (u_t K_t(z))^\alpha N_t^{1-\alpha}(z) - \right. \\ \left. - \lambda \alpha A_t (u_t K_t(z))^\alpha N_t^{1-\alpha}(z) \right], \quad (85)$$

$$\max_{P_t(z), Y_t(z)} \left[ \frac{P_t(z)}{P_t} \left( \frac{P_t(z)}{P_t} \right)^{-\varepsilon_t} Y_t - \lambda(1-\alpha) Y_t(z) - \lambda \alpha Y_t(z) \right], \quad (86)$$

$$\max_{P_t(z), Y_t(z)} \left[ \frac{P_t(z)}{P_t} \left( \frac{P_t(z)}{P_t} \right)^{-\varepsilon_t} Y_t - \lambda Y_t(z) \right], \quad (87)$$

$$\max_{P_t(z)} \left[ \frac{P_t(z)}{P_t} \left( \frac{P_t(z)}{P_t} \right)^{-\varepsilon_t} Y_t - \lambda \frac{P_t(z)}{P_t} \left( \frac{P_t(z)}{P_t} \right)^{-\varepsilon_t} Y_t \right], \quad (88)$$

$$\max_{P_t(z)} \left[ \left( \frac{P_t(z)}{P_t} - \lambda \right) \left( \frac{P_t(z)}{P_t} \right)^{-\varepsilon_t} Y_t \right]. \quad (89)$$

Sedaj potrebujem pogoj prvega reda glede na  $P_t(z)$ :

$$\frac{1}{P_t} \left( \frac{P_t(z)}{P_t} \right)^{-\varepsilon_t} Y_t + \left( \frac{P_t(z)}{P_t} - \lambda \right) (-\varepsilon_t) \left( \frac{P_t(z)}{P_t} \right)^{-\varepsilon_t-1} \frac{1}{P_t} Y_t = 0, \quad (90)$$

$$\frac{1}{P_t} \left( \frac{P_t(z)}{P_t} \right)^{-\varepsilon_t} Y_t - \varepsilon_t \left( \frac{P_t(z)}{P_t} \right)^{-\varepsilon_t} \frac{Y_t}{P_t} + \varepsilon_t \lambda \left( \frac{P_t(z)}{P_t} \right)^{-\varepsilon_t-1} \frac{Y_t}{P_t} = 0, \quad (91)$$

$$\left(1 - \varepsilon_t + \varepsilon_t \lambda \left(\frac{P_t(z)}{P_t}\right)^{-1}\right) \left(\frac{P_t(z)}{P_t}\right)^{-\varepsilon_t} \frac{Y_t}{P_t} = 0, \quad (92)$$

$$1 - \varepsilon_t + \varepsilon_t \lambda \left(\frac{P_t(z)}{P_t}\right)^{-1} = 0, \quad (93)$$

$$\frac{P_t^*(z)}{P_t} = \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_t - 1} \lambda, \quad (94)$$

$$\frac{P_t^*(z)}{P_t} = \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_t - 1} S_t. \quad (95)$$

Popolna fleksibilnost cen ne prinaša realnih učinkov aktivne denarne politike, zato nadaljujem izpeljavo optimalnega cenovnega obnašanja v razmerah Calvovega tipa cenovne rigidnosti. Maksimizacijski problem podjetij, ki lahko prilagodijo ceno, je tokrat opredeljen nekoliko drugače:

$$\max_{P_t(z)} E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \Lambda_{t,t+i} \left[ \left(\frac{P_t(z)}{P_{t+i}} - S_{t+i}\right) \left(\frac{P_t(z)}{P_{t+i}}\right)^{-\varepsilon_{t+i}} Y_{t+i} \right]. \quad (96)$$

Na vrsti je izpeljava pogoja prvega reda podjetja glede na ceno  $P_t(z)$ :

$$E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \Lambda_{t,t+i} \left[ \begin{aligned} &\frac{1}{P_{t+i}} \left(\frac{P_t^*(z)}{P_{t+i}}\right)^{-\varepsilon_{t+i}} Y_{t+i} + \left(\frac{P_t^*(z)}{P_{t+i}} - S_{t+i}\right) \\ &\cdot (-\varepsilon_{t+i}) \left(\frac{P_t^*(z)}{P_{t+i}}\right)^{-\varepsilon_{t+i}-1} \frac{1}{P_{t+i}} Y_{t+i} \end{aligned} \right] = 0, \quad (97)$$

$$E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \Lambda_{t,t+i} Y_{t+i} \left[ \begin{aligned} &\frac{1}{P_{t+i}} \left(\frac{P_t^*(z)}{P_{t+i}}\right)^{-\varepsilon_{t+i}} - \varepsilon_{t+i} \left(\frac{P_t^*(z)}{P_{t+i}}\right)^{-\varepsilon_{t+i}} \frac{1}{P_{t+i}} + \\ &+ \varepsilon_{t+i} S_{t+i} \left(\frac{P_t^*(z)}{P_{t+i}}\right)^{-\varepsilon_{t+i}-1} \frac{1}{P_{t+i}} \end{aligned} \right] = 0, \quad (98)$$

$$E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \Lambda_{t,t+i} Y_{t+i} \left[ \frac{1 - \varepsilon_{t+i}}{P_{t+i}} \left(\frac{P_t^*(z)}{P_{t+i}}\right)^{-\varepsilon_{t+i}} + \varepsilon_{t+i} S_{t+i} \left(\frac{P_t^*(z)}{P_{t+i}}\right)^{-\varepsilon_{t+i}-1} \frac{1}{P_{t+i}} \right] = 0. \quad (99)$$

Enačbo (99) lahko delim z  $-(1 - \varepsilon_{t+i})$  in dobim:

$$E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \Lambda_{t,t+i} Y_{t+i} \left[ \begin{array}{c} -\frac{1-\varepsilon_{t+i}}{1-\varepsilon_{t+i}} \frac{1}{P_{t+i}} \left( \frac{P_t^*(z)}{P_{t+i}} \right)^{-\varepsilon_{t+i}} + \\ + \frac{\varepsilon_{t+i}}{\varepsilon_{t+i}-1} S_{t+i} \left( \frac{P_t^*(z)}{P_{t+i}} \right)^{-\varepsilon_{t+i}-1} \frac{1}{P_{t+i}} \end{array} \right] = 0. \quad (100)$$

Nadalje lahko izraz (100) pomnožim z  $P_t^*(z)$  in  $-1$ , s čimer pridobim:

$$E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \Lambda_{t,t+i} Y_{t+i} \left[ \frac{P_t^*(z)}{P_{t+i}} \left( \frac{P_t^*(z)}{P_{t+i}} \right)^{-\varepsilon_{t+i}} - \frac{\varepsilon_{t+i}}{\varepsilon_{t+i}-1} S_{t+i} \left( \frac{P_t^*(z)}{P_{t+i}} \right)^{-\varepsilon_{t+i}} \right] = 0, \quad (101)$$

$$E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \Lambda_{t,t+i} Y_{t+i} \left( \frac{P_t^*(z)}{P_{t+i}} \right)^{1-\varepsilon_{t+i}} = E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \Lambda_{t,t+i} Y_{t+i} \frac{\varepsilon_{t+i}}{\varepsilon_{t+i}-1} S_{t+i} \left( \frac{P_t^*(z)}{P_{t+i}} \right)^{-\varepsilon_{t+i}}. \quad (102)$$

Uporaba  $S_{t+i}^n = S_{t+i} P_{t+i}$  in  $1 + \mu_{t+i} = \frac{\varepsilon_{t+i}}{\varepsilon_{t+i}-1}$  me pripelje do:

$$\begin{aligned} E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \Lambda_{t,t+i} Y_{t+i} \left( \frac{P_t^*(z)}{P_{t+i}} \right)^{1-\varepsilon_{t+i}} &= \\ &= E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \Lambda_{t,t+i} Y_{t+i} (1 + \mu_{t+i}) \frac{S_{t+i}^n}{P_{t+i}} \left( \frac{P_t^*(z)}{P_{t+i}} \right)^{-\varepsilon_{t+i}}, \end{aligned} \quad (103)$$

$$\begin{aligned} E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \Lambda_{t,t+i} Y_{t+i} \left( \frac{P_t^*(z)}{P_{t+i}} \right)^{1-\varepsilon_{t+i}} &= \\ &= E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \Lambda_{t,t+i} Y_{t+i} (1 + \mu_{t+i}) \frac{S_{t+i}^n}{P_t^*(z)} \left( \frac{P_t^*(z)}{P_{t+i}} \right)^{1-\varepsilon_{t+i}}, \end{aligned} \quad (104)$$

$$P_t^*(z) E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \Lambda_{t,t+i} Y_{t+i} P_{t+i}^{\varepsilon_{t+i}-1} = E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \Lambda_{t,t+i} Y_{t+i} (1 + \mu_{t+i}) S_{t+i}^n P_{t+i}^{\varepsilon_{t+i}-1}, \quad (105)$$

$$P_t^*(z) = \frac{E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \Lambda_{t,t+i} (1 + \mu_{t,t+i}) S_{t+i}^n \left( \frac{1}{P_{t+i}} \right)^{1-\varepsilon_{t+i}} Y_{t+i}}{E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \Lambda_{t,t+i} \left( \frac{1}{P_{t+i}} \right)^{1-\varepsilon_{t+i}} Y_{t+i}}, \quad (106)$$

oziroma krajše:

$$P_t^*(z) = \sum_{i=0}^{\infty} \omega_{t,t+i} (1 + \mu_{t,t+i}) S_{t+i}^n. \quad (107)$$

V izrazu (107) velja  $\omega_{t,t+i} = \frac{E_t(\theta\beta)^i \Lambda_{t,t+i} \left(\frac{1}{P_{t+i}}\right)^{1-\varepsilon_{t+i}} Y_{t+i}}{E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \Lambda_{t,t+i} \left(\frac{1}{P_{t+i}}\right)^{1-\varepsilon_{t+i}} Y_{t+i}}$ . Optimalni cenovni pogoj lahko

zapišem tudi v obliki realne cene in dobim sledeč izraz:

$$\begin{aligned} \frac{P_t^*(z)}{P_t} &= \sum_{i=0}^{\infty} \omega_{t,t+i} (1 + \mu_{t,t+i}) \frac{S_{t+i}^n}{P_t} \\ &= \sum_{i=0}^{\infty} \omega_{t,t+i} (1 + \mu_{t,t+i}) \frac{P_{t+i}}{P_t} \frac{S_{t+i}^n}{P_{t+i}}, \\ &= \sum_{i=0}^{\infty} \omega_{t,t+i} (1 + \mu_{t,t+i}) \Pi_{t,t+i} S_{t+i} \end{aligned} \quad (108)$$

kjer  $\Pi_{t,t+i}$  predstavlja kumulativno bruto inflacijsko stopnjo med obdobjema  $t$  in  $t+1$ . Kot zanimivost prikazujem še izračun povprečnega časa trajanja cene oziroma »pričakovano življenjsko dobo« posamezne cene, ki je določena s parametrom  $\theta$ . Izpeljava enačb sledi Hristovu (2011, str. 3-5):

$$E(\text{čas trajanja}) = \sum_{i=0}^{\infty} (\text{čas trajanja} = i) \cdot (\text{verjetnost za čas trajanja} = i), \quad (109)$$

oziroma, če se izrazim bolj matematično:

$$\begin{aligned} E(\text{čas trajanja}) &= 1 \cdot \theta^0 (1 - \theta) + 2 \cdot \theta (1 - \theta) + \\ &+ 3 \cdot \theta^2 (1 - \theta) + \dots + N \cdot \theta^{N-1} (1 - \theta) + \dots \end{aligned} \quad (110)$$

$$E(\text{čas trajanja}) = (1 - \theta)(1 + 2\theta + 3\theta^2 + 4\theta^3 + \dots + N\theta^{N-1} + \dots). \quad (111)$$

Enačbo (111) lahko zapišem tudi malce drugače in dobim:

$$\begin{aligned} E(\text{čas trajanja}) &= (1 - \theta)(1 + \theta + \theta^2 + \theta^3 + \theta^4 + \dots) + \\ &+ (1 - \theta)(\theta + \theta^2 + \theta^3 + \theta^4 + \theta^5 + \dots) + (1 - \theta)(\theta^2 + \theta^3 + \theta^4 + \theta^5 + \theta^6 + \dots) + \\ &+ \dots + (1 - \theta)(\theta^N + \theta^{N+1} + \theta^{N+2} + \theta^{N+3} + \dots) + \dots \end{aligned} \quad (112)$$

$$\begin{aligned} E(\text{čas trajanja}) &= (1 - \theta) \left( \frac{1}{1 - \theta} + \frac{\theta}{1 - \theta} + \frac{\theta^2}{1 - \theta} + \frac{\theta^3}{1 - \theta} + \dots \right) \\ &= (1 - \theta) \frac{1}{1 - \theta} (1 + \theta + \theta^2 + \theta^3 + \dots) \\ &= (1 - \theta) \frac{1}{1 - \theta} \frac{1}{1 - \theta} = \frac{1}{1 - \theta} \end{aligned} \quad (113)$$

Na koncu opredelim še agregatno raven cen v gospodarstvu, ki jo bom potreboval nekoliko kasneje pri izpeljavi novo keynesianske Phillipsove krivulje. Pri izpeljavi izhajam iz enačbe (55):

$$P_t = \left[ \int_0^\theta P_{t-1}^{1-\varepsilon_t} dz + \int_\theta^1 P_t^{*1-\varepsilon_t} dz \right]^{\frac{1}{1-\varepsilon_t}}, \quad (114)$$

$$P_t = \left[ P_{t-1}^{1-\varepsilon_t} \int_0^\theta 1 dz + P_t^{*1-\varepsilon_t} \int_\theta^1 1 dz \right]^{\frac{1}{1-\varepsilon_t}}, \quad (115)$$

$$P_t = \left[ \theta P_{t-1}^{1-\varepsilon_t} + (1-\theta) P_t^{*1-\varepsilon_t} \right]^{\frac{1}{1-\varepsilon_t}}. \quad (116)$$

### ➤ Država in centralna banka

Država v modelu skrbi za vodenje fiskalne politike, to pomeni pobiranje davkov in plačevanje transferjev. Njen proračun je predstavljen na sledeč način:

$$G_t = T_t + \frac{B_t - (1+i_{t-1})B_{t-1}}{P_t}, \quad (117)$$

pri čemer velikost državnih izdatkov sledi  $AR(1)$  procesu:

$$\ln G_t = (1-\rho_G) \ln G + \rho_G \ln G_{t-1} + \varepsilon_t^G. \quad (118)$$

Denarno politiko mojega modela vodi centralna banka, njena reakcijska krivulja pa je predstavljena s Taylorjevim pravilom:

$$\ln i_t = (1-\rho_i) \ln i + \rho_i \ln i_{t-1} + (1-\rho_i) \phi_\pi \ln \Pi_t + (1-\rho_i) \phi_y \ln Y_t + \ln \varepsilon_t^{MP}, \quad (119)$$

kjer  $\varepsilon_t^{MP}$  predstavlja šok v denarni politiki, ki sledi  $AR(1)$  procesu:

$$\ln \varepsilon_t^{MP} = (1-\rho_{MP}) \ln \varepsilon + \rho_{MP} \ln \varepsilon_{t-1}^{MP} + v_t. \quad (120)$$

Na koncu lahko zgolj še omenim, da bi alternativna specifikacija denarne politike lahko vključevala opustitev Taylorjevega pravila in oblikovanje LM krivulje, ki je drugače v modelu odveč. Denarno politiko bi tako opisal s pravilom, ki bi določalo rast količine denarja v obtoku:

$$\ln v_t = (1-\rho_v) \ln v + \rho_v \ln v_{t-1} + \varepsilon_t^v, \quad (121)$$

kjer  $\ln v_t = M_t - M_{t-1}$  predstavlja rast količine denarja v obtoku.

### ➤ Agregatni pogoji

Izpeljavo nelinearnega modela zaključita agregatni pogoj na trgu končnih dobrin in pogoj čiščenja trga obveznic:

$$Y_t = C_t + I_t + G_t + \Psi(u_t)K_t, \quad (122)$$

$$B_t = 0. \quad (123)$$

## Priloga 2: Log-linearizacija modela

Priloga 2 prikazuje podrobno izpeljavo enačb, ki se nahajajo v zadnjem podpoglavju 3. poglavja magistrskega dela. Pri izpeljavi log-linearnih enačb uporabljam prvo izmed dveh tehnik, ki sem jih predstavil na 41. in 42. strani magistrskega dela. Log-linearizacija tako poteka z razvojem Taylorjeve vrste okrog ustaljenega stanja, pri čemer uporabim sledeče, že opredeljeno, pravilo:

$$f(x_t, y_t) \approx f(x, y) + x f'_x(x, y) \hat{x}_t + y f'_y(x, y) \hat{y}_t. \quad (124)$$

Log-linearizacija logaritemskih enačb, kot so  $AR(1)$  procesi za različne eksogene šoke in Taylorjevo pravilo, pa poteka malce drugače, saj njihova logaritemska narava dopušča neposredno uporabo že opredeljene enačbe:

$$\hat{x}_t = \ln x_t - \ln x. \quad (125)$$

### ➤ Agregatno povpraševanje

Log-linearizacijo modela pričujem s pogojem čiščenja trga končnih proizvodov (122), ki mi bo v pomoč pri predstavitvi enačb bloka povpraševanja:

$$Y + Y1\hat{y}_t = C + I + G + \Psi(1)K + C1\hat{c}_t + I1\hat{i}nv_t + G1\hat{g}_t + u\Psi'(1)K\hat{u}_t + K\Psi(1)\hat{k}_t, \quad (126)$$

kjer velja  $Y = C + I + G + \Psi(1)K$ ,  $u = 1$  in  $\Psi(1) = 0$ , kar sledi iz lastnosti stroškovne funkcije, predstavljenih na 26. strani magistrskega dela.

$$Y\hat{y}_t = C\hat{c}_t + I\hat{i}nv_t + G\hat{g}_t + \Psi'(1)K\hat{u}_t. \quad (127)$$

Po deljenju enačbe (127) z  $Y$  dobim:

$$\hat{y}_t = \frac{C}{Y}\hat{c}_t + \frac{I}{Y}\hat{i}nv_t + \frac{G}{Y}\hat{g}_t + \frac{K}{Y}\Psi'(1)\hat{u}_t. \quad (128)$$

Končno enačbo pridobim, če upoštevam, da je izraz (25) v ustaljenem stanju enak  $r^K = \Psi'(1)$ :

$$\hat{y}_t = \frac{C}{Y}\hat{c}_t + \frac{I}{Y}\hat{i}nv_t + \frac{G}{Y}\hat{g}_t + r^K \frac{K}{Y}\hat{u}_t. \quad (129)$$

Implicitna ponudba dela (14) je prva enačba optimizacijskih gospodinjstev. Preden se lotim njene log-linearizacije lahko izrazim  $\frac{W_t}{P_t} = w_t$ , ki označuje realno plačo. Izraz (14) tako postane enak:

$$w_t = \frac{a_n N_t^{\gamma_n}}{\chi_t C_t^{-\gamma} (1-\tau)}. \quad (130)$$

Z njegovo log-linearizacijo pridobim naslednji izraz:

$$\begin{aligned} w + w1\hat{w}_t &= \frac{a_n N^{\gamma_n}}{\chi C^{-\gamma} (1-\tau)} + N\gamma_n \frac{a_n N^{\gamma_n-1}}{\chi C^{-\gamma} (1-\tau)} \hat{n}_t + \\ &+ \chi \left( -\frac{a_n N^{\gamma_n}}{\chi^2 C^{-\gamma} (1-\tau)} \right) \hat{\chi}_t + C\gamma \frac{a_n N^{\gamma_n}}{\chi C^{-\gamma+1} (1-\tau)} \hat{c}_t, \end{aligned} \quad (131)$$

kjer velja  $w = \frac{a_n N^{\gamma_n}}{\chi C^{-\gamma} (1-\tau)}$ . Izraza  $a_n$  in  $\tau$  ne nihata v času, kar pomeni, da se pri postopku log-linearizacije izničita ( $\hat{a}_n$  in  $\hat{\tau}$  sta enaka 0).

$$w\hat{w}_t = \frac{a_n N^{\gamma_n}}{\chi C^{-\gamma} (1-\tau)} (\gamma_n \hat{n}_t - \hat{\chi}_t + \gamma \hat{c}_t), \quad (132)$$

$$\hat{w}_t = \gamma_n \hat{n}_t - \hat{\chi}_t + \gamma \hat{c}_t. \quad (133)$$

Log-linearizacija procesa, ki opisuje šok v preferencah gospodinjstev (2) poteka kot linearizacija kateregakoli drugega  $AR(1)$  procesa, pri čemer uporabim pravilo (125):

$$\ln \chi_t - \ln \chi = (1-\rho_\chi) \ln \chi - (1-\rho_\chi) \ln \chi + \rho_\chi \ln \chi_{t-1} - \rho_\chi \ln \chi + \epsilon_t^\chi, \quad (134)$$

$$\ln \chi_t - \ln \chi = \rho_\chi (\ln \chi_{t-1} - \ln \chi) + \epsilon_t^\chi, \quad (135)$$

$$\hat{\chi}_t = \rho_\chi \hat{\chi}_{t-1} + \epsilon_t^\chi. \quad (136)$$

Dinamika potrošnje je v modelu opisana z Eulerjevo enačbo potrošnje (16), njena log-linearna oblika pa zgleda takole:

$$\begin{aligned} C^{-\gamma} + C(-\gamma)C^{-\gamma-1}\hat{c}_t &= \beta \left[ \frac{\chi}{\chi} C^{-\gamma} (1+i) \frac{P}{P} \right] + \\ &+ \beta E_t \left[ \begin{aligned} &\chi \frac{1}{\chi} C^{-\gamma} (1+i) \frac{P}{P} \hat{\chi}_{t+1} + \chi \left( -\frac{\chi}{\chi^2} \right) C^{-\gamma} (1+i) \frac{P}{P} \hat{\chi}_t + \\ &+ C(-\gamma) \frac{\chi}{\chi} C^{-\gamma-1} (1+i) \frac{P}{P} \hat{c}_{t+1} + (1+i) i l \hat{i}_t \frac{\chi}{\chi} C^{-\gamma} \frac{P}{P} + \\ &+ P \frac{\chi}{\chi} C^{-\gamma} (1+i) \frac{1}{P} \hat{p}_t + P \frac{\chi}{\chi} C^{-\gamma} (1+i) \left( -\frac{P}{P^2} \right) \hat{p}_{t+1} \end{aligned} \right], \end{aligned} \quad (137)$$

kjer velja  $C^{-\gamma} = \beta \left[ \frac{\chi}{\chi} C^{-\gamma} (1+i) \frac{P}{P} \right]$  in poenostavitev  $\hat{i}_t \approx \hat{i}_t$ , ki izvira iz kalibracije parametrov modela.



$$C^{-\gamma}(-\gamma)\hat{c}_t = \beta E_t \left[ \left( \frac{\chi}{\chi} C^{-\gamma} (1+i) \frac{P}{P} \right) (\hat{\chi}_{t+1} - \hat{\chi}_t - \gamma \hat{c}_{t+1} + \hat{i}_t + \hat{p}_t - \hat{p}_{t+1}) \right], \quad (138)$$

$$-\gamma \hat{c}_t = E_t (\hat{\chi}_{t+1} - \hat{\chi}_t) - \gamma E_t \hat{c}_{t+1} + \hat{i}_t - E_t (\hat{p}_{t+1} - \hat{p}_t), \quad (139)$$

$$-\gamma \hat{c}_t = \hat{i}_t + E_t \Delta \hat{\chi}_{t+1} - E_t \hat{\pi}_{t+1} - \gamma E_t \hat{c}_{t+1}, \quad (140)$$

kjer velja  $\hat{\pi}_{t+1} = \hat{p}_{t+1} - \hat{p}_t$ .

$$\hat{c}_t = -\frac{1}{\gamma} (\hat{i}_t - E_t \hat{\pi}_{t+1} + E_t \Delta \hat{\chi}_{t+1}) + E_t \hat{c}_{t+1}. \quad (141)$$

V izrazu (141) lahko nadalje upoštevam dejstvo, da je  $\hat{r}_t = \hat{i}_t - E_t \hat{\pi}_{t+1}$  in enačbo, ki prikaže razvoj  $E_t \Delta \hat{\chi}_{t+1}$ :

$$\begin{aligned} E_t (\Delta \hat{\chi}_{t+1}) &= E_t (\hat{\chi}_{t+1} - \hat{\chi}_t) = E (\hat{\chi}_{t+1}) - \hat{\chi}_t = E_t (\rho_\chi \hat{\chi}_t + \epsilon_{t+1}^\chi) - \hat{\chi}_t \\ &= \rho_\chi \hat{\chi}_t - \hat{\chi}_t = (\rho_\chi - 1) \hat{\chi}_t \end{aligned} \quad (142)$$

Skrajšana verzija enačbe (141) zglada takole:

$$\hat{c}_t = -\frac{1}{\gamma} (\hat{r}_t + (\rho_\chi - 1) \hat{\chi}_t) + E_t \hat{c}_{t+1}. \quad (143)$$

Naslednja v vrsti je enačba za kapital (22). Za lažjo log-linearizacijo najprej opredelim določena razmerja, ki prevladujejo v ustaljenem stanju. Prvo pomembnejše razmerje v ustaljenem stanju dobim, če izračunam vrednost investicijske enačbe (24) v ustaljenem stanju:

$$1 = q \left[ 1 - F(1) - F'(1) \frac{I}{I} \right] + \beta \left[ \frac{\lambda}{\lambda} q F'(1) \left( \frac{I}{I} \right)^2 \right], \quad (144)$$

kjer, zaradi predpostavk glede stroškovne funkcije, opredeljenih na 26. strani magistrskega dela, velja  $F(1) = F'(1) = 0$ . Iz enačbe (144) tako sledi, da je:

$$q = 1. \quad (145)$$

Drugo pomembnejše razmerje v ustaljenem stanju sledi iz vrednosti optimalne stopnje izkoriščenosti kapitala (25) v ustaljenem stanju:

$$r^K = \Psi'(1). \quad (146)$$

Omenil sem že, da znaša v ustaljenem stanju  $u = 1$ . Zadnje pomembnejše razmerje dobim, če izračunam vrednost enačbe za kapital (22) v ustaljenem stanju:

$$q = \beta \left[ \frac{\lambda}{\lambda} r^K u - \Psi(1) + (1 - \delta) q \right], \quad (147)$$

kjer velja  $\Psi(1) = 0$ , kar ponovno izhaja iz predpostavk glede stroškovne funkcije, opredeljenih na 26. strani magistrskega dela.

$$1 = \beta [r^K + (1 - \delta)]. \quad (148)$$

Iz enačbe (148) pridobim dva pomembna razmerja:

$$\beta^{-1} = r^K + (1 - \delta) \quad (149)$$

in

$$r^K = \frac{1 - \beta(1 - \delta)}{\beta}. \quad (150)$$

Sledi log-linearizacija enačbe (22):

$$q + q1\hat{q}_t = \beta \left[ \frac{\lambda}{\lambda} r^K u - \Psi(1) + (1 - \delta)q \right] + \beta E_t \left[ \lambda \frac{1}{\lambda} (r^K u - \Psi(1) + (1 - \delta)q) \hat{\lambda}_{t+1} + \lambda \left( -\frac{\lambda}{\lambda^2} \right) (r^K u - \Psi(1) + (1 - \delta)q) \hat{\lambda}_t + \right. \\ \left. + r^K \frac{\lambda}{\lambda} \hat{r}_{t+1}^K + u \frac{\lambda}{\lambda} r^K \hat{u}_{t+1} - u \frac{\lambda}{\lambda} \Psi'(1) \hat{u}_{t+1} + q \frac{\lambda}{\lambda} (1 - \delta) \hat{q}_{t+1} \right], \quad (151)$$

kjer velja  $q = \beta \left[ \frac{\lambda}{\lambda} r^K u - \Psi(1) + (1 - \delta)q \right]$ ,  $u = 1$ ,  $\Psi(1) = 0$  in (145).

$$\hat{q}_t = \beta E_t \left[ (r^K + (1 - \delta)) \hat{\lambda}_{t+1} - (r^K + (1 - \delta)) \hat{\lambda}_t + \right. \\ \left. + r^K \hat{r}_{t+1}^K + (r^K - \Psi'(1)) \hat{u}_{t+1} + (1 - \delta) \hat{q}_{t+1} \right]. \quad (152)$$

Če nadalje uporabim razmerja v ustaljene stanju, izražena z enačbami (146), (149) in (150), dobim:

$$\hat{q}_t = \beta E_t \left[ \beta^{-1} \hat{\lambda}_{t+1} - \beta^{-1} \hat{\lambda}_t + \frac{1 - \beta(1 - \delta)}{\beta} \hat{r}_{t+1}^K + (r^K - r^K) \hat{u}_{t+1} + (1 - \delta) \hat{q}_{t+1} \right], \quad (153)$$

$$\hat{q}_t = E_t (\hat{\lambda}_{t+1} - \hat{\lambda}_t) + [1 - \beta(1 - \delta)] E_t \hat{r}_{t+1}^K + \beta(1 - \delta) E_t \hat{q}_{t+1}. \quad (154)$$

Izraz  $E_t (\hat{\lambda}_{t+1} - \hat{\lambda}_t)$  lahko nadalje preoblikujem tako, da log-lineariziram pogoj prvega reda gospodinjev glede na državne obveznice (8). Najprej enačbo (8) zapišem nekoliko drugače:

$$E_t \left( \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda_t} \right) = \frac{1}{\beta} E_t \left[ \left( \frac{1}{1+i_t} \right) \frac{P_{t+1}}{P_t} \right]. \quad (155)$$

Sedaj sledi njena log-linearizacija:

$$\frac{\lambda}{\lambda} + \lambda \frac{1}{\lambda} E_t \hat{\lambda}_{t+1} + \lambda \left( -\frac{\lambda}{\lambda^2} \right) \hat{\lambda}_t = \frac{1}{\beta} \left( \frac{1}{1+i} \frac{P}{P} \right) + \frac{1}{\beta} E_t \left[ (1+i) \frac{P}{P} \left( -\frac{1}{(1+i)^2} \right) \hat{i}_t + P \frac{1}{1+i} \frac{1}{P} \hat{p}_{t+1} + P \frac{1}{1+i} \left( -\frac{P}{P^2} \right) \hat{p}_t \right], \quad (156)$$

kjer velja  $\frac{\lambda}{\beta} = \frac{1}{\beta} \left( \frac{1}{1+i} \frac{P}{P} \right)$  in poenostavitev  $i\hat{i}_t \approx \hat{i}_t$ , ki izvira iz kalibracije parametrov modela.

$$\frac{\lambda}{\lambda} E_t (\hat{\lambda}_{t+1} - \hat{\lambda}_t) = \frac{1}{\beta} E_t \left[ \frac{1}{1+i} \frac{P}{P} (-\hat{i}_t + \hat{p}_{t+1} - \hat{p}_t) \right], \quad (157)$$

$$E_t (\hat{\lambda}_{t+1} - \hat{\lambda}_t) = E_t \hat{\pi}_{t+1} - \hat{i}_t, \quad (158)$$

kjer velja  $\hat{\pi}_{t+1} = \hat{p}_{t+1} - \hat{p}_t$ . Enačbo (158) nadalje uporabim v izrazu (154) in dobim:

$$\hat{q}_t = [1 - \beta(1 - \delta)] E_t \hat{r}_{t+1}^K + \beta(1 - \delta) E_t \hat{q}_{t+1} - (\hat{i}_t - E_t \hat{\pi}_{t+1}). \quad (159)$$

Investicije so v modelu zapisane z enačbo (24). Preden se lotim njene log-linearizacije, jo malenkost preuredim:

$$\underbrace{F' \left( \frac{I_t}{I_{t-1}} \right) \frac{I_t}{I_{t-1}}}_A - \underbrace{\beta E_t \left[ \frac{q_{t+1}}{q_t} \frac{\lambda_{t+1}}{\lambda} F' \left( \frac{I_{t+1}}{I_t} \right) \left( \frac{I_{t+1}}{I_t} \right)^2 \right]}_B + \underbrace{\frac{1}{q_t}}_C = 1 - \underbrace{F \left( \frac{I_t}{I_{t-1}} \right)}_D. \quad (160)$$

Kot je razvidno iz izraza (160), log-linearizacijo investicijske enačbe razdelim v štiri korake (A, B, C in D), pri čemer je log-linearizacija 1 enaka 0. Najprej predstavljam log-linearizacijo prvega dela (A) enačbe (160):

$$\begin{aligned} & F'(1) \frac{I}{I} + IF''(1) \frac{1}{I} \frac{I}{I} i\hat{v}_t + IF'(1) \frac{1}{I} i\hat{v}_t + \\ & + IF''(1) \left( -\frac{I}{I^2} \right) \frac{I}{I} i\hat{v}_{t-1} + IF'(1) \left( -\frac{I}{I^2} \right) i\hat{v}_{t-1}, \end{aligned} \quad (161)$$

kjer velja  $F'(1) = 0$ , kar izhaja iz predpostavk glede stroškovne funkcije.

$$F''(1) i\hat{v}_t - F''(1) i\hat{v}_{t-1}, \quad (162)$$

$$F''(1) (i\hat{v}_t - i\hat{v}_{t-1}). \quad (163)$$

Drugi del (B) enačbe (160) se log-linearizira na sledeč način:

$$\beta \frac{\lambda}{\lambda} \frac{q}{q} F' \left( \frac{I}{I} \right)^2 + \beta E_t \left[ \begin{aligned} & \lambda \frac{1}{\lambda} \frac{q}{q} F' \left( \frac{I}{I} \right)^2 \hat{\lambda}_{t+1} + \lambda \left( -\frac{\lambda}{\lambda^2} \right) \frac{q}{q} F' \left( \frac{I}{I} \right)^2 \hat{\lambda}_t + \\ & + q \frac{\lambda}{\lambda} \frac{1}{q} F' \left( \frac{I}{I} \right)^2 \hat{q}_{t+1} + q \frac{\lambda}{\lambda} \left( -\frac{q}{q^2} \right) F' \left( \frac{I}{I} \right)^2 \hat{q}_t + \\ & + I \frac{\lambda}{\lambda} \frac{q}{q} F'' \left( \frac{I}{I} \right) \left( \frac{I}{I} \right)^2 i\hat{v}_{t+1} + I 2 \frac{\lambda}{\lambda} \frac{q}{q} F' \left( \frac{I}{I} \right) \frac{1}{I} \frac{1}{I} i\hat{v}_{t+1} + \\ & + I \frac{\lambda}{\lambda} \frac{q}{q} F'' \left( \frac{I}{I} \right) \left( -\frac{I}{I^2} \right) \left( \frac{I}{I} \right)^2 i\hat{v}_t + \\ & + I 2 \frac{\lambda}{\lambda} \frac{q}{q} F' \left( \frac{I}{I} \right) \frac{1}{I} \left( -\frac{I}{I^2} \right) i\hat{v}_t \end{aligned} \right], \quad (164)$$

kjer velja že zgoraj omenjena predpostavka  $F'(1) = 0$ .

$$\beta E_t [F''(1) \hat{inv}_{t+1} - F''(1) \hat{inv}_t], \quad (165)$$

$$\beta F''(1) (E_t \hat{inv}_{t+1} - \hat{inv}_t). \quad (166)$$

Tretji del (C) enačbe (160) je v log-linearini obliki enak:

$$q + q \left( -\frac{1}{q^2} \right) \hat{q}_t, \quad (167)$$

kjer velja razmerje, opisano z enačbo (145).

$$-\hat{q}_t. \quad (168)$$

Zadnji del (D) enačbe (160) log-lineariziram takole:

$$F(1) + IF'(1) \frac{1}{I} \hat{inv}_t + IF'(1) \left( -\frac{I}{I^2} \right) \hat{inv}_{t-1}, \quad (169)$$

kjer znova velja predpostavka  $F(1) = F'(1) = 0$ . Opredeljena predpostavka glede stroškovne funkcije poskrbi, da zadnji del enačbe v log-linearini obliki postane enak 0. Združitev vseh štirih delov ((163), (166), (168) in zadnjega, ki je enak 0), ponudi sledeč izraz za investicije:

$$F''(1) (\hat{inv}_t - \hat{inv}_{t-1}) - \beta F''(1) (E_t \hat{inv}_{t+1} - \hat{inv}_t) - \hat{q}_t = 0, \quad (170)$$

$$F''(1) \hat{inv}_t + \beta F''(1) \hat{inv}_t = F''(1) \hat{inv}_{t-1} + \beta F''(1) E_t \hat{inv}_{t+1} + \hat{q}_t, \quad (171)$$

$$[F''(1)(1 + \beta)] \hat{inv}_t = \beta F''(1) E_t \hat{inv}_{t+1} + F''(1) \hat{inv}_{t-1} + \hat{q}_t, \quad (172)$$

$$\hat{inv}_t = \frac{\beta}{1 + \beta} E_t \hat{inv}_{t+1} + \frac{1}{1 + \beta} \hat{inv}_{t-1} + \frac{1}{F''(1)(1 + \beta)} \hat{q}_t, \quad (173)$$

$$\hat{inv}_t = \frac{1}{1 + \beta} (\beta E_t \hat{inv}_{t+1} + \hat{inv}_{t-1} + \varphi \hat{q}_t), \quad (174)$$

kjer velja  $\varphi = \frac{1}{F''(1)}$ . Dinamika kapitala je v modelu opisana z enačbo (4). Preden se lotim njene log-linearizacije, opredelim razmerje, ki prevladuje v ustaljenem stanju enačbe (4):

$$K = (1 - \delta)K + [1 - F(1)]I, \quad (175)$$

kjer velja  $F(1) = 0$ , kar sledi iz lastnosti stroškovne funkcije, opisanih na 26. strani magistrskega dela.

$$I = K - (1 - \delta)K, \quad (176)$$

$$I = \delta K, \quad (177)$$

$$\frac{I}{K} = \delta. \quad (178)$$

Sledi log-linearizacija enačbe (4):

$$K + K1\hat{k}_{t+1} = (1-\delta)K + [1-F(1)]I + K(1-\delta)\hat{k}_t + \\ + I1i\hat{v}_t - IF'(1)\frac{1}{I}Ii\hat{v}_t - IF'(1)\left(-\frac{I}{I^2}\right)Ii\hat{v}_{t-1} - IF(1)1i\hat{v}_t, \quad (179)$$

kjer velja  $K = (1-\delta)K + [1-F(1)]I$  in  $F(1) = F'(1) = 0$ .

$$K\hat{k}_{t+1} = K(1-\delta)\hat{k}_t + Ii\hat{v}_t. \quad (180)$$

Po deljenju enačbe (180) s  $K$  in upoštevanjem izraza (178) dobim:

$$\hat{k}_{t+1} = (1-\delta)\hat{k}_t + \delta i\hat{v}_t. \quad (181)$$

Zadnja enačba na strani povpraševanja, ki jo log-lineariziram, določa optimalno stopnjo izkoriščenosti kapitala (25):

$$r^K + r^K 1\hat{r}_t^K = \Psi'(1) + u\Psi''(1)\hat{u}_t, \quad (182)$$

kjer velja  $r^K = \Psi'(1)$ .

$$r^K \hat{r}_t^K = u\Psi''(1)\hat{u}_t. \quad (183)$$

Če nadalje upoštevam vrednost enačbe (25) v ustaljenem stanju (146) in  $u = 1$  pridobim:

$$\Psi'(1)\hat{r}_t^K = \Psi''(1)\hat{u}_t, \quad (184)$$

$$\hat{r}_t^K = \frac{\Psi''(1)}{\Psi'(1)}\hat{u}_t, \quad (185)$$

$$\hat{u}_t = \psi\hat{r}_t^K, \quad (186)$$

kjer velja  $\psi = \frac{\Psi'(1)}{\Psi''(1)}$ .

### ➤ Agregatna ponudba

Log-linearizacijo ponudbenega bloka pričujem s procesom, ki opisuje vpliv na elastičnost substitucije (27) in procesom, ki opisuje vpliv šoka na stroške proizvodnje (28). Oba  $AR(1)$  procesa log-lineariziram z razčlenitvijo, predstavljeno v enačbi (134), kar pomeni, da na koncu dobim:

$$\hat{\varepsilon}_t = \rho_\varepsilon \hat{\varepsilon}_{t-1} + \epsilon_t^\varepsilon, \quad (187)$$

$$\hat{\xi}_t = \rho_\xi \hat{\xi}_{t-1} + \epsilon_t^\xi, \quad (188)$$

pri čemer velja  $\hat{\xi}_t = -\hat{\varepsilon}_t$ . Sledi log-linearizacija produkcijske funkcije, predstavljene z enačbo (57):

$$Y + Y1\hat{y}_t = A(uK)^\alpha N^{1-\alpha} + A(uK)^\alpha N^{1-\alpha}\hat{a}_t + u\alpha Au^{\alpha-1}K^\alpha N^{1-\alpha}\hat{u}_t + K\alpha Au^\alpha K^{\alpha-1}N^{1-\alpha}\hat{k}_t + N(1-\alpha)A(uK)^\alpha N^{-\alpha}\hat{n}_t, \quad (189)$$

kjer velja  $Y = A(uK)^\alpha N^{1-\alpha}$ .

$$Y\hat{y}_t = A(uK)^\alpha N^{1-\alpha} \left[ \hat{a}_t + \alpha\hat{u}_t + \alpha\hat{k}_t + (1-\alpha)\hat{n}_t \right], \quad (190)$$

$$\hat{y}_t = \hat{a}_t + \alpha(\hat{u}_t + \hat{k}_t) + (1-\alpha)\hat{n}_t. \quad (191)$$

Pri log-linearizaciji procesa, ki opisuje tehnološki šok (58), ponovno uporabim razčlenitev, predstavljeno z enačbo (134), kar pomeni, da na koncu dobim:

$$\hat{a}_t = \rho_a \hat{a}_{t-1} + \epsilon_t^a. \quad (192)$$

Preden log-lineariziram razmerje med delom in kapitalom v ravnovesju (65) zapišem enačbo nekoliko drugače, pri čemer ponovno upoštevam dejstvo, da so realne plače enake  $\frac{W_t}{P_t} = w_t$ :

$$\frac{w_t}{r_t^K} = \frac{(1-\alpha)u_t K_t}{\alpha N_t}. \quad (193)$$

Sledi log-linearizacija enačbe (193):

$$\begin{aligned} \frac{w}{r^K} + w \frac{1}{r^K} \hat{w}_t + r^K \left( -\frac{w}{(r^K)^2} \right) \hat{r}_t^K &= \frac{(1-\alpha)uK}{\alpha N} + \\ + u \frac{(1-\alpha)K}{\alpha N} \hat{u}_t + K \frac{(1-\alpha)u}{\alpha N} \hat{k}_t + N \left[ -\frac{(1-\alpha)uK}{\alpha N^2} \right] \hat{n}_t, \end{aligned} \quad (194)$$

kjer velja  $\frac{w}{r^K} = \frac{(1-\alpha)uK}{\alpha N}$ .  $\alpha$  ne niha v času, kar pomeni, da se pri postopku log-linearizacije izniči ( $\hat{\alpha}$  je enaka 0).

$$\frac{w}{r^K} (\hat{w}_t - \hat{r}_t^K) = \frac{(1-\alpha)uK}{\alpha N} (\hat{u}_t + \hat{k}_t - \hat{n}_t), \quad (195)$$

$$\hat{w}_t - \hat{r}_t^K = \hat{u}_t + \hat{k}_t - \hat{n}_t, \quad (196)$$

$$\hat{n}_t - \hat{u}_t - \hat{k}_t = \hat{r}_t^K - \hat{w}_t. \quad (197)$$

Realni mejni stroški, predstavljeni z enačbo (82), so v modelu izjemno pomembni, saj predstavljajo gonilno silo inflacije. Ravno tako kot v predhodnem primeru, zapišem enačbo realnih mejnih stroškov nekoliko drugače, pri čemer znova upoštevam dejstvo, da so realne

plače enake  $\frac{W_t}{P_t} = w_t$ :

$$S_t = \frac{1}{A_t} \left( \frac{w_t}{1-\alpha} \right)^{1-\alpha} \left( \frac{r_t^K}{\alpha} \right)^\alpha. \quad (198)$$

Sledi log-linearizacija enačbe (198):

$$\begin{aligned} S + S1\hat{s}_t &= \frac{1}{A} \left( \frac{w}{1-\alpha} \right)^{1-\alpha} \left( \frac{r^K}{\alpha} \right)^\alpha + A \left( -\frac{1}{A^2} \right) \left( \frac{w}{1-\alpha} \right)^{1-\alpha} \left( \frac{r^K}{\alpha} \right)^\alpha \hat{a}_t + \\ &+ w(1-\alpha) \frac{1}{A} \left( \frac{w}{1-\alpha} \right)^{-\alpha} \frac{1}{1-\alpha} \left( \frac{r^K}{\alpha} \right)^\alpha \hat{w}_t + r^K \alpha \frac{1}{A} \left( \frac{w}{1-\alpha} \right)^{1-\alpha} \left( \frac{r^K}{\alpha} \right)^{\alpha-1} \frac{1}{\alpha} \hat{r}_t^K, \end{aligned} \quad (199)$$

kjer velja  $S = \frac{1}{A} \left( \frac{w}{1-\alpha} \right)^{1-\alpha} \left( \frac{r^K}{\alpha} \right)^\alpha$ .  $\alpha$  znova ne niha v času, kar pomeni, da se pri postopku log-linearizacije izniči ( $\hat{\alpha}$  je enaka 0).

$$S\hat{s}_t = \frac{1}{A} \left( \frac{w}{1-\alpha} \right)^{1-\alpha} \left( \frac{r^K}{\alpha} \right)^\alpha \left[ -\hat{a}_t + (1-\alpha)\hat{w}_t + \alpha\hat{r}_t^K \right], \quad (200)$$

$$\hat{s}_t = -\hat{a}_t + (1-\alpha)\hat{w}_t + \alpha\hat{r}_t^K, \quad (201)$$

$$\hat{s}_t = (1-\alpha)\hat{w}_t + \alpha\hat{r}_t^K - \hat{a}_t. \quad (202)$$

Naslednja enačba je najpomembnejša v celotnem ponudbenem bloku, saj opisuje dinamiko inflacije. Preden jo lahko predstavim, potrebujem log-linearizirane verzije izrazov za optimalno ceno (105) in cenovnega indeksa oziroma agregatne ravni cen (116). Preden se lotim log-linearizacije prve enačbe jo še nekoliko preuredim:

$$E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \frac{P_t^*}{P_t} \Lambda_{t,t+i} Y_{t+i} P_{t+i}^{\varepsilon_{t+i}-1} = E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \Lambda_{t,t+i} Y_{t+i} \frac{\varepsilon_{t+i}}{\varepsilon_{t+i}-1} \frac{S_{t+i}^n}{P_t} P_{t+i}^{\varepsilon_{t+i}-1}. \quad (203)$$

Sedaj sledi log-linearizacija leve strani enačbe (203):

$$\begin{aligned} &E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \frac{P^*}{P} \Lambda Y P^{\varepsilon-1} + \\ &+ (\theta\beta)^i \left[ \begin{aligned} &P^* \frac{1}{P} \Lambda Y P^{\varepsilon-1} \hat{p}_t^* + P \left( -\frac{P^*}{P^2} \right) \Lambda Y P^{\varepsilon-1} \hat{p}_t + \Lambda \frac{P^*}{P} Y P^{\varepsilon-1} \hat{\Lambda}_{t,t+i} + \\ &+ Y \frac{P^*}{P} \Lambda P^{\varepsilon-1} \hat{y}_{t+i} + P(\varepsilon-1) \frac{P^*}{P} \Lambda Y P^{\varepsilon-2} \hat{p}_{t+i} + \varepsilon \frac{P^*}{P} \Lambda Y \ln P P^{\varepsilon-1} \hat{\varepsilon}_{t+i} \end{aligned} \right], \end{aligned} \quad (204)$$

kjer velja  $\frac{P^*}{P} = 1$ , saj predvidevam, da v ustaljenem stanju prevladuje ničelna stopnja inflacije.  $\theta$  in  $\beta$  ne nihata v času, kar pomeni, da se pri postopku log-linearizacije izničita ( $\hat{\theta}$  in  $\hat{\beta}$  sta enaka 0).

$$E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \Lambda Y P^{\varepsilon-1} + (\theta\beta)^i \Lambda Y P^{\varepsilon-1} \left( \hat{p}_t^* - \hat{p}_t + \hat{\Lambda}_{t,t+i} + \hat{y}_{t+i} + (\varepsilon-1)\hat{p}_{t+i} + \varepsilon \ln P \hat{\varepsilon}_{t+i} \right), \quad (205)$$

$$E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \Lambda Y P^{\varepsilon-1} \left( 1 + \hat{p}_t^* - \hat{p}_t + \hat{\Lambda}_{t,t+i} + \hat{y}_{t+i} + (\varepsilon-1) \hat{p}_{t+i} + \varepsilon \ln P \hat{\varepsilon}_{t+i} \right). \quad (206)$$

Nadalje log-lineariziram še desno stran enačbe (203):

$$E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \Lambda Y \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} \frac{S^n}{P} P^{\varepsilon-1} + \left[ \begin{aligned} & \Lambda Y \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} \frac{S^n}{P} P^{\varepsilon-1} \hat{\Lambda}_{t,t+i} + Y \Lambda \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} \frac{S^n}{P} P^{\varepsilon-1} \hat{y}_{t+i} + \\ & + \varepsilon \Lambda Y \frac{1}{\varepsilon-1} \frac{S^n}{P} P^{\varepsilon-1} \hat{\varepsilon}_{t+i} + \varepsilon \Lambda Y \left( -\frac{\varepsilon}{(\varepsilon-1)^2} \right) \frac{S^n}{P} P^{\varepsilon-1} \hat{\varepsilon}_{t+i} + \\ & + S^n \Lambda Y \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} \frac{1}{P} P^{\varepsilon-1} \hat{S}_{t+i}^n + P \Lambda Y \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} \left( -\frac{S^n}{P^2} \right) P^{\varepsilon-1} \hat{p}_t + \\ & + P (\varepsilon-1) \Lambda Y \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} \frac{S^n}{P} P^{\varepsilon-2} \hat{p}_{t+i} + \varepsilon \Lambda Y \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} \frac{S^n}{P} \ln P P^{\varepsilon-1} \hat{\varepsilon}_{t+i} \end{aligned} \right], \quad (207)$$

$$E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \Lambda Y \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} \frac{S^n}{P} P^{\varepsilon-1} + (\theta\beta)^i \Lambda Y \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} \frac{S^n}{P} P^{\varepsilon-1} \cdot \left[ \begin{aligned} & \hat{\Lambda}_{t,t+i} + \hat{y}_{t+i} + \hat{\varepsilon}_{t+i} - \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} \hat{\varepsilon}_{t+i} + \hat{S}_{t+i}^n - \\ & - \hat{p}_t + (\varepsilon-1) \hat{p}_{t+i} + \varepsilon \ln P \hat{\varepsilon}_{t+i} \end{aligned} \right], \quad (208)$$

kjer velja  $S = \frac{S^n}{P}$ . Izraz  $\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} S$  oziroma  $\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} \frac{S^n}{P}$  se tako lahko nadalje poenostavi, če izračunam vrednost enačbe (95) v ustaljenem stanju:

$$\frac{P^*}{P} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} S, \quad (209)$$

kjer, kot že omenjeno, velja  $\frac{P^*}{P} = 1$ .

$$1 = \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} S. \quad (210)$$

Enačba (208) se s pomočjo izraza (210) poenostavi v:

$$E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \Lambda Y P^{\varepsilon-1} + (\theta\beta)^i \Lambda Y P^{\varepsilon-1} \left[ \begin{aligned} & \hat{\Lambda}_{t,t+i} + \hat{y}_{t+i} + \left( 1 - \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} \right) \hat{\varepsilon}_{t+i} + \hat{S}_{t+i}^n - \\ & - \hat{p}_t + (\varepsilon-1) \hat{p}_{t+i} + \varepsilon \ln P \hat{\varepsilon}_{t+i} \end{aligned} \right], \quad (211)$$

$$E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \Lambda Y P^{\varepsilon-1} \left[ \begin{aligned} & 1 + \hat{\Lambda}_{t,t+i} + \hat{y}_{t+i} - \frac{1}{\varepsilon-1} \hat{\varepsilon}_{t+i} + \hat{S}_{t+i}^n - \\ & - \hat{p}_t + (\varepsilon-1) \hat{p}_{t+i} + \varepsilon \ln P \hat{\varepsilon}_{t+i} \end{aligned} \right]. \quad (212)$$

V naslednjem koraku združim levo (206) in desno (212) stran enačbe, ter pridobim:



$$\begin{aligned}
& E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \Lambda Y P^{\varepsilon-1} \left( 1 + \hat{p}_t^* - \hat{p}_t + \hat{\Lambda}_{t,t+i} + \hat{y}_{t+i} + (\varepsilon-1) \hat{p}_{t+i} + \varepsilon \ln P \hat{\varepsilon}_{t+i} \right) = \\
& = E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \Lambda Y P^{\varepsilon-1} \left[ \begin{array}{l} 1 + \hat{\Lambda}_{t,t+i} + \hat{y}_{t+i} - \frac{1}{\varepsilon-1} \hat{\varepsilon}_{t+i} + \hat{s}_{t+i}^n - \\ - \hat{p}_t + (\varepsilon-1) \hat{p}_{t+i} + \varepsilon \ln P \hat{\varepsilon}_{t+i} \end{array} \right] . \quad (213)
\end{aligned}$$

Celotno enačbo lahko delim z  $\Lambda Y P^{\varepsilon-1}$  in preuredim v končno obliko log-lineariziranega izraza za optimalno ceno:

$$E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \hat{p}_t^* = E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \left( -\frac{1}{\varepsilon-1} \hat{\varepsilon}_{t+i} + \hat{s}_{t+i}^n \right), \quad (214)$$

$$\hat{p}_t^* E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i = E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \left( \hat{s}_{t+i}^n - \frac{1}{\varepsilon-1} \hat{\varepsilon}_{t+i} \right), \quad (215)$$

kjer velja  $\sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i = \frac{1}{1-\theta\beta}$ .

$$\hat{p}_t^* = (1-\theta\beta) E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \left( \hat{s}_{t+i}^n - \frac{1}{\varepsilon-1} \hat{\varepsilon}_{t+i} \right). \quad (216)$$

Za lažjo izpeljavo Phillipsove krivulje zapišem enačbo (216) v rekurzivni obliki:

$$\hat{p}_t^* = (1-\theta\beta) \left( \hat{s}_t^n - \frac{1}{\varepsilon-1} \hat{\varepsilon}_t \right) + (1-\theta\beta) E_t \sum_{i=1}^{\infty} (\theta\beta)^i \left( \hat{s}_{t+i}^n - \frac{1}{\varepsilon-1} \hat{\varepsilon}_{t+i} \right), \quad (217)$$

$$\hat{p}_t^* = (1-\theta\beta) \left( \hat{s}_t^n - \frac{1}{\varepsilon-1} \hat{\varepsilon}_t \right) + (1-\theta\beta) E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^{1+i} \left( \hat{s}_{t+1+i}^n - \frac{1}{\varepsilon-1} \hat{\varepsilon}_{t+1+i} \right), \quad (218)$$

$$\hat{p}_t^* = (1-\theta\beta) \left( \hat{s}_t^n - \frac{1}{\varepsilon-1} \hat{\varepsilon}_t \right) + (1-\theta\beta) (\theta\beta) E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \left( \hat{s}_{t+1+i}^n - \frac{1}{\varepsilon-1} \hat{\varepsilon}_{t+1+i} \right), \quad (219)$$

kjer velja  $E_t \hat{p}_{t+1}^* = (1-\theta\beta) E_t \sum_{i=0}^{\infty} (\theta\beta)^i \left( \hat{s}_{t+1+i}^n - \frac{1}{\varepsilon-1} \hat{\varepsilon}_{t+1+i} \right)$ .

$$\hat{p}_t^* = (1-\theta\beta) \left( \hat{s}_t^n - \frac{1}{\varepsilon-1} \hat{\varepsilon}_t \right) + (\theta\beta) E_t \hat{p}_{t+1}^*. \quad (220)$$

Druga enačba predstavlja cenovni indeks oziroma agregatno raven cen. Izraz (116) najprej malce preoblikujem:

$$P_t^{1-\varepsilon} = \theta P_{t-1}^{1-\varepsilon} + (1-\theta) P_t^{*1-\varepsilon}. \quad (221)$$

Log-linearna oblika enačbe (221) zgleda takole:

$$\begin{aligned}
& P^{1-\varepsilon} + P(1-\varepsilon) P^{-\varepsilon} \hat{p}_t + \varepsilon \ln P P^{1-\varepsilon} \hat{\varepsilon}_t = \theta P^{1-\varepsilon} + (1-\theta) P^{*1-\varepsilon} + \theta P(1-\varepsilon) P^{-\varepsilon} \hat{p}_{t-1} + \\
& + \theta \varepsilon \ln P P^{1-\varepsilon} \hat{\varepsilon}_t + (1-\theta) P^* (1-\varepsilon) P^{*-\varepsilon} \hat{p}_t^* + (1-\theta) \varepsilon \ln P^* P^{*1-\varepsilon} \hat{\varepsilon}_t^* , \quad (222)
\end{aligned}$$

kjer velja  $P^{1-\varepsilon} = \theta P^{1-\varepsilon} + (1-\theta) P^{*1-\varepsilon}$  in  $\frac{P^*}{P} = 1$ , saj predvidevam, da v ustaljenem stanju prevladuje ničelna stopnja inflacije.

$$P(1-\varepsilon)P^{-\varepsilon}\hat{p}_t + \varepsilon \ln PP^{1-\varepsilon}\hat{\varepsilon}_t = \theta P(1-\varepsilon)P^{-\varepsilon}\hat{p}_{t-1} + \theta \varepsilon \ln PP^{1-\varepsilon}\hat{\varepsilon}_t + (1-\theta)P(1-\varepsilon)P^{-\varepsilon}\hat{p}_t^* + (1-\theta)\varepsilon \ln PP^{1-\varepsilon}\hat{\varepsilon}_t^*, \quad (223)$$

$$(1-\varepsilon)P^{1-\varepsilon}\hat{p}_t + \varepsilon \ln PP^{1-\varepsilon}\hat{\varepsilon}_t = (1-\varepsilon)P^{1-\varepsilon}\left[\theta\hat{p}_{t-1} + (1-\theta)\hat{p}_t^*\right] + (\theta+1-\theta)\varepsilon \ln PP^{1-\varepsilon}\hat{\varepsilon}_t, \quad (224)$$

$$(1-\varepsilon)P^{1-\varepsilon}\hat{p}_t = (1-\varepsilon)P^{1-\varepsilon}\left[\theta\hat{p}_{t-1} + (1-\theta)\hat{p}_t^*\right]. \quad (225)$$

Enačbo (225) lahko delim z  $(1-\varepsilon)P^{1-\varepsilon}$  in pridobim:

$$\hat{p}_t = \theta\hat{p}_{t-1} + (1-\theta)\hat{p}_t^*. \quad (226)$$

Za lažjo izpeljavo Phillipsove krivulje lahko nekoliko preuredim enačbo (226):

$$\hat{p}_t^* = \frac{1}{1-\theta}(\hat{p}_t - \theta\hat{p}_{t-1}). \quad (227)$$

Združitev enačb (220) in (227) me pripelje do izraza za novo keynesiansko Phillipsovo krivuljo:

$$\frac{1}{1-\theta}(\hat{p}_t - \theta\hat{p}_{t-1}) = (1-\theta\beta)\left(\hat{s}_t^n - \frac{1}{\varepsilon-1}\hat{\varepsilon}_t\right) + (\theta\beta)\frac{1}{1-\theta}E_t(\hat{p}_{t+1} - \theta\hat{p}_t). \quad (228)$$

Za lažjo manipulacijo enačbe (228) izpustim operator racionalnih pričakovanj in ga na koncu dodam končni enačbi:

$$\hat{p}_t - \theta\hat{p}_{t-1} = (1-\theta)(1-\theta\beta)\left(\hat{s}_t^n - \frac{1}{\varepsilon-1}\hat{\varepsilon}_t\right) + \theta\beta(\hat{p}_{t+1} - \theta\hat{p}_t), \quad (229)$$

$$\theta(\hat{p}_t - \hat{p}_{t-1}) = (1-\theta)(1-\theta\beta)\left(\hat{s}_t^n - \frac{1}{\varepsilon-1}\hat{\varepsilon}_t\right) + \theta\beta(\hat{p}_{t+1} - \theta\hat{p}_t) + \theta\hat{p}_t - \hat{p}_t, \quad (230)$$

$$\theta\hat{\pi}_t = (1-\theta)(1-\theta\beta)\left(\hat{s}_t^n - \frac{1}{\varepsilon-1}\hat{\varepsilon}_t\right) + \theta\beta\hat{p}_{t+1} - \theta^2\beta\hat{p}_t - (1-\theta)\hat{p}_t, \quad (231)$$

kjer velja  $\hat{\pi}_t = \hat{p}_t - \hat{p}_{t-1}$ .

$$\theta\hat{\pi}_t = (1-\theta)(1-\theta\beta)\left(\hat{s}_t + \hat{p}_t - \frac{1}{\varepsilon-1}\hat{\varepsilon}_t\right) + \theta\beta\hat{p}_{t+1} - \theta^2\beta\hat{p}_t - (1-\theta)\hat{p}_t, \quad (232)$$

kje velja  $\hat{s}_t^n = \hat{s}_t + \hat{p}_t$ .

$$\theta\hat{\pi}_t = (1-\theta)(1-\theta\beta)\left(\hat{s}_t - \frac{1}{\varepsilon-1}\hat{\varepsilon}_t\right) + \theta\beta\hat{p}_{t+1} - \theta^2\beta\hat{p}_t - (1-\theta)\hat{p}_t + (1-\theta)(1-\theta\beta)\hat{p}_t, \quad (233)$$

$$\theta\hat{\pi}_t = (1-\theta)(1-\theta\beta)\left(\hat{s}_t - \frac{1}{\varepsilon-1}\hat{\varepsilon}_t\right) + \theta\beta\hat{p}_{t+1} - \theta^2\beta\hat{p}_t - \hat{p}_t + \theta\hat{p}_t + \hat{p}_t - \theta\beta\hat{p}_t - \theta\hat{p}_t + \theta^2\beta\hat{p}_t, \quad (234)$$

$$\theta \hat{\pi}_t = (1-\theta)(1-\theta\beta) \left( \hat{s}_t - \frac{1}{\varepsilon-1} \hat{\varepsilon}_t \right) + \theta\beta \hat{p}_{t+1} - \theta\beta \hat{p}_t, \quad (235)$$

$$\theta \hat{\pi}_t = (1-\theta)(1-\theta\beta) \left( \hat{s}_t - \frac{1}{\varepsilon-1} \hat{\varepsilon}_t \right) + \theta\beta (\hat{p}_{t+1} - \hat{p}_t). \quad (236)$$

Sedaj lahko v enačbo (236) vrnem operator racionalnih pričakovanj in dobim izraz nove keynesinske Phillipsove krivulje:

$$\hat{\pi}_t = \kappa \left( \hat{s}_t - \frac{1}{\varepsilon-1} \hat{\varepsilon}_t \right) + \beta E_t \hat{\pi}_{t+1}, \quad (237)$$

kjer velja  $\hat{\pi}_{t+1} = \hat{p}_{t+1} - \hat{p}_t$  in  $\kappa = \frac{(1-\theta)(1-\theta\beta)}{\theta}$ . V izrazu (237) lahko uporabim še proces, ki opisuje vpliv šoka na stroške proizvodnje (188) in dobim končno različico enačbe (237):

$$\hat{\pi}_t = \kappa \left( \hat{s}_t + \frac{1}{\varepsilon-1} \hat{\xi}_t \right) + \beta E_t \hat{\pi}_{t+1}. \quad (238)$$

### ➤ Država in centralna banka

Log-linearizacijo modela zaključita še  $AR(1)$  proces, ki opisuje šok v državnih izdatkih (118) in log-linearna oblika Taylorjevega pravila, opisanega z enačbo (119).  $AR(1)$  proces se ponovno log-linearizira z razčlenitvijo, predstavljeno v enačbi (134), kar pomeni, da na koncu dobim:

$$\hat{g}_t = \rho_G \hat{g}_{t-1} + \epsilon_t^G. \quad (239)$$

Taylorjevo pravilo (119) pa log-lineariziram takole:

$$\ln i_t - \ln i = (1-\rho_i) \ln i - (1-\rho_i) \ln i + \rho_i \ln i_{t-1} - \rho_i \ln i + (1-\rho_i) \phi_\pi \ln \Pi_t - (1-\rho_i) \phi_\pi \ln \Pi + (1-\rho_i) \phi_y \ln Y_t - (1-\rho_i) \phi_y \ln Y + \ln \epsilon_t^{MP} - \ln \epsilon^{MP}, \quad (240)$$

$$\ln i_t - \ln i = \rho_i (\ln i_{t-1} - \ln i) + (1-\rho_i) \phi_\pi (\ln \Pi_t - \ln \Pi) + (1-\rho_i) \phi_y (\ln Y_t - \ln Y) + \ln \epsilon_t^{MP} - \ln \epsilon^{MP}, \quad (241)$$

$$\hat{i}_t = \rho_i \hat{i}_{t-1} + (1-\rho_i) \phi_\pi \hat{\pi}_t + (1-\rho_i) \phi_y \hat{y}_t + \hat{\epsilon}_t^{MP}, \quad (242)$$

$$\hat{i}_t = \rho_i \hat{i}_{t-1} + (1-\rho_i) (\phi_\pi \hat{\pi}_t + \phi_y \hat{y}_t) + \hat{\epsilon}_t^{MP}. \quad (243)$$

Zadnja enačba predstavlja log-linearen  $AR(1)$  proces šoka v denarni politiki (120). Tudi zadnji  $AR(1)$  proces se log-linearizira z razčlenitvijo, predstavljeno v enačbi (134), kar pomeni, da na koncu dobim:

$$\hat{\epsilon}_t^{MP} = \rho_{MP} \hat{\epsilon}_{t-1}^{MP} + v_t. \quad (244)$$

### Priloga 3: Podrobna izpeljava Blanchard-Kahnove metode in posplošene Schurove dekompozicije

Priloga 3 prikazuje podrobno izpeljavo Blanchard-Kahnove metode in posplošene Schurove dekompozicije, ki sta vključeni v programski paket Dynare in predstavljata glavno referenco pri postopku reševanja DSGE modelov.

#### ➤ Blanchard-Kahnova metoda

Vsak linearni sistem stohastičnih diferenčnih enačb lahko v splošnem vedno zapišem v sledeči obliki (Flotho, 2009, str. 12):

$$A_0 E_t Y_{t+1} = A_1 Y_t + B_0 \varepsilon_{t+1}. \quad (245)$$

Ključna predpostavka celotne Blanchard-Kahnove metode je obrnljivost matrike  $A_0$  oziroma bolj matematično: obstajati mora inverz matrike  $A_0$ . Če sedaj z  $A_0^{-1}$  pomnožim obe strani enačbe (245) in pri tem upoštevam, da velja  $A_0^{-1} A_1 = A$  in  $A_0^{-1} B_0 = B$ , se multivariantni sistem linearnih diferenčnih enačb spremeni v:

$$E_t Y_{t+1} = A Y_t + B \varepsilon_{t+1}. \quad (246)$$

Nadaljnja predstavitev metode sledi Blanchardu in Kahnu (1980) ter Flothovi (2009, str. 13-15). Vektor  $Y_t$  lahko razdelim na predeterminirane spremenljivke  $x_t$  in nepredeterminirane spremenljivke  $y_t$ . Po razdelitvi modela se izraz (246) spremeni na sledeč način:

$$\begin{bmatrix} x_{t+1} \\ E_t y_{t+1} \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} x_t \\ y_t \end{bmatrix} + B \varepsilon_{t+1}. \quad (247)$$

Sledi Jordanova dekompozicija matrike  $A$ , ki jo zapišem kot:

$$A = P \Lambda P^{-1}. \quad (248)$$

$P$  v (248) predstavlja matriko lastnih vektorjev matrike  $A$ , v tem ko matrika  $\Lambda$  vsebuje lastne vrednosti. Z izrazom (248) lahko nadalje nadomestim matriko  $A$  v zapisu (247) in dobim:

$$\begin{bmatrix} x_{t+1} \\ E_t y_{t+1} \end{bmatrix} = P \Lambda P^{-1} \begin{bmatrix} x_t \\ y_t \end{bmatrix} + B \varepsilon_{t+1}. \quad (249)$$

Če sedaj enačbo (249) pomnožim z  $P^{-1}$  dobim:

$$P^{-1} \begin{bmatrix} x_{t+1} \\ E_t y_{t+1} \end{bmatrix} = \Lambda P^{-1} \begin{bmatrix} x_t \\ y_t \end{bmatrix} + R \varepsilon_{t+1}, \quad (250)$$

pri čemer upoštevam dejstvo, da je  $P^{-1} B = R$ . Matrika  $\Lambda$  v zapisu (250) je nadalje enaka:

$$\Lambda = \begin{bmatrix} \Lambda_1 & \\ & \Lambda_2 \end{bmatrix}, \quad (251)$$

kjer  $\Lambda_1$  predstavlja stabilne lastne vrednosti,  $\Lambda_2$  pa nestabilne lastne vrednosti. Na tej točki lahko odgovorim na vprašanje, ali ima model rešitev. Odgovor ponuja slavni Blanchard-Kahnov pogoj določenosti. Če je Blanchard-Kahnov pogoj izpolnjen, lahko z nadaljnjo določitvijo:

$$P^{-1} \begin{bmatrix} x_t \\ y_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_t \\ \tilde{y}_t \end{bmatrix} \quad (252)$$

in

$$P^{-1} \begin{bmatrix} x_{t+1} \\ E_t y_{t+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{t+1} \\ \tilde{y}_{t+1} \end{bmatrix} \quad (253)$$

dobim transformiran problem:

$$\begin{bmatrix} \tilde{x}_{t+1} \\ \tilde{y}_{t+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Lambda_1 & \\ & \Lambda_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{x}_t \\ \tilde{y}_t \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \end{bmatrix} \varepsilon_{t+1}, \quad (254)$$

kjer velja, da sta matriki  $P^{-1}$  v (252) in (253) ter  $R$  v (254) razčlenjeni kot:

$$P^{-1} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} \\ P_{21} & P_{22} \end{bmatrix} \quad (255)$$

in

$$R = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \end{bmatrix}. \quad (256)$$

Zapis (254) lahko alternativno predstavim tudi s sistemom dveh enačb:

$$\tilde{x}_{t+1} = \Lambda_1 \tilde{x}_t + R_1 \varepsilon_{t+1} \quad (257)$$

in

$$\tilde{y}_{t+1} = \Lambda_2 \tilde{y}_t + R_2 \varepsilon_{t+1}. \quad (258)$$

(257) predstavlja stabilno enačbo sistema, (258) pa nestabilno enačbo sistema. Enačbi sta običajno rešeni ločeno, zato bom najprej poiskal rešitev za nestabilni del. Enačbo nestabilnega dela (258) rešim za  $t+j$  obdobj naprej in dobim:

$$\tilde{y}_{t+j} = (\Lambda_2)^j \tilde{y}_t. \quad (259)$$

V kolikor je  $|\Lambda_2| > 1$ , je edina stabilna rešitev problema enaka  $\tilde{y}_{t+j} = 0$ , kar velja za vse  $t$ . Če uporabimo razčlenitev matrike  $P$ , zapisane z enačbo (255), dobim iz transformiranega problema (254) sledečo rešitev:

$$P_{21}x_t + P_{22}y_t = \tilde{y}_t = 0, \quad (260)$$

oziroma

$$y_t = -(P_{22})^{-1} P_{21} x_t. \quad (261)$$

Iz izraza (261) je možno razbrati, da so spremenljivke, zazrte v prihodnost, odvisne od predeterminiranih spremenljivk. Sledi še rešitev stabilnega dela. Stabilno enačbo sistema (257), ravno tako kot nestabilno enačbo sistema, rešim za  $t + j$  obdobj naprej, da dobim:

$$\tilde{x}_{t+j} = (\Lambda_1)^j \tilde{x}_t. \quad (262)$$

V kolikor je  $|\Lambda_1| < 1$ , ni težav s stabilnostjo sistema. Če rešitev nestabilnega dela (261) uporabim v naslednji enačbi:

$$P_{11} x_t + P_{12} y_t = \tilde{x}_t \quad (263)$$

dobim:

$$\tilde{x}_t = \left( P_{11} - P_{12} (P_{22})^{-1} P_{21} \right)^{-1} x_t. \quad (264)$$

Na koncu enačbo (264) vstavim na obe strani enačbe (257), preuredim izraz in dobim:

$$\begin{aligned} x_{t+1} = & \left( P_{11} - P_{12} (P_{22})^{-1} P_{21} \right)^{-1} \Lambda_1 \left( P_{11} - P_{12} (P_{22})^{-1} P_{21} \right) x_t + \\ & + \left( P_{11} - P_{12} (P_{22})^{-1} P_{21} \right)^{-1} R_1 \varepsilon_{t+1}. \end{aligned} \quad (265)$$

Rezultat kaže, da so prihodnje predeterminirane spremenljivke odvisne od sedanjih vrednosti nazaj zazrtih spremenljivk. V zadnjem koraku lahko uporabim (265) in zapišem rešitve  $x_t$  in  $y_t$  za vsa obdobja  $t$ . Začnem pri vrednosti  $x_t$  v ustaljenem stanju, ki je enaka  $x_0 = 0$ , in pri tem upoštevam normalno porazdeljenost šokov  $\varepsilon_t$ .  $x_t$  so tako rekurzivno simulirani iz šokov s pomočjo enačbe (265). Na koncu izračunam še  $y_t$  z uporabo  $x_t$ , v enačbi (261).

### ➤ Posplošena Schurova dekompozicija

Podrobna izpeljava posplošene Schurove dekompozicije sledi McCandlessu (2008, str. 133-134, 138-141), pri čemer podajam še enkrat matrični zapis modela (246), ki je tokrat opredeljen nekoliko drugače:

$$B \begin{bmatrix} x_{t+1} \\ E_t y_{t+1} \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} x_t \\ y_t \end{bmatrix} + G [\varepsilon_{t+1}]. \quad (266)$$

Posplošena Schurova dekompozicija omogoča razčlenitev kvadratnih matrik  $A$  in  $B$  na sledeč način:

$$\begin{aligned} B &= QTZ' \\ A &= QSZ' \end{aligned} \quad (267)$$

pri čemer velja, da sta  $T$  in  $S$  zgornje trikotni matriki,  $Q$  in  $Z$  pa sta posebni v sledeči lastnosti:

$$QQ' = Q'Q = I = ZZ' = Z'Z, \quad (268)$$

kjer  $Q'$  predstavlja transponirano vrednost matrike  $Q$ . Zaradi omenjene lastnosti lahko matriki  $Q$  in  $Z$  poimenujem enotski matriki. Z uporabo razčlenjenih matrik (267) lahko začetni model (266) zapišem kot:

$$QTZ' \begin{bmatrix} x_{t+1} \\ E_t y_{t+1} \end{bmatrix} = QSZ' \begin{bmatrix} x_t \\ y_t \end{bmatrix} + G \begin{bmatrix} \varepsilon_{t+1} \\ 0 \end{bmatrix}, \quad (269)$$

kjer ločim med predeterminiranimi in nepredeterminiranimi spremenljivkami. Matrični zapis (269) sedaj pomnožim z  $Q'$  in upoštevam zapis (268), za  $Z'$  pa uporabim bločni zapis matrike:

$$\begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} \\ 0_{21} & T_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z'_{11} & Z'_{12} \\ Z'_{21} & Z'_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{t+1} \\ E_t y_{t+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ 0_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z'_{11} & Z'_{12} \\ Z'_{21} & Z'_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_t \\ y_t \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Q'_{11} & Q'_{12} \\ Q'_{21} & Q'_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} G_1 \\ G_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{t+1} \\ 0 \end{bmatrix}. \quad (270)$$

Najprej se osredotočim na eksplozivni del modela (spodnji del bločnega zapisa), ki mora za stabilnost celotnega modela zadostovati naslednjemu pogoju:

$$0 = S_{22}Z'_{21}x_t + S_{22}Z'_{22}y_t + [Q'_{21}G_1 + Q'_{22}G_2][\varepsilon_{t+1}], \quad (271)$$

oziroma, če iz enačbe (271) izrazim  $y_t$ :

$$\begin{aligned} y_t &= -[S_{22}Z'_{22}]^{-1} S_{22}Z'_{21}x_t - [S_{22}Z'_{22}]^{-1} [Q'_{21}G_1 + Q'_{22}G_2][\varepsilon_{t+1}] \\ &= (Z'_{22})^{-1} Z'_{21}x_t - (Z'_{22})^{-1} S_{22}^{-1} [Q'_{21}G_1 + Q'_{22}G_2][\varepsilon_{t+1}] \end{aligned} \quad (272)$$

Zadnjo vrstico enačbe (272) dobim, če upoštevam sledeče pravilo matrične algebre:

$$[S_{22}Z'_{22}]^{-1} = (Z'_{22})^{-1} S_{22}^{-1}. \quad (273)$$

Matrični zapis (272) lahko nadalje poenostavim z uporabo  $N$  in  $L$  matrike:

$$\begin{aligned} N &= (Z'_{22})^{-1} Z'_{21} \\ L &= (Z'_{22})^{-1} S_{22}^{-1} [Q'_{21}G_1 + Q'_{22}G_2] \end{aligned} \quad (274)$$

s čimer dobim rešitev za nepredeterminirane spremenljivke:

$$y_t = -Nx_t - L[\varepsilon_{t+1}]. \quad (275)$$

Če predpostavim, da je pričakovana vrednost šokov enaka 0, se enačba (275) preoblikuje na sledeč način:

$$E_t y_{t+1} = -(Z'_{22})^{-1} Z'_{21} x_{t+1} = -Nx_{t+1}. \quad (276)$$

Z upoštevanjem izraza (276) lahko sedaj začetni model (266) zapišem kot:

$$\begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} \\ B_{21} & B_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I \\ -N \end{bmatrix} x_{t+1} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_t \\ y_t \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} G_1 \\ G_2 \end{bmatrix} [\varepsilon_{t+1}]. \quad (277)$$

Če namesto  $y_t$  vstavim izraz (275) dobim:

$$\begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} \\ B_{21} & B_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I \\ -N \end{bmatrix} x_{t+1} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I \\ -N \end{bmatrix} x_t + \begin{bmatrix} G_1 - A_{12}L \\ G_2 - A_{22}L \end{bmatrix} [\varepsilon_{t+1}]. \quad (278)$$

Sedaj lahko uporabim le stabilen del matričnega zapisa (zgornji del bločnega zapisa), ki mi ponudi naslednji izraz:

$$[B_{11} - B_{12}N]^{-1} [A_{11} - A_{12}N] x_t + [B_{11} - B_{12}N]^{-1} [G_1 - A_{12}L] [\varepsilon_{t+1}], \quad (279)$$

oziroma

$$x_{t+1} = [B_{11} - B_{12}N]^{-1} [A_{11} - A_{12}N] x_t + [B_{11} - B_{12}N]^{-1} [G_1 - A_{12}L] [\varepsilon_{t+1}]. \quad (280)$$

Z zapisom sledečih matrik:

$$\begin{aligned} C &= [B_{11} - B_{12}N]^{-1} [A_{11} - A_{12}N] \\ D &= [B_{11} - B_{12}N]^{-1} [G_1 - A_{12}L] \end{aligned} \quad (281)$$

lahko skrajšam rešitev stabilnega dela problema na:

$$x_{t+1} = Cx_t + D[\varepsilon_{t+1}]. \quad (282)$$

Rešitve sistema nato uporabim za izračun impulznih odzivov endogenih spremenljivk  $x_t$  in  $y_t$  na različne šoke  $\varepsilon_t$ , vključene v model. Impulzne odzive predeterminiranih spremenljivk izračunam kot:

$$\begin{aligned} \frac{\partial x_t}{\partial \varepsilon_t} &= K \\ \frac{\partial x_{t+1}}{\partial \varepsilon_t} &= MK \\ \frac{\partial x_{t+2}}{\partial \varepsilon_t} &= M^2 K \\ &\vdots \end{aligned} \quad (283)$$

Impulzne odzive nepredeterminiranih spremenljivk pa dobim z:

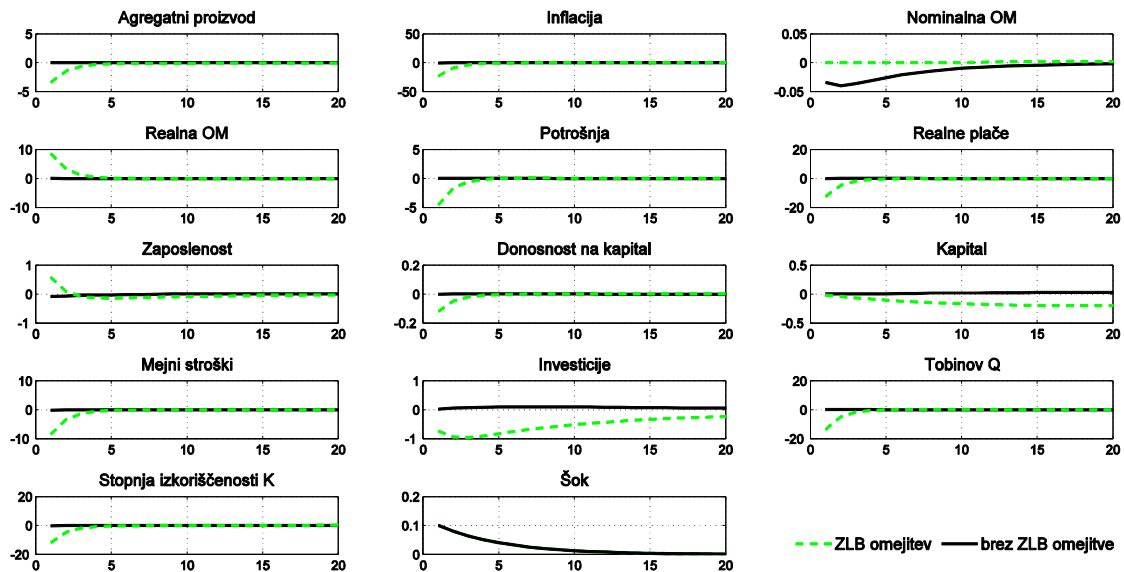
$$\frac{\partial E_t Y_{t+i}}{\partial \varepsilon_t} = -N \frac{\partial X_{t+i}}{\partial \varepsilon_t}; \quad i = 0, 1, 2, \dots \quad (284)$$



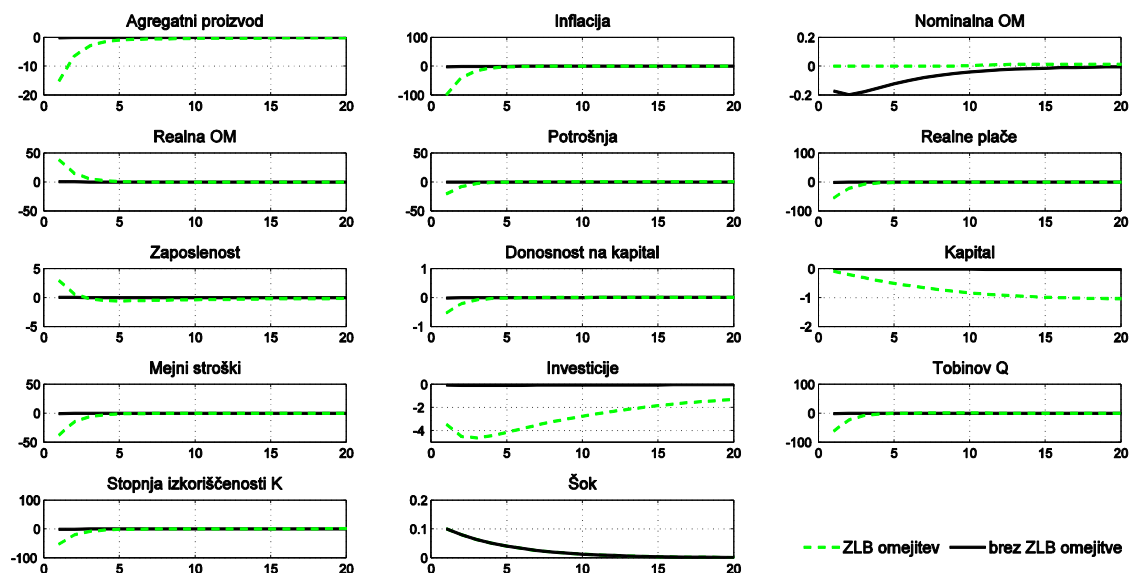
## Priloga 4: Impulzni odzivi spremenljivk na posamezne šoke pri višjih vrednostih vztrajnostnih parametrov

Priloga 4 vsebuje impulzne odzive spremenljivk pri višjih vrednostih vztrajnostnih parametrov, ki so obravnavani v 3. podpoglavju 5. poglavja magistrskega dela.

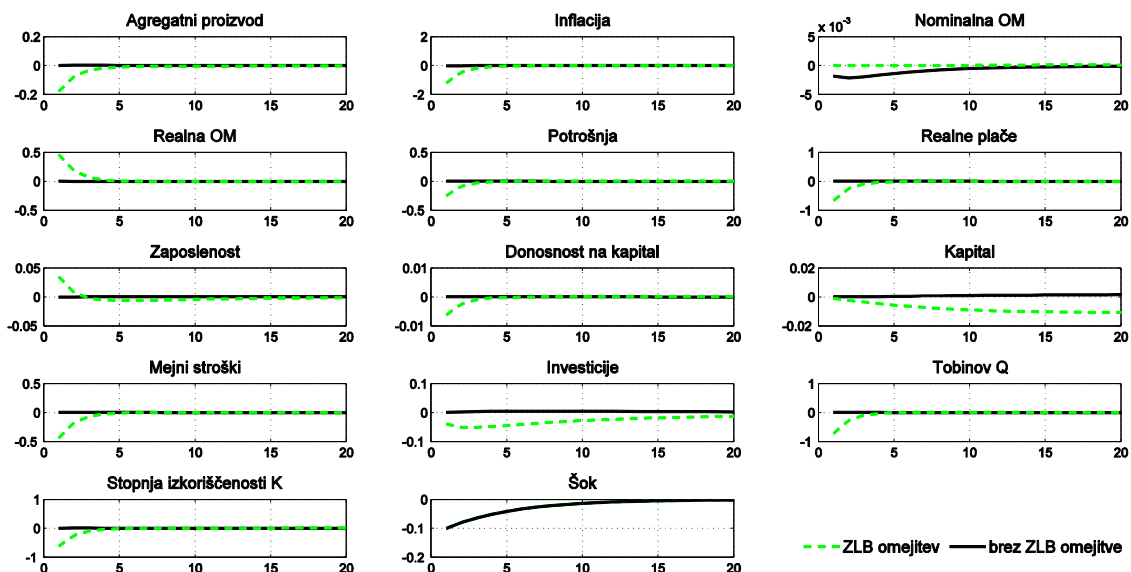
### ➤ Impulzni odzivi na pozitiven tehnološki šok pri vrednosti $\rho_A = 0,8$



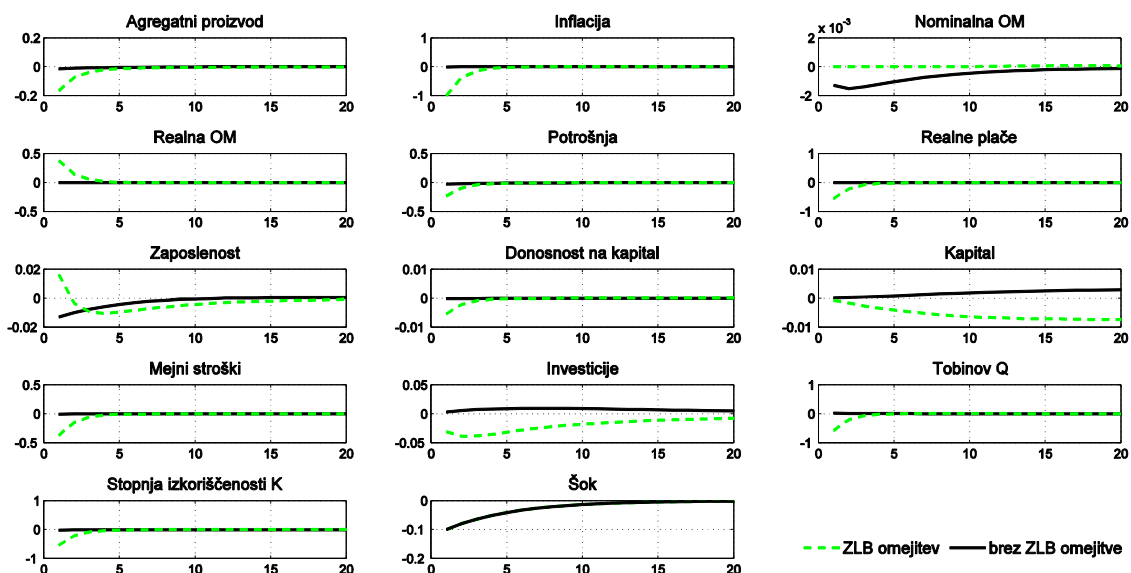
### ➤ Impulzni odzivi na pozitiven šok v denarni politiki pri vrednosti $\rho_{MP} = 0,8$



### ➤ Impulzni odzivi na negativen šok v stroških podjetja pri vrednosti $\rho_\xi = 0,8$



➤ Impulzni odzivi na negativen šok v preferencah gospodinjstev pri vrednosti  $\rho_\chi = 0,8$



➤ Impulzni odzivi na negativen šok v državnih izdatkih pri vrednosti  $\rho_G = 0,8$

