

**Hagrannsóknir sf.**

Verkefni: Þjóðhagslíkan fyrir ferðaþjónustu

# Þjóðhagslíkan fyrir ferðaþjónustu

Verkþáttur 4: Ítarleg lýsing á þjóðhagslíkani með ferðageira

Áfangaskýrsla D5 og afurð D4

Fyrsta útgáfa mars 2023

Uppfærð útgáfa ágúst 2023

Eftirfarandi skýrsla er þáttur í rannsóknarverkefni. Hún er vinnuskjal í verkefninu og getur sem slík tekið breytingum á verkefnistímanum.

**Hagrannsóknir sf.** eru rannsókn- og ráðgjafarfyrtæki á sviði hagfræði

## Formáli

Í þessari áfangaskýrslu er gerð grein fyrir áframhaldandi hönnun á sérstöku þjóðhagslíkani fyrir íslenska ferðaþjónustu. Sett er fram ítarleg lýsing á þessu líkani sem er af svokallaðri DSGE (e. dynamic stochastic general equilibrium) gerð. Það fylgir hefðbundnum byggingarlínunum slíkra líkana með þeirri viðbót að framleiðslugeiranum er skipt í tvo hluta; ferðaþjónustu (eða ferðaiðnað) og aðra framleiðslu. Stuðlar líkansins hafa verið stærðarsettir, líkanið hefur verið forritað og lausnir fundnar á formi tímaferla fyrir ferðaþjónustu og aðrar þjóðhagsstærðir fundnar.

Að þessar hönnunarvinnu hefur einkum unnið Marías Gestsson lektor í hagfræði. Að verkinu hafa einnig komið Eðvarð I. Erlingsson, Birgir Þór Runólfsson, Jóhann R. Björgvinsson, Vilborg Júlíusdóttir og Ragnar Árnason.

31.08.2023

Fyrir Hagrannsóknir sf.



Birgir Þór Runólfsson

## Efnisyfirlit

1. Inngangur .....	1
2. Líkan .....	2
2.1. Almenn lýsing á líkani.....	2
2.2. Ítarleg lýsing á líkaninu.....	3
3. Lausn líkans .....	13
4. Dæmi um hermanir .....	14
Tilvísanir .....	17
Viðauki: Mod skrá .....	18

## 1. Inngangur

Hér fer á eftir greinargerð (áfangaskýrsla D5) um um hönnun á sérstöku þjóðhagslíkani fyrir íslenska ferðapjónustu. Líkan þetta er af þeirri gerð sem kallast DSGE (e. dynamic stochastic general equilibrium) þjóðhagslíkan (Kydland og Prescott 1982, Smets og Wouters 2003). Í meginatriðum fylgir það hefðbundnum byggingarlínum slíkra líkana með þeirri viðbót að framleiðslugeiranum er skipt í tvo hluta; ferðapjónustu (eða ferðaiðnað) og aðra framleiðslu. Þessi viðbót er til að unnt sé að skoða áhrif skella í ferðapjónustu á hagkerfið, áhrif opinberrar hagstjórnar á ferðapjónustuna og síðan hagkerfið og almennt gagnvirk áhrif ferðageirans og hagkerfisins. Hún leiðir hins vegar til þess að umfang líkansins, mælt í fjölda líkinga, vex stórlega. Ástæðan er sú að tveir framleiðslugeirar þýða (a.m.k.) tvær vörutegundir sem fara inn í háþröskunarmál bæði neytenda og framleiðenda og endurspeglast því í bæði framboðsföllum og eftirspurnarföllum.

Líkanið er sérhannað fyrir íslenska hagkerfið. Það er því svokallað opið líkan með stórum utanríkisgeira. Slík líkön fyrir Ísland, en án sérstaks ferðageira, hafa verið í þróun innan Seðlabanka Íslands (sjá t.d. Stefán Þórarinnsson, 2020).

Í hefðbundnum DSGE líkönum er gert ráð fyrir tregðu í aðlögun nafnverða, eins og t.d. nafnlauna og afurðaverðs, til þess að unnt sé að nota líkönin til þess að greina áhrif peningamálaaðgerða á hagstærðir. Af þeim sökum innihalda slík hefðbundin líkön bæði nafn- og raunstærðir.

Í þessu líkani er þessu dálítið öðruvísi farið. Eitt helsta markmiðið með hönnun þess er að unnt sé að nota það til þess að greina áhrif skella (e. shocks) í ferðageira og utan hans á ferðageirann og hagkerfið í heild sinni. Því liggur áherslan í hönnun líkansins á atvinnugreinaskiptingu fremur en að taka tillit til nafnstærða og verðtregðu. Í því líkani sem hér er kynnt eru því engar nafnstærðir, eins og t.d. verðlag eða eignir á nafnvirði, heldur aðeins hlutfallsleg verð og aðrar raunstærðir, eins og t.d. eignir á raunvirði, framleiðsla og atvinna.

Í næsta kafla þessarar greinargerðar er fjallað ítarlega um þetta þjóðhagslíkan. Í þriðja kaflanum er fjallað um lausn líkansins og í fjórða kaflanum er fjallað um mat á gildum stuðla líkansins og langtímaþróun hagkerfisins. Í fimmta kaflanum eru sýndar nokkrar keyrslur líkansins.

## 2. Líkan

Umfjöllunin um líkanið skiptist í tvennt. Í fyrri hlutanum er gefin stutt almenn lýsing á líkaninu og í þeim síðari er ítarleg lýsing á því. Líkanið er hið sama og fjallað er um í *Áfangaskýrslu D3 – hönnun þjóðhagslíkans fyrir íslenska ferðaþjónustu* en þó með vissum breytingum og viðbótum með það fyrir augum að gera líkanið raunhæfara og að það endurspegli betur áhrif skella á heildarstærðir hagkerfisins. Meginatriði þessa eru:

- Nytjum af neyslu er nú lýst með lógarípmísku nytjafalli. Hins vegar var gert ráð fyrir CES nytjafalli í áfangaskýrslu D3.
- Venjumyndun (e. habit persistence) er í neyslu og vinnu. Ekki var gert ráð fyrir venjumyndun í áfangaskýrslu D3.
- Aðlögunarkostnaður er vegna breytingar fjármagnsstofns. Ekki var gert ráð fyrir aðlögunarkostnaði í áfangaskýrslu D3.
- Framleiðsla í almennum geira notar fjármuni og vinnuafl, annars vegar, og aðföng frá ferðageira, hins vegar. Ekki var gert ráð fyrir aðföngum frá ferðageira í áfangaskýrslu D3.
- Framleiðsla á milliaðföngum í almennum geira og ferðageira er skv. Cobb-Douglas framleiðslutækni. Gert var ráð fyrir CES framleiðslutækni í áfangaskýrslu D3.
- Þá er opinber geiri sem kaupir vörur og þjónustu af fyrirtækjum (samneysla) og fjármagnar kaupin með hlutfallslegum skatti á vinnu- og fjármagnstekjur. Ekki var gert ráð fyrir opinberum geira í áfangaskýrslu D3.

### 2.1. Almenn lýsing á líkani

Líkanið samanstendur af heimilum, fyrirtækjum, hinu opinbera og „útlöndum“. Heimili bjóða fram vinnu og fá launatekjur, neyta og spara. Með sparnaði sínum kaupa heimilin innlend og erlend verðbréf ásamt því að byggja upp fjármagnsstofn hagkerfisins með kaupum á fjárfestingarvörum. Þau leigja fyrirtækjum fjármagnsstofninn og fá leigutekjur fyrir. Heimilin eiga jafnframt innlend fyrirtæki og fá greiddan hagnað fyrirtækjanna í formi arðgreiðslna.

Val heimila á milli mismunandi vörutegunda er í þremur þrepum. Í því fyrsta velja heimilin á milli kaupa á almennum vörum, þ.e. vörum framleiddum í almennum geira, og ferðaþjónustu. Í öðru þrepi velja þau á milli kaupa á innlendum og innfluttum almennum vörum og í þriðja þrepi milli kaupa á innlendra og innfluttri ferðaþjónustu.

Fyrirtækjum í hagkerfinu er skipt í almennan geira og ferðageira. Fyrirtæki í almenna geiranum nota fjármuni, vinnuafl og aðföng frá fyrirtækjum í ferðageira til þess að framleiða vörur sem notaðar eru til neyslu og fjárfestingar innanlands og erlendis (útflutningur) og sem aðföng af fyrirtækjum í ferðageira. Fyrirtæki í ferðageira nota fjármuni, vinnuafl og aðföng frá fyrirtækjum í almennum geira til framleiðslu á ferðaþjónustu, sem seld er innanlands og erlendis (útflutningur) og sem aðföng í almennum geira.

Gert er ráð fyrir að erlend heimili og fyrirtæki („útlönd“) standi frammi fyrir hliðstæðu vali og þau innlendu.

Hið opinbera kaupir vörur og þjónustu af innlendum fyrirtækjum (samneysla) og fjármagnar kaupin með því að leggja hlutfallslega skatta á vinnu- og fjármagnstekjur. Gert er ráð fyrir að rekstur hins opinbera sé ávallt í jafnvægi.

Niðurstaða vals heimila og fyrirtækja er að eftirspurn heimila eftir innlendri og innfluttri ferðaþjónustu ræðst m.a. af (hlutfallslegu) verði þessara tveggja „vörutegunda“ og af því hve miklum hluta af tekjum sínum heimilin verja til neyslu. Af þessu leiðir að aukning tekna innlendra og/eða erlendra heimila leiðir til aukinnar eftirspurnar eftir innlendri ferðaþjónustu, að öðru óbreyttu. Aukin eftirspurn leiðir til aukningar framleiðslu á ferðaþjónustu innanlands, sem er seld til innlendra og erlendra (útflutningur) heimila. Aukin framleiðsla á ferðaþjónustu innanlands leiðir síðan til aukinnar eftirspurnar eftir fjármunum, vinnuafli og aðföngum sem framleidd eru af fyrirtækjum í almennum geira. Við það eykst fjárfesting og atvinna innanlands auk þess sem framleiðsla í almennum geira eykst, sem síðan leiðir til enn frekari fjárfestingar og atvinnu innanlands. Aukin fjárfesting og atvinna leiðir síðan til þess að vextir hækka, svo og laun, sem eykur jaðarkostnað fyrirtækja og leiðir til herra vöruverðs, sem dregur úr áhrifum á framleiðslu, fjárfestingu og atvinnu.

## 2.2. Ítarleg lýsing á líkaninu

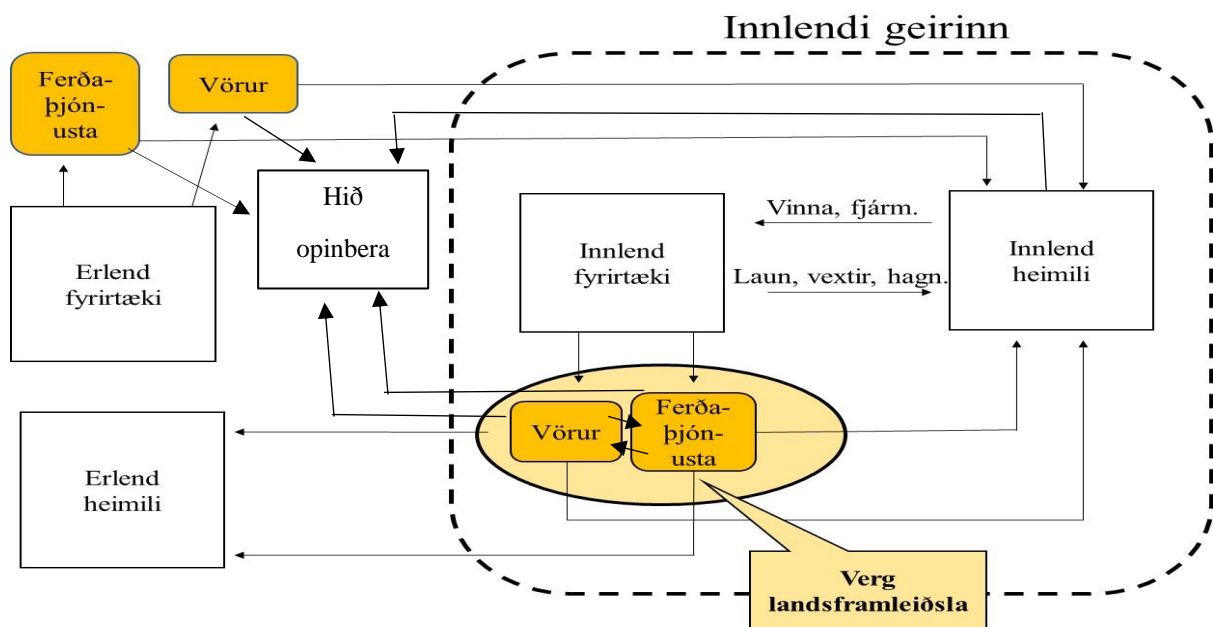
Líkanið fylgir byggingarlínum hefðbundinna DSGE líkana fyrir opin hagkerfið, þ.m.t. DSGE líkans Seðlabanka Íslands (sjá t.d. Stefán Þórarinnsson (2020)) að því undanskildu að (i) atvinnugreinum hagkerfisins er skipti í almennan geira og ferðageira og að (ii) líkanið er raunlíkan, þ.e. allar stærðir í líkaninu eru raunstærðir.

Líkanið samanstendur af dæmigerðum (e. representative) innlendum og erlendum heimili og dæmigerðum innlendum og erlendum fyrirtækjum í almennum geira og ferðageira. Gert er ráð fyrir að heimili taki afurðaverð, laun, leiguverð fjármuna og vexti sem gefnar stærðir við ákvarðanatöku sína og að fyrirtæki taki laun og leiguverð fjármuna sem gefnar stærðir við sínar ákvörðunartökur. Þar sem afurðir í almennum geira og ferðageira, annars vegar, og innlendar og innfluttar vörur, hins vegar, eru mismunandi frá sjónarhóli heimila (neytenda), hafa fyrirtæki markaðsvald á afurðamörkuðum og geta því verðlagt afurðir sínar herra en sem nemur jaðarkostnaði í framleiðslu. Gert er ráð fyrir að heimili eigi fyrirtækin og að hagnaði fyrirtækjanna sé dreift til þeirra í formi arðgreiðslna.

Ath. að þar sem líkanið er raunlíkan eru allar breytur, sem í nafnlíkani væru nafnstærðir, raunstærðir og mældar í fjölda eininga af innlendri neyslu, eins og t.d. afurðaverð, vextir, laun, leiguverð fjármuna og innlend verðbréfaeign. Þá eru erlend verðbréfaeign, erlendir vextir og erlent afurðaverð mæld í fjölda eininga af erlendri neyslu, verg landsframleiðsla innanlands (erlendis) er mæld í fjölda eininga af innlendri (erlendri) neyslu. Að lokum er meiningin raungengi þegar talað er um gengi.

Mynd 1 á næstu blaðsíðu sýnir flæði í hagkerfinu skv. líkaninu. Innlend heimili leigja innlendum fyrirtækjum vinnuafli og fjármuni, sem heimilin eiga, og fá heimilin greitt fyrir í formi launa, vaxta og hagnaðar. Heimilin greiða launa- og fjármagnstekjuskatta til hins opinbera og nota ráðstöfunartekjur sínar til kaupa á innlendum og innfluttum vörum og þjónustu frá innlendum og erlendum fyrirtækjum auk kaupa erlendum skuldabréfum, sem þau hafa vaxtatekjur af. Hluti vöru- og þjónustukaupa heimila teljast til neysluvara og hluti til fjárfestingarvara, sem eru notaðar til þess að byggja upp fjármagnsstofn (fjármuni) hagkerfisins.

Hið opinbera notar skatttekjur sínar til kaupa á innlendum og innfluttum vörum og þjónustu frá innlendum og erlendum fyrirtækjum og í tilfærslur til innlendra heimila. Kaup hins opinbera á vörum og þjónustu teljast til samneyslu.



Mynd 1. Hringrás efnahagslífsins skv. líkaninu

Innlend fyrirtæki í selja vörur og þjónustu til innlendra og erlendra heimila og hins opinbera. Sala til erlendra aðila telst til útflutnings. Auk þessa selja fyrirtæki í almennum geira (ferðageira) vörur og þjónustu til fyrirtækja í ferðageira (almennum geira). Vörur og þjónusta sem seld eru til fyrirtækja í geira teljast til aðfanga í þeim geira.

Eftirfarandi er ítarleg umfjöllun um einstaka aðila líkans (heimili, fyrirtæki, hið opinbera, o.s.frv.):

### Heimili

#### Innlend heimili

Vandamál heimilis er fjórþætt:

Í fyrsta lagi velur það neyslu ( $C$ ), vinnu ( $N$ ) og sparnað, sem varið er í fjármunamyndun ( $I$ ) og fjármagnsstofn ( $K$ ), og innlenda- ( $B_D$ ) og erlenda verðbréfaeign ( $B_I$ ), þannig að væntar samanlagðar núvirtar ævinytjar þess:

$$E_0 \left[ \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left( \ln(C_t - h_C C_{t-1}) - \chi \frac{(N_t - h_N N_{t-1})^{1+\varphi}}{1+\varphi} \right) \right]$$

séu hámarkaðar að teknu tilliti til tekjubands þess:

$$\begin{aligned} & C_t + I_t + S_t B_{I,t} + B_{D,t} \\ &= R_{t-1}^* (1 - \Gamma_{t-1}) S_t B_{I,t-1} + R_{t-1} B_{D,t-1} + (1 - \tau^K) R_t^K K_{t-1} \\ & \quad + (1 - \tau^N) W_t N_t + T_t + \Pi_{G,t} + \Pi_{T,t} \end{aligned}$$

og að þróun fjármagnsstofns er skv.:

$$K_t = \left( 1 - \Gamma_I \left( \frac{I_t}{I_{t-1}} \right) \right) I_t + (1 - \delta) K_{t-1}$$

þar sem  $E_0$  er væntingavirki,  $\Gamma_I \left( \frac{I_t}{I_{t-1}} \right)$  er aðlögunarkostnaður fjármuna,  $\beta \in (0,1)$  er núvirðisþáttur,  $\varphi > 0$  er andhverfa svokallaðar Frisch teygni vinnuframboðs,  $\chi > 0$  er fasti,  $h_C \in (0,1)$  er mælikvarði á venjumyndun (e. habit persistence) í neyslu,  $h_N \in (0,1)$  er mælikvarði á venjumyndun í vinnu,  $\delta \in (0,1)$  er afskriftarhlutfall,  $\tau^K \in (0,1)$  hlutfallslegur skattur á fjármagnstekjur,  $\tau^N \in (0,1)$  hlutfallslegur skattur á vinnutekjur,  $T$  er eru tilfærslur frá hinu opinbera,  $S$  er andhverfa gengis innlends gjaldmiðils,  $R$  eru vergir ( $1+v$ extir) vextir,  $R^*$  eru vergir vextir erlendis,  $R^K$  er leiguverð fjármuna,  $W$  eru laun,  $\Pi_G$  er hagnaður fyrirtækja í almennum geira,  $\Pi_T$  er hagnaður fyrirtækja í ferðageira, og  $\Gamma_{t-1}$  er kostnaður við kaup á erlendum verðbréfum:

$$\Gamma_t = \phi_1 \frac{\exp\left(\phi_2 \frac{S_t B_{I,t}}{Y_t}\right) - 1}{\exp\left(\phi_2 \frac{S_t B_{I,t}}{Y_t}\right) + 1}$$

þar sem  $\phi_1 \in [0,1]$  og  $\phi_2 > 0$  eru stuðlar, og  $Y$  er verg landsframleiðsla. Lausn við hámerkunarvandamálinu gefur eftirfarandi jafnvægisskilyrði:

$$MRS_{CN,t} \equiv \chi (C_t - h_C C_{t-1}) (N_t - h_N N_{t-1})^\varphi \quad (1)$$

$$MRS_{t,t+1} \equiv \beta \frac{C_t - h_C C_{t-1}}{C_{t+1} - h_C C_t} \quad (2)$$

$$MRS_{CN,t} = (1 - \tau^N) W_t \quad (3)$$

$$R_t \beta E_t [MRS_{t,t+1}] = 1 \quad (4)$$

$$R_t^* (1 - \Gamma_t) \beta E_t \left[ MRS_{t,t+1} \frac{S_{t+1}}{S_t} \right] = 1 \quad (5)$$

$$Q_t = E_t [MRS_{t,t+1} ((1 - \tau^K) R_{t+1}^K + (1 - \delta) Q_{t+1})] \quad (6)$$



$$1 = Q_t \left( 1 - \Gamma_I \left( \frac{I_t}{I_{t-1}} \right) - \Gamma_I' \left( \frac{I_t}{I_{t-1}} \right) \frac{I_t}{I_{t-1}} \right) + E_t \left[ \frac{Q_{t+1} MRS_{t,t+1} \Gamma_I' \left( \frac{I_{t+1}}{I_t} \right) \frac{I_{t+1}^2}{I_t^2}}{C_t + I_t + S_t B_{I,t}} \right] \quad (7)$$

$$= R_{t-1}^* (1 - \Gamma_{t-1}) S_t B_{I,t-1} + (1 - \tau^K) R_t^K K_{t-1} + (1 - \tau^N) W_t N_t + T_t + \Pi_{G,t} + \Pi_{T,t} \quad (8)$$

$$K_t = \left( 1 - \Gamma_I \left( \frac{I_t}{I_{t-1}} \right) \right) I_t + (1 - \delta) K_{t-1} \quad (9)$$

$$\Gamma_t = \phi_1 \frac{\exp\left(\phi_2 \frac{S_t B_{I,t}}{Y_t}\right) - 1}{\exp\left(\phi_2 \frac{S_t B_{I,t}}{Y_t}\right) + 1} \quad (10)$$

þar sem  $MRS_{CN}$  jaðarstaðkvæmd milli neyslu og vinnu,  $MRS$  er jaðarstaðkvæmd milli neyslu á aðliggjandi tímabilum,  $Q_t$  er Tobins- $q$  og  $B_D = 0$  í jafnvægi.

Í öðru lagi velur það neyslu á almennum neysluvörum ( $C_G$ ) og neyslu á ferðapjónustu ( $C_T$ ) þannig að kostnaður við neyslu:

$$P_{G,t} C_{G,t} + P_{T,t} C_{T,t}$$

sé lágmarkaður að teknu tillit til þess neysla á þessum tveimur vörutegundum gefur neyslu skv. svokallaðri Dixit-Stiglitz vísitölu:

$$C_t = \left[ \alpha^{\frac{1}{\eta}} C_{G,t}^{\frac{\eta-1}{\eta}} + (1 - \alpha)^{\frac{1}{\eta}} C_{T,t}^{\frac{\eta-1}{\eta}} \right]^{\frac{\eta}{\eta-1}}$$

þar sem  $\alpha \in (0,1)$  er mælikvarði á hlutdeild neyslu á almennum neysluvörum í neyslu að jafnaði,  $\eta > 1$  er verðteygni eftirspurnar eftir vörutegundunum tveimur,  $P_G$  er verð á almennum neysluvörum og  $P_T$  er verð á ferðapjónustu. Lausn við lágmarkunarvandamálinu gefur eftirfarandi jafnvægisstyrði:

$$C_{G,t} = \alpha P_{G,t}^{-\eta} C_t \quad (11)$$

$$C_{T,t} = (1 - \alpha) P_{T,t}^{-\eta} C_t \quad (12)$$

$$1 = \left[ \alpha P_{G,t}^{1-\eta} + (1 - \alpha) P_{T,t}^{1-\eta} \right]^{\frac{1}{1-\eta}} \quad (13)$$

Í þriðja lagi velur heimili neyslu á innlendum ( $C_{GD}$ ) og innfluttum almennum neysluvörum ( $C_{GI}$ ) þannig að kostnaður við neyslu á almennum neysluvörum:

$$P_{GD,t} C_{GD,t} + P_{GI,t} C_{GI,t}$$

sé lágmarkaður að teknu tillit til þess neysla á þessum tveimur vörutegundum gefur neyslu á almennum neysluvörum skv. Dixit-Stiglitz vísitölu:

$$C_{G,t} = \left[ \alpha_G^{\frac{1}{\eta_G}} C_{GD,t}^{\frac{\eta_G-1}{\eta_G}} + (1 - \alpha_G)^{\frac{1}{\eta_G}} C_{GI,t}^{\frac{\eta_G-1}{\eta_G}} \right]^{\frac{\eta_G}{\eta_G-1}}$$

þar sem  $\alpha_G \in (0,1)$  er mælikvarði á hlutdeild innlendra almennra neysluvara í neyslu á almennum neysluvörum að jafnaði,  $\eta_G > 1$  er verðteygni eftirspurnar eftir vörutegundunum tveimur,  $P_{GD}$  er verð á innlendum almennum neysluvörum og  $P_{GI}$  er verð á innfluttum almennum neysluvörum. Lausn við lágmarkunarvandamálinu gefur eftirfarandi jafnvægis skilyrði:

$$C_{GD,t} = \alpha_G \left( \frac{P_{GD,t}}{P_{G,t}} \right)^{-\eta_G} C_{G,t} \quad (14)$$

$$C_{GI,t} = (1 - \alpha_G) \left( \frac{P_{GI,t}}{P_{G,t}} \right)^{-\eta_G} C_{G,t} \quad (15)$$

$$P_{G,t} = [\alpha_G P_{GD,t}^{1-\eta_G} + (1 - \alpha_G) P_{GI,t}^{1-\eta_G}]^{\frac{1}{1-\eta_G}} \quad (16)$$

Í fjórða og síðasta lagi velur heimili neyslu á innlendra ( $C_{TD}$ ) og innfluttri ferðabjónustu ( $C_{TI}$ ) þannig að kostnaður við neyslu á ferðabjónustu:

$$P_{TD,t} C_{TD,t} + P_{TI,t} C_{TI,t}$$

sé lágmarkaður að teknu tillit til þess neysla á þessum tveimur vörutegundum gefur neyslu á ferðabjónustu skv. Dixit-Stiglitz vísitölu:

$$C_{T,t} = \left[ \alpha_T^{\frac{1}{\eta_T}} C_{TD,t}^{\frac{\eta_T-1}{\eta_T}} + (1 - \alpha_T)^{\frac{1}{\eta_T}} C_{TI,t}^{\frac{\eta_T-1}{\eta_T}} \right]^{\frac{\eta_T}{\eta_T-1}}$$

þar sem  $\alpha_T \in (0,1)$  er mælikvarði á hlutdeild innlendarar ferðabjónustu í neyslu á ferðabjónustu að jafnaði,  $\eta_T > 1$  er verðteygni eftirspurnar eftir vörutegundunum tveimur,  $P_{TD}$  er verð á innlendra ferðabjónustu og  $P_{TI}$  er verð á innfluttri ferðabjónustu. Lausn við lágmarkunarvandamálinu gefur eftirfarandi jafnvægis skilyrði:

$$C_{TD,t} = \alpha_T \left( \frac{P_{TD,t}}{P_{T,t}} \right)^{-\eta_T} C_{T,t} \quad (17)$$

$$C_{TI,t} = (1 - \alpha_T) \left( \frac{P_{TI,t}}{P_{T,t}} \right)^{-\eta_T} C_{T,t} \quad (18)$$

$$P_{T,t} = [\alpha_T P_{TD,t}^{1-\eta_T} + (1 - \alpha_T) P_{TI,t}^{1-\eta_T}]^{\frac{1}{1-\eta_T}} \quad (19)$$

Til einföldunar er gert ráð fyrir að ákvarðanir heimilis um kaup á fjárfestingarvörum fylgi sömu lögmálum og ákvarðanir um neyslu, sem gefur eftirfarandi eftirspurn innanlands eftir innlendum almennum vörum ( $A_{GD}$ ), innfluttum almennum vörum ( $A_{GI}$ ), innlendra ferðabjónustu ( $A_{TD}$ ), innfluttri ferðabjónustu ( $A_{TI}$ ), almennum vörum ( $A_G$ ) og ferðabjónsutu ( $A_T$ ):

$$A_{GD,t} = \alpha_G \left( \frac{P_{GD,t}}{P_{G,t}} \right)^{-\eta_G} A_{G,t} \quad (20)$$

$$A_{GI,t} = (1 - \alpha_G) \left( \frac{P_{GI,t}}{P_{G,t}} \right)^{-\eta_G} A_{G,t} \quad (21)$$

$$A_{TD,t} = \alpha_T \left( \frac{P_{TD,t}}{P_{T,t}} \right)^{-\eta_T} A_{T,t} \quad (22)$$

$$A_{TI,t} = (1 - \alpha_T) \left( \frac{P_{TI,t}}{P_{T,t}} \right)^{-\eta_T} A_{T,t} \quad (23)$$

$$A_{G,t} = \alpha P_{G,t}^{-\eta} A_t \quad (24)$$

$$A_{T,t} = (1 - \alpha) P_{T,t}^{-\eta} A_t \quad (25)$$

þar sem:

$$A_t = C_t + I_t + G_t \quad (26)$$

er innlend eftirspurn og  $G$  er samneysla.

### *Erlend heimili*

Erlent heimili tekur ákvarðanir á sambærilegan máta og það innlenda. Þær ákvarðanir þess sem skipta máli fyrir innlendan efnahag eru eftirspurn þeirra eftir innfluttum almennum vörum ( $A_{GI}^*$ ), innfluttri ferðabjónustu ( $A_{TI}^*$ ), almennum vörum ( $A_G^*$ ) og ferðabjónustu ( $A_T^*$ ):

$$A_{GI,t}^* = (1 - \alpha_G^*) \left( \frac{P_{GI,t}^*}{P_{G,t}^*} \right)^{-\eta_G^*} A_{G,t}^* \quad (27)$$

$$A_{TI,t}^* = (1 - \alpha_T^*) \left( \frac{P_{TI,t}^*}{P_{T,t}^*} \right)^{-\eta_T^*} A_{T,t}^* \quad (28)$$

$$A_{G,t}^* = \alpha^* (P_{G,t}^*)^{-\eta^*} A_t^* \quad (29)$$

$$A_{T,t}^* = (1 - \alpha^*) (P_{T,t}^*)^{-\eta^*} A_t^* \quad (30)$$

þar sem  $A^*$  er erlend eftirspurn,  $\alpha^* \in (0,1)$  er mælikvarði á hlutdeild almennra vara í erlendri eftirspurn að jafnaði,  $\alpha_G^* \in (0,1)$  er mælikvarði á hlutdeild erlendra almennra vara í eftirspurn eftir almennum vörum erlendis að jafnaði,  $\alpha_T^* \in (0,1)$  er mælikvarði á hlutdeild erlendar ferðabjónustu í eftirspurn eftir ferðabjónustu erlendis að jafnaði,  $\eta^* > 1$  er verðteygni eftirspurnar eftir almennum vörum og ferðabjónustu erlendis,  $\eta_G^* > 1$  er verðteygni eftirspurnar eftir erlendum og innfluttum almennum vörum erlendis,  $\eta_T^* > 1$  er verðteygni eftirspurnar eftir erlendri og innfluttri ferðabjónustu erlendis,  $P_G^*$  er verð almennra vara erlendis,  $P_T^*$  er verð ferðabjónustu erlendis,  $P_{GI}^*$  er verð innfluttra almennra vara erlendis og  $P_{TI}^*$  er verð innluttrar ferðabjónustu erlendis.

Þessar niðurstöður fyrir innlenda og erlenda eftirspurn má nota til þess að fá eftirspurn heimila eftir almennum vörum framleiddum innanlands ( $Y_G^H$ ), eftirspurn heimila eftir innlendri ferðabjónustu ( $Y_T^H$ ), útflutning ( $EX$ ), innflutning ( $IM$ ) og viðskiptajöfnuð ( $NX$ ):

$$Y_{G,t}^H = A_{GD,t} + A_{GI,t}^* \quad (31)$$

$$Y_{T,t}^H = A_{TD,t} + A_{TI,t}^* \quad (32)$$

$$EX_t = S_t(P_{GI,t}^*A_{GI,t}^* + P_{TI,t}^*A_{TI,t}^*) \quad (33)$$

$$IM_t = P_{GI,t}A_{GI,t} + P_{TI,t}A_{TI,t} \quad (34)$$

$$NX_t = EX_t - IM_t \quad (35)$$

### Fyrirtæki

#### Innlend fyrirtæki - ferðageiri

Vandamál fyrirtækis í ferðageira er þrískipt:

Í *fyrsta lagi* velur það fjármuna- ( $K_T$ ) og vinnuafsnoktun ( $N_T$ ) þannig að kostnaður við það:

$$R_t^K K_{T,t} + W_t N_{T,t}$$

sé lágmarkaður að teknu tillit til þess notkun á þessum tveimur framleiðsluþáttum gefur milliaðfang (e. intermediate input) ( $Q_{TKN}$ ) skv. svokölluðu Cobb-Douglas framleiðslufalli:

$$Q_{TKN,t} = K_{T,t}^{\gamma_{TKN}} N_{T,t}^{1-\gamma_{TKN}} \quad (36)$$

þar sem  $\gamma_{TKN} \in (0,1)$  er mælikvarði á hlutdeild fjármuna í framleiðslu á milliaðfangi að jafnaði. Lausn við lágmarkunarvandamálinu gefur eftirfarandi jafnvægisstyrki:

$$\frac{R_t^K}{W_t} = \frac{\gamma_{TKN}}{1-\gamma_{TKN}} \frac{N_{T,t}}{K_{T,t}} \quad (37)$$

$$MC_{TKN,t} = \frac{W_t^{1-\gamma_{TKN}} (R_t^K)^{\gamma_{TKN}}}{\gamma_{TKN}^{\gamma_{TKN}} (1-\gamma_{TKN})^{1-\gamma_{TKN}}} \quad (38)$$

þar sem  $MC_{TKN}$  er jaðarkostnaður (og meðalkostnaður) í framleiðslu á milliaðfangi.

Í *öðru lagi* velur það notkun á milliaðfangi og aðföngum framleiddum af almennum geira ( $Q_{GT}$ ) þannig að kostnaður við það:

$$MC_{TKN,t} Q_{TKN,t} + P_{GT,t} Q_{GT,t}$$

sé lágmarkaður að teknu tillit til þess að notkun á þessum tveimur aðföngum gefur framleiðslu á ferðabjónustu ( $Y_T$ ) skv. CES framleiðslufalli:

$$Y_{T,t} = \left[ \gamma_T Q_{TKN,t}^{\frac{\varepsilon_T-1}{\varepsilon_T}} + (1-\gamma_T) Q_{GT,t}^{\frac{\varepsilon_T-1}{\varepsilon_T}} \right]^{\frac{\varepsilon_T}{\varepsilon_T-1}} \quad (39)$$

þar sem  $\gamma_T \in (0,1)$  er mælikvarði á hlutdeild milliaðfangs í framleiðslu í ferðageira að jafnaði og  $\varepsilon_T > 1$  er verðteygni eftirspurnar eftir aðföngunum tveimur. Lausn við lágmarkunarvandamálinu gefur eftirfarandi jafnvægisstyrki:

$$\frac{MC_{TKN,t}}{P_{GT,t}} = \frac{\gamma_T}{1-\gamma_T} \left( \frac{Q_{GT,t}}{Q_{TKN,t}} \right)^{\frac{1}{\varepsilon_T}} \quad (40)$$

$$MC_{T,t} = \left[ \gamma_T^{\varepsilon_T} MC_{TKN,t}^{1-\varepsilon_T} + (1-\gamma_T)^{\varepsilon_T} P_{GT,t}^{1-\varepsilon_T} \right]^{\frac{1}{1-\varepsilon_T}} \quad (41)$$

$$Q_{GT,t} = (1 - \gamma_T)^{\varepsilon_T} \left( \frac{P_{GT,t}}{MC_{T,t}} \right)^{-\varepsilon_T} Y_{T,t} \quad (42)$$

þar sem  $P_{GT}$  er verð á aðföngum framleiddum af almennum geira og  $MC_T$  er jaðarkostnaður í framleiðslu á ferðabjónustu. Jafna (42) gefur eftirspurn fyrirtækis í ferðageira eftir aðföngum framleiddum í almennum geira.

Í þriðja lagi ákveður það verð á afurð sinni á innlendum ( $P_{TD}$ ) og erlendum ( $P_{TI}^*$ ) mörkuðum, og verð til fyrirtækja í almennum geira ( $P_{TG}$ ) þannig að hagnaður þess:

$$\begin{aligned} \Pi_{T,t} = & P_{TD,t}A_{TD,t} + S_t P_{TI,t}^* A_{TI,t}^* + P_{TG,t}Q_{TG,t} \\ & - MC_{T,t}(A_{TD,t} + A_{TI,t}^* + Q_{TG,t}) \end{aligned} \quad (43)$$

að teknu tilliti til eftirspurnar eftir vöru sinni (í (22), (28) og (53)) sé hámarkaður, þar sem  $Q_{TG}$  er magn af aðföngum sem framleidd eru í ferðageira til notkunar í almennum geira. Lausn við hámarksvandamálinu gefur eftirfarandi jafnvægisskilyrði:

$$P_{TD,t} = \frac{\eta_T}{\eta_T - 1} MC_{T,t} \quad (44)$$

$$P_{TI,t}^* = \frac{\eta_T^*}{\eta_T^* - 1} \frac{MC_{T,t}}{S_t} \quad (45)$$

$$P_{TG,t} = \frac{\varepsilon_G}{\varepsilon_G - 1} MC_{T,t} \quad (46)$$

### Innlend fyrirtæki – almennur geiri

Vandamál fyrirtækis í almennum geira er þrískipt:

Í fyrsta lagi velur það fjármuna- ( $K_G$ ) og vinnuafsnoktun ( $N_G$ ) þannig að kostnaður við það:

$$R_t^K K_{G,t} + W_t N_{G,t}$$

sé lágmarkaður að teknu tillit til þess notkun á þessum tveimur framleiðsluþáttum gefur milliaðfang ( $Q_{GKN}$ ) skv. Cobb-Douglas framleiðslufalli:

$$Q_{GKN,t} = K_{G,t}^{\gamma_{GKN}} N_{G,t}^{1-\gamma_{GKN}} \quad (47)$$

þar sem  $\gamma_{GKN} \in (0,1)$  er mælikvarði á hlutdeild fjármuna í framleiðslu á milliaðfangi að jafnaði. Lausn við lágmarksvandamálinu gefur eftirfarandi jafnvægisskilyrði:

$$\frac{R_t^K}{W_t} = \frac{\gamma_{GKN}}{1-\gamma_{GKN}} \frac{N_{G,t}}{K_{G,t}} \quad (48)$$

$$MC_{GKN,t} = \frac{W_t^{1-\gamma_{GKN}} (R_t^K)^{\gamma_{GKN}}}{\gamma_{GKN}^{\gamma_{GKN}} (1-\gamma_{GKN})^{1-\gamma_{GKN}}} \quad (49)$$

þar sem  $MC_{GKN}$  er jaðarkostnaður (og meðalkostnaður) í framleiðslu á milliaðfangi.

Í öðru lagi velur það notkun á milliaðfangi og aðföngum framleiddum af ferðageira ( $Q_{TG}$ ) þannig að kostnaður við það:

$$MC_{GKN,t}Q_{GKN,t} + P_{TG,t}Q_{TG,t}$$

sé lágmarkaður að teknu tillit til þess að notkun á þessum tveimur aðföngum gefur framleiðslu í almennum geira ( $Y_G$ ) skv. CES framleiðslufalli:

$$Y_{G,t} = \left[ \gamma_G Q_{GKN,t}^{\frac{\varepsilon_G-1}{\varepsilon_G}} + (1 - \gamma_G) Q_{TG,t}^{\frac{\varepsilon_G-1}{\varepsilon_G}} \right]^{\frac{\varepsilon_G}{\varepsilon_G-1}} \quad (50)$$

þar sem  $\gamma_G \in (0,1)$  er mælikvarði á hlutdeild milliaðfangs í framleiðslu í almennum geira að jafnaði og  $\varepsilon_G > 1$  er verðteygni eftirspurnar eftir aðföngunum tveimur. Lausn við lágmarkunarvandamálinu gefur eftirfarandi jafnvægisskilyrði:

$$\frac{MC_{GKN,t}}{P_{TG,t}} = \frac{\gamma_G}{1-\gamma_G} \left( \frac{Q_{TG,t}}{Q_{GKN,t}} \right)^{\frac{1}{\varepsilon_G}} \quad (51)$$

$$MC_{G,t} = \left[ \gamma_G^{\varepsilon_G} MC_{GKN,t}^{1-\varepsilon_G} + (1 - \gamma_G)^{\varepsilon_G} P_{TG,t}^{1-\varepsilon_G} \right]^{\frac{1}{1-\varepsilon_G}} \quad (52)$$

$$Q_{TG,t} = (1 - \gamma_G)^{\varepsilon_G} \left( \frac{P_{TG,t}}{MC_{G,t}} \right)^{-\varepsilon_G} Y_{G,t} \quad (53)$$

þar sem  $P_{TG}$  er verð á aðföngum framleiddum af ferðageira og  $MC_G$  er jaðarkostnaður í framleiðslu í almennum geira. Jafna (53) gefur eftirspurn fyrirtækis í almennum geira eftir aðföngum framleiddum í ferðageira.

Í þriðja lagi ákveður það verð á afurð sinni á innlendum ( $P_{GD}$ ) og erlendum ( $P_{GI}^*$ ) mörkuðum og til ferðaþjónustufyrirtækis ( $P_{GT}$ ) þannig að hagnaður þess:

$$\begin{aligned} \Pi_{G,t} = & P_{GD,t}A_{GD,t} + S_t P_{GI,t}^* A_{GI,t}^* + P_{GT,t}Q_{GT,t} \\ & - MC_{G,t}(A_{GD,t} + A_{GI,t}^* + Q_{GT,t}) \end{aligned} \quad (54)$$

að teknu tilliti til eftirspurnar eftir vöru sinni (í (20), (27) og (42)) sé hámarkaður. Lausn við hámarkunarvandamálinu gefur eftirfarandi jafnvægisskilyrði:

$$P_{GD,t} = \frac{\eta_G}{\eta_G-1} MC_{G,t} \quad (55)$$

$$P_{GI,t}^* = \frac{\eta_G^*}{\eta_G^*-1} \frac{MC_{G,t}}{S_t} \quad (56)$$

$$P_{GT,t} = \frac{\varepsilon_T}{\varepsilon_T-1} MC_{G,t} \quad (57)$$

### Erlend fyrirtæki

Erlend fyrirtæki taka ákvarðanir á sambærilegan máta og þau innlendu. Þær ákvarðanir þeirra sem skipta máli fyrir innlendan efnahag eru verð á innfluttum almennum vörum ( $P_{GI}$ )

og á innfluttri ferðapjónustu ( $P_{TI}$ ). Gert er ráð fyrir að innlend heimili séu verðtakar á erlendum mörkuðum fyrir ferðapjónustu:

$$P_{GI,t} = S_t P_{G,t}^* \quad (58)$$

$$P_{TI,t} = S_t P_{T,t}^* \quad (59)$$

### **Markaðsjafnvægi**

Markaðsjafnvægi krefst þess að fjármunir heimilis séu jafnir samanlagðri notkun þeirra í almennum geira og ferðageira, að vinna heimilis sé jöfn samanlagðri vinnuafslnotkun í geirunum tveimur, að framleiðsla í almennum geira sé jöfn eftirspurn heimila og fyrirtækis í ferðapjónustu og að framleiðsla í ferðapjónustu sé jöfn eftirspurn heimila og fyrirtækis í almennum geira:

$$N_t = N_{G,t} + N_{T,t} \quad (60)$$

$$K_t = K_{G,t} + K_{T,t} \quad (61)$$

$$Y_{G,t} = Y_{G,t}^H + Q_{GT,t} \quad (62)$$

$$Y_{T,t} = Y_{T,t}^H + Q_{TG,t} \quad (63)$$

### **Verg landsframleiðsla og erlendar eignir**

Verg landsframleiðsla er virði endanlegrar framleiðslu í hagkerfinu:

$$Y_t \equiv P_{GD,t} A_{GD,t} + S_t P_{GI,t}^* A_{GI,t}^* + P_{TD,t} A_{TD,t} + S_t P_{TI,t}^* A_{TI,t}^*$$

Sem má skrifa á eftirfarandi hátt með því að nota jafnvægissamböndin að framan:

$$Y_t = A_t + NX_t \quad (64)$$

Erlendar eignir hagkerfisins þróast skv. jöfnu (8), sem má nota ásamt jafnvægisskilyrðunum að framan til að fá eftirfarandi fyrir þróun erlendra eigna:

$$S_t B_{I,t} = R_{t-1}^* (1 - \Gamma_{t-1}) S_t B_{I,t-1} + NX_t \quad (65)$$

### **Hið opinbera**

Afgangi af rekstri hins opinbera er dreift til heimila í formi tilfærslna:

$$T_t = \tau^K R_t^K K_{t-1} + \tau^N W_t N_t - G_t \quad (66)$$

### **Almennt jafnvægi (e. general equilibrium)**

Líkanið samanstendur af 55 innri breytum:

$$P_G, P_T, P_{GD}, P_{GI}, P_{TD}, P_{TI}, P_{GI}^*, P_{TI}^*, P_{GT}, P_{TG}$$

$$S, W, R, R^K, \Gamma, Q$$

$$A_G, A_T, A_{GD}, A_{GI}, A_{TD}, A_{TI}, A_{GI}^*, A_{TI}^*, A_G^*, A_T^*, A$$

$$\begin{aligned}
& MRS_{CN}, MRS_{CT}, \\
& MC_{GKN}, MC_{TKN}, MC_T, MC_G \\
& Q_{GT}, Q_{TG}, Q_{GKN}, Q_{TKN}, \\
& Y_G^H, Y_T^H, Y_G, Y_T, \\
& N, N_G, N_T, K, K_G, K_T, \\
& Y, C, I, EX, IM, NX, B_I, T
\end{aligned}$$

og 5 ytri breytum:

$$P_G^*, P_T^*, A^*, R^*, G$$

Til þess að leysa fyrir innri breytur líkansins eru jöfnur (1)-(7), (9)-(10), (12), (16), (19)-(41), (44)-(52) og (55)-(66) notaðar, samtals 55 jöfnur.

### 3. Lausn líkans

Líkanið er leyst með því að nálga jöfnur þess línulega við langtímaþróun íslenska hagkerfisins. Við ákvörðun gildi stuðla líkansins er miðað við ársfjórðungslega tíðni og gert ráð fyrir samhverfu á milli innlendra og erlendra stuðlagilda (stuðull með yfirskriftina „\*“ fær sama gildi og viðkomandi stuðull fyrir íslenskt hagkerfi), líkt og gert er í DSGE líkani Seðlabanka Íslands. Gildin eru annars vegar fengin úr DSGE líkani Seðlabanka Íslands og hins vegar þvinguð þannig að líkanið endurspegli sem best langtímaþróun íslenska hagkerfisins. Við mat á langtímaþróun hagkerfisins er tekið mið af þróun þess árin 2011-2019, líkt og í DSGE líkani Seðlabanka Íslands.

Eftirfarandi stuðlagildi eru m.a. fengin úr DSGE líkani Seðlabanka Íslands:

Tafla 1. Stuðlagildi fengin úr DSGE líkani SÍ							
Stuðull	$\varphi$	$h_C$	$h_N$	$\beta$	$\delta$	$\lambda \equiv \frac{1}{\Gamma_I''(1)}$	$\phi_b \equiv \frac{\phi_1 \phi_2}{2}$
Gildi	3	0,941	0,529	0,995	0,02	0,051	0,005

Gert er ráð fyrir að  $\tau^N = 0,4$  og  $\tau^K = 0,2$  við lausn líkansins, sem er í samræmi við skatthlutföll árin 2011-2019 á Íslandi.

Skv. ferðareikningum Hagstofu Íslands var hlutur ferðapjónustu í vergri landsframleiðslu að meðaltali 6,3% yfir tímabilið 2011-2019. Hlutfallið hækkaði allt tímabilið og er því óhentugt að styðjast við meðaltalið til að áætla hlutfall ferðapjónustu í vergri landsframleiðslu fyrir langtímaþróun hagkerfisins. Hlutfallið var 8,1% árið 2019 og er því það gildi notað til áætla hlut ferðapjónustu í eftirspurn að jafnaði ( $1 - \alpha$ ). Hlutur almennra vara fær því gildið  $\alpha = 1 - 0,081 = 0,919$  við lausn líkansins.



Skv. ferðareikningunum var hlutur fjármuna í virðisauka (vinnsluvirði) í ferðaþjónustu að meðaltali 31,4% árin 2011-2019. Skv. þjóðhagsreikningum Hagstofu Íslands og útreikningum höfundar var þetta hlutfall að meðaltali 43,9% fyrir aðrar atvinnugreinar en ferðaþjónustu yfir tímabilið. Við lausn líkansins er því gert ráð fyrir að  $\gamma_{TKN} = 0,314$  og  $\gamma_{GKN} = 0,439$ .

Gildi stuðlanna  $\gamma_T$  og  $\gamma_G$  eru ákvörðuð þannig að vægi milliaðfangs í framleiðslu á vöru og þjónustu í hvorum geira séu í samræmi við hlut virðisauka (vinnsluvirðis) í framleiðsluvirði. Skv. ferðareikningum Hagstofu Íslands var hlutur virðisauka í framleiðsluvirði í ferðaþjónustu að meðaltali 34,6% árin 2011-2019. Skv. þjóðhagsreikningum Hagstofu Íslands og útreikningum höfundar var þetta hlutfall að meðaltali 50,3% fyrir aðrar atvinnugreinar en ferðaþjónustu yfir tímabilið. Eftir viðeigandi útreikninga vegna notkunar CES framleiðslufalls í framleiðslu á ferðaþjónustu og öðrum vörum fæst að  $\gamma_T = 0,588$  og  $\gamma_G = 0,709$ , sem notuð eru við lausn líkansins.

Í DSGE líkani Seðlabanka Íslands er gert ráð fyrir að hlutfall innlendra vara og þjónustu í útgjöldum innanlands sé að jafnaði 58%. Auk þessa er í DSGE líkaninu gert ráð fyrir að verðteygni milli mismunandi vörutegunda innanlands sé jafnt og 6 og að verðteygni milli innlendra og erlendra vörutegunda sé 2. Ekki eru tiltæk íslensk gögn þannig að unnt sé að reikna hlutfallið né meta teygnistuðla fyrir ferðaþjónustu, annars vegar, og aðrar atvinnugreinar, hins vegar. Við lausn líkansins er því gert ráð fyrir að  $\alpha_G = \alpha_T = 0,58$ ,  $\eta = 6$  og  $\eta_G = \eta_T = 2$ .

Ekki eru tiltæk íslensk gögn til að meta teygnistuðla í aðfangaeftirspurn fyrir ferðaþjónustu  $\varepsilon_T$ , annars vegar, og aðrar atvinnugreinar  $\varepsilon_G$ , hins vegar. Gildi teygnistuðlanna eru ákvörðuð þannig að verð vara og þjónustu til neytenda og fyrirtækja séu þau sömu. Þetta gefur  $\varepsilon_T = \varepsilon_G = 2$ , sem notuð eru við lausn líkansins.

Líkanið er leyst og hermt með því að nota forritið Dynare ([www.dynare.org](http://www.dynare.org)). Til þess að keyra líkanið þarf að setja það upp í svokallaðri mod-skrá. Skráin er sýnd í viðauka.

#### 4. Dæmi um hermanir

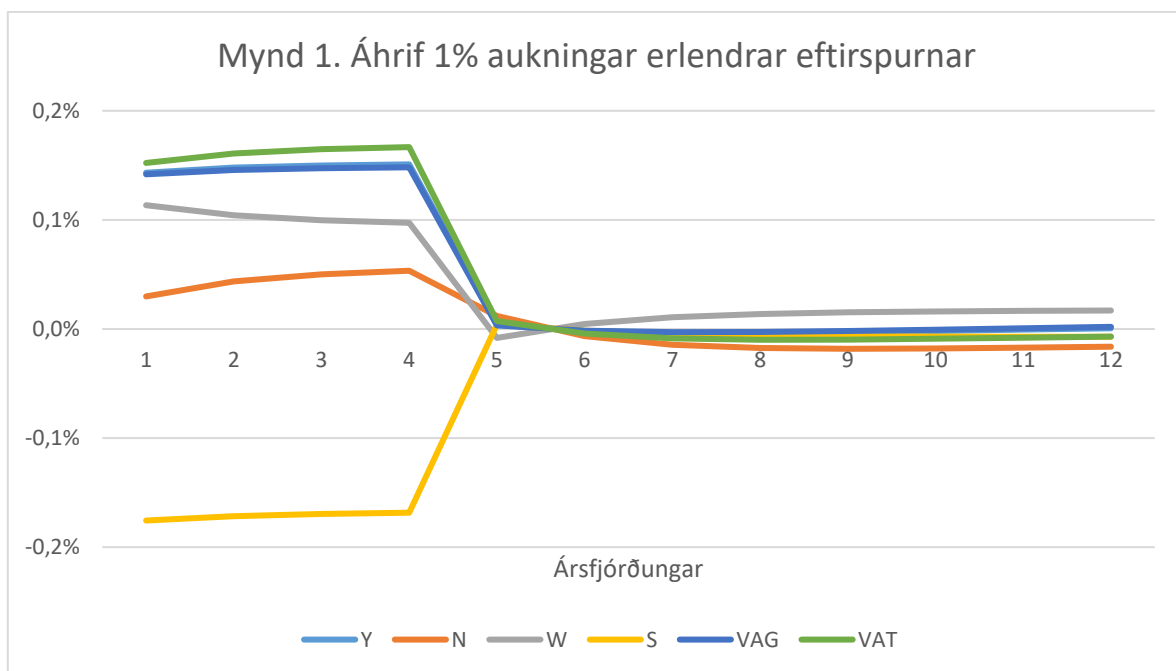
Líkanið er notað til þess að herma og greina áhrif skells, eða breytingar á ytri breytu, á innri breytur líkansins. Þar sem líkanið er leyst með línulegri nálgun við langtímaþróun íslenska hagkerfisins eru skellir og lausnir fyrir innri breytur líkansins túlkaðar sem hlutfallsleg frávik frá langtímaþróuninni. Vegna línulegrar nálgunar eru lausnir fyrir innri breytur ónákvæmari því meiri sem skellur er.

Einnig má, eins og gert er í framhaldinu, túlka skelli og lausnir fyrir innri breytur líkansins sem hlutfallsleg frávik frá þeirri þróun sem annars hefði orðið (ef skellur hefði ekki komið til). Þá verður að hafa í huga, auk ónákvæmni vegna línulegrar nálgunar, að lausnir fyrir innri breytur eru ónákvæmari því meira sem ójafnvægi er í þjóðarbúskapnum

(uppsveifla/niðursveifla) þegar skellur á sér stað, þar sem gildi breyta eru þá fjær langtímaþróun þeirra.

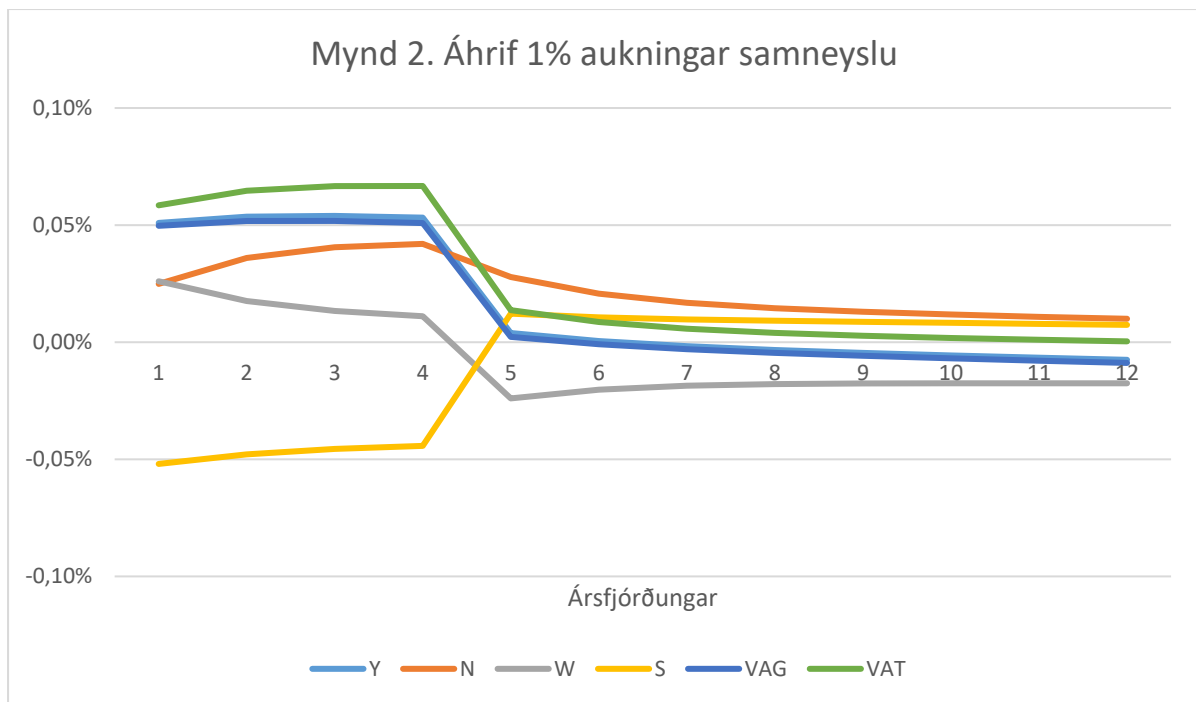
Í þeim hermunum sem sýndar eru fyrir neðan er gert ráð fyrir hækkun á gildi ytri breytu um 1% í eitt ár og að hækkunin hverfi síðan. Nánar tiltekið er gert ráð fyrir 1% skelli í fjóra ársfjórðunga (ársfjórðunga 1-4) sem hverfur síðan (ársfjórðunga 5, 6,...).

Byrjum á að greina áhrif 1% skells í erlendri eftirspurn ( $A^*$ ) skv. líkaninu. Á eftirfarandi mynd eru áhrif á helstu þjóðhagsstærðir, þ.e. verga landsframleiðslu ( $Y$ ), atvinnu ( $N$ ), kaupmátt launa ( $W$ ) og raungengi ( $S$ ) ásamt áhrifum á virðisauka í almennum geira ( $VAG$ ) og ferðageira  $VAT$ , sýnd:



Samkvæmt myndinni leiðir 1% aukning erlendrar eftirspurnar til þess að verg landsframleiðsla ( $Y$ ) eykst um 0,15% sömu ársfjórðunga og eftirspurnaraukningin á sér stað. Svipaða sögu er að segja um virðisauka í almennum geira ( $VAG$ ) og ferðageira ( $VAT$ ). Aukning virðisauka í ferðageira er þó nokkru meiri en aukning virðisauka í almennum geira og aukning vergrar landsframleiðslu. Þá eykst kaupmáttur ( $W$ ) um rúmlega 0,1% og atvinna ( $N$ ) um 0,05%. Raungengi styrkist ( $1/S$ ) um 0,18%. Eftir að eftirspurnaraukningin hverfur fjóra áhrif hennar út.

Skoðum því næst áhrif 1% skells í samneyslu ( $G$ ) skv. líkaninu.



Samkvæmt myndinni leiðir 1% aukning samneyslu til þess að verg landsframleiðsla (Y) eykst um 0,05% sömu ársfjórðunga og samneysluaukningin á sér stað. Svipaða sögu er að segja um virðisauka í almennum geira (VAG) og ferðageira (VAT). Aukning virðisauka í ferðageira er þó nokkru meiri en aukning virðisauka í almennum geira og aukning vergrar landsframleiðslu. Þá eykst kaupmáttur (W) um 0,02% og atvinna (N) um 0,04%. Raungengi styrkist (1/S) um 0,05%, sem skýrist af því að raunvextir hækka í kjölfar samneysluaukningar. Eftir að eftirspurnaraukningin hverfur fjara áhrif hennar út.

## Tilvísanir

Dynare. 2022. [www.dynare.org](http://www.dynare.org)

Kydland, F. E. and E. C. Prescott (1982), Time-to-Build and Aggregate Fluctuations, *Econometrica*, Vol. 50., No. 6, pp. 1345-1370.

Smets, F. and R. Wouters (2003), An Estimated Dynamic Stochastic General Equilibrium Model of the Euro Area, *Journal of the European Economic Association*, Vol. 1, No. 5, pp. 1123-1175.

Stefán Þórarinnsson (2020), “DYNIMO – Version III. A DSGE Model of the Icelandic Economy”, Central Bank of Iceland Working Paper 84.

## Viðauki: Mod skrá

```
// Þjóðhagslíkan með ferðapjónustugeira
```

```
close all
```

```
%-----  
% 1. Defining variables  
%-----
```

```
var MRSCN MRS N C W R S DLAM Q RK I BI NX K  
    PG PT PGD PGI PTD PTI PGIF PTIF  
    A AG AT AGD AGI ATD ATI AGF ATF AGIF ATIF  
    NT NG KT KG YGH YTH YG YT QGT QTG EX IM Y  
    MCTKN QTKN PGT MCT MCGKN QGKN PTG MCG T  
    VAG VAT;
```

```
varexo RF PGF PTF AF G;
```

```
parameters phi hn hc beta delta lam phib  
            tauk taun eta etag etat alpha alphag alphas  
            sskgkty ssgy ssngn sskgk ssyghyg ssythyt  
            sspg sspt gammatkn epsilont gammat ssmctknmct  
            ssqtknyt gammagkn epsilong gammag ssmcgknmcg ssqgknyg  
            ssngnty ssrk ssw;
```

```
%-----  
% 2. Parameter values  
%-----
```

```
phi = 3;  
hn = 0.529;  
hc = 0.941;  
beta = 0.995;  
delta = 0.02;  
lam = 0.051;  
phib = 0.005;  
tauk = 0.2;  
taun = 0.4;  
alpha = 0.919;  
alphag = 0.58;  
alphat = 0.58;  
gammatkn = 0.314;  
gammagkn = 0.439;  
gammat = 0.588;  
gammag = 0.709;  
ssgy = 0.24;  
eta = 6;  
epsilong = 2;  
etat = 2;  
epsilont = 2;  
etags = 2;  
ssrk=(1-beta*(1-delta))/(beta*(1-tauk));  
sskgkty=4.27455;  
ssngn=0.816065;  
sskgk=0.883518;  
ssyghyg=0.994854;  
ssythyt=0.971424;  
sspg=1.01443;
```

```

sspt=0.890649;
ssmctknmct=0.405718;
ssqtknyt=2.30521;
ssmcgknmcg=0.328469;
ssqgknyg=2.67276;
ssngnty=1.86123;
ssw=0.139414;

%-----
% 3. Model
%-----

model(linear);

// Households
MRSCN = (phi/(1-hn))*(N-hn*N(-1))+(1/(1-hc))*(C-hc*C(-1));
MRS = -(1/(1-hc))*(C(+1)-hc*C)+(1/(1-hc))*(C-hc*C(-1));
MRSCN = W;
R = -MRS;
S(+1) - S = R - RF + DLAM;
Q = (1-beta*(1-delta))*RK(+1) + beta*(1-delta)*Q(+1) - R;
I = (1/(1+beta))*(beta*I(+1) + I(-1)+ lam*Q);
BI = (1/beta)*BI(-1) + NX;
K = (1-delta)*K(-1) + delta*I;
DLAM = phib*BI;

// Market equilibrium
0 = alpha*(sspg^(1-eta))*PG + (1-alpha)*(sspt^(1-eta))*PT;
PG = alphag*PGD + (1-alphag)*PGI;
PT = alphas*PTD + (1-alphas)*PTI;
AGD = -etag*(PGD-PG) + AG;
AGI = -etag*(PGI-PG) + AG;
AGIF = -etag*(PGIF-PGF) + AGF;
ATD = -etat*(PTD-PT) + AT;
ATI = -etat*(PTI-PT) + AT;
ATIF = -etat*(PTIF-PTF) + ATF;
AG = -eta*PG + A;
AT = -eta*PT + A;
AGF = -eta*PGF + AF;
ATF = -eta*PTF + AF;
A = (1-delta*sskgkty-ssgy)*C + delta*sskgkty*I + ssgy*G;
N = ssngn*NG + (1-ssngn)*NT;
K = sskgk*KG + (1-sskgk)*KT;
YGH = alphag*AGD + (1-alphag)*AGIF;
YTH = alphas*ATD + (1-alphas)*ATIF;
YG = ssyhyg*YGH + (1-ssyhyg)*QGT;
YT = ssythyt*YTH + (1-ssythyt)*QTG;
EX = S + (((1-alphas)*alpha*((sspg/sspt)^(1-eta)))/((1-
alphag)*alpha*((sspg/sspt)^(1-eta))+(1-alphas)*(1-alpha)))*(PGIF + AGIF) + (((1-
alphat)*(1-alpha))/((1-alphas)*alpha*((sspg/sspt)^(1-eta))+(1-alphas)*(1-
alpha)))*(PTIF + ATIF);
IM = (((1-alphas)*alpha*((sspg/sspt)^(1-eta)))/((1-alphas)*alpha*((sspg/sspt)^(1-
eta))+(1-alphas)*(1-alpha)))*(PGI+AGI) + (((1-alphas)*(1-alpha))/((1-
alphag)*alpha*((sspg/sspt)^(1-eta))+(1-alphas)*(1-alpha)))*(PTI+ATI);
NX = (((1-alphas)*alpha*((sspg)^(1-eta))+(1-alphas)*(1-alpha)*(sspt^(1-eta)))*(EX -
IM);
Y = A + NX;

// Firms

```

```

NT - KT = RK - W;
MCTKN = gammatkn*RK + (1-gammatkn)*W;
QTKN = gammatkn*KT + (1-gammatkn)*NT;
QGT - QTKN = epsilont*(MCTKN-PGT);
MCT = PGT + (gammat^epsilont)*(ssmctknmct^(1-epsilont))*(MCTKN - PGT);
YT = QGT + gammat*(ssqtknyt^((epsilont-1)/epsilont))*(QTKN - QGT);
NG - KG = RK-W;
MCGKN = gammagkn*RK + (1-gammagkn)*W;
QGKN = gammagkn*KG + (1-gammagkn)*NG;
QTG - QGKN = epsilong*(MCGKN-PTG);
MCG = PTG + (gammag^epsilong)*(ssmcgknmcg^(1-epsilong))*(MCGKN - PTG);
YG = QTG + gammag*(ssqgknyg^((epsilong-1)/epsilong))*(QGKN - QTG);
PTD = MCT;
PTIF = MCT - S;
PTG = MCT;
PGD = MCG;
PGIF = MCG - S;
PGT = MCG;
PGI = S + PGF;
PTI = S + PTF;

// Government
T = tauk*ssrk*sskgkty*(K(-1)+RK) + taun*ssw*ssngnty*(N+W) - ssgy*G;

// Other
VAG = alphag*(PGD+AGD)+(1-alphag)*(S+PGIF+AGIF);
VAT = alphas*(PTD+ATD)+(1-alphas)*(S+PTIF+ATIF);

end;

steady;

%-----
% 4. Shocks
%-----

shocks;
var AF;
periods 1:4;
values 0.01;
end;

%-----
% 5. Simulate
%-----

perfect_foresight_setup(periods=1000);
perfect_foresight_solver(stack_solve_algo=0, print);

```