

# Ákveður verðbólgu

## Fundnar með formerkjafjötruðu SVAR

Stefán Pórarinsson

Seðlabanki Íslands

October 18, 2022

# Inngangur

- ▶ Grunnmarkmiðið er að meta ásættanlegt SVAR líkan fyrir Ísland.
- ▶ Fyrsta hliðarmarkmið er leggja mat á ákveður verðbólgu.
- ▶ Annað hliðarmarkmið er að athuga umfang markaðsháðrar verðlagningar innflutnings á Íslandi (e. local currency pricing).

# SVAR – skilgreining

- ▶ Almennt línulegt kvikt formgert líkan (e. linear dynamic structural model) má skrifa sem

$$Az_t = Bx_t + u_t, \quad \forall t \in \mathbb{N} \quad (1)$$

Þar sem  $z_t$  er  $n \times 1$  vigur,  $x_t$  er  $k \times 1$  vigur,  $A$  er  $n \times n$  fylki,  $B$  eru  $n \times k$  fylki og  $u_t$  er  $n \times 1$  slembivigur með gefna líkindadreifingu.

- ▶ Ef  $x_t = (z_{t-1}, \dots, z_{t-p}, 1)$ , og samdreifnifylkið  $\mathbb{E}[u_t u_t^T] = D$  er hornalínufylki, þá segjum við að líkanið í jöfnu (1) sé SVAR( $p$ ) líkan.

# SVAR – matsverkefnið

- ▶ Verkefnið okkar er að meta  $n(n + k + 1)$  stika.
- ▶ Þekkt er að upplýsingarnar í  $x_t$  duga ekki til að meta alla stika, og sér í lagi duga ekki til aðgreiningar á samtímaáhrifum.
- ▶ Beitum formerkjafjötrun. Krafa um að viðbragðsföll valdra stærða séu með tiltekið fyrirfram ákvarðað formerki þegar tilteknir skellir dynja á.

# SVAR – formerkjafjötrun (1)

- ▶ Hefðbundna leiðin til að meta SVAR með formerkjafjötrun:
  1. Meta rudda gerð (e. reduced form) af líkaninu.
  2. Smíða safn stikavígra m.t.t. Haar dreifingar (snúningsfylki).
  3. Fyrir hvern stikavígur í þessu safni fáum við viðbragðsfall.
  4. Hendum þeim stikum sem standast ekki formerkjakröfur.

## SVAR – formerkjafjötrun (2)

- ▶ Hamilton og Baumeister (2015) gagnrýna þessa aðferðafræði.
- ▶ Þau segja að þetta sé bayesísk aðferð í dulargervi.
- ▶ Upplýsingar úr gögnum eru svo gott sem hundsáðar í matsferlinu.

## SVAR – formerkjafjötrun (3)

- ▶ "We demonstrate that users of these methods can in some cases end up performing hundreds of thousands of calculations, ostensibly analyzing the data, but in fact doing nothing more than generating draws from a prior distribution that they never even acknowledged assuming."

# SVAR – formerkjafjötrun (4)

- ▶ Einföld samantekt á bayesískum göllum:
  - ▶ Ef  $h$  er með uniform dreifingu, þá er  $g(h)$  ekki uniform þegar  $g$  er ólínulegt fall.
  - ▶ IRFs eru ólínuleg föll af undirliggjandi parametrum.
  - ▶ "... the quest for "noninformative" priors for structural VARs is destined to fail."



# SVAR – formerkjafjötrun (5)

- ▶ Hamilton og Baumeister leggja til eftirfarandi matsaðferð fyrir gefið SVAR líkan eins og í jöfnu 1.:
  1. Myndum fyrirframdreifingu á  $p(A, B, D) = p(A)p(D|A)p(B|A, D)$ .
  2. Hermum viðbragðsföll út frá  $p(A, B, D)$  og fáum dreifingar á upphafsviðbrögð.
  3. Hliðrum og endasleppum (e. truncate) afköstum hermunarinnar úr skrefi tvö, m.t.t. formerkjafjötrunar.
  4. Fáum þannig fyrirframdreifingar fyrir  $H = A^{-1}$  og  $\det(A)$ .
  5. Finnum eftirádreifingar stika.

# SVAR – formerkjafjötrun (Samantekt)

- ▶ Viljum finna skelli sem hafa hagfræðilega túlkun:
  - ▶ (VAR  $\implies$  SVAR)
- ▶ Erfiðleikar við einkvæma ákvörðun stika þvinga okkur til að stækka upplýsingamengið.
- ▶ Formerkjafjötrun er ein leið til að auka upplýsingar við mat.
- ▶ Notum bayesíska aðferð Baumeister og Hamilton til að meta.

# Bayesísk aðferðafræði (1)

- ▶ Lát  $\theta$  vera stikavigur og táknum öll matsgögn með  $y$ .
- ▶ Með mati sækjumst við eftir lýsistærð fyrir  $\theta|y$ .
- ▶ Í Bayesískri tölfræði reynum við að finna líkindadreifinguna  $f_{\theta|y}$ .
- ▶ Regla Bayes segir:

$$P(\theta|y) = \frac{P(\theta)P(y|\theta)}{P(y)}$$

- ▶ Nú er  $P(y)$  fasti m.t.t.  $\theta$  og því ákvarðast  $P(\theta|y)$  af fyrirframlíkum  $P(\theta)$  og sennileikafallinu  $L(\theta|y)$  í punktinum  $\theta$ .

## Bayesísk aðferðafræði (2)

- ▶ Það getur reynst erfitt að lýsa eftirádreifingunni með endanlegri segð.
- ▶ Beitum því hermun.
- ▶ Notum Monte Carlo Markov-keðju algrím; slembigangs Metropolis-Hastings.

# Sérkenni Íslands (1)

- ▶ Purfum að taka tillit til þess að Ísland er (mjög) lítið og (mjög?) opið hagkerfi.
- ▶ Nýtt skilyrði:

$$\beta = Rc \quad (2)$$

þar sem  $\beta = \text{vec}(B')$ ,  $R = \bigoplus_{i=1}^n R_i$ , og  $c = (c'_1, \dots, c'_n)'$ , sem fá merkingu sína frá jöfnunni

$$b_i = R_i c_i \quad (3)$$

þar sem  $b_i$  er  $i$ -tti línuvigur fylkisins  $B$ .

- ▶ Minnumst þess að líkanið okkar er

$$Az_t = Bx_t + u_t$$

# SVAR fyrir Ísland (1)

## ► Breytur

Breytuheiti	Lýsing
$y$	Framleiðsluspenna
$\pi$	Verðbólga
$r$	Meginvextir
$s$	Logri raungengis <sup>1</sup>
$\pi_F$	Verðbólga innflutnings
$\hat{\pi}$	5 ára verðbólguvæntingar <sup>2</sup>
$y^*$	Viðskiptavegin erlend framleiðsluspenna
$\pi^*$	Viðskiptavegin erlend verðbólga
$r^*$	Viðskiptavegnir erlendir vextir

Table: Model variables

## SVAR fyrir Ísland (2)

- ▶ Nýtum okkur hin hefðbundnu Nýkeynesísku líkön til að ákvarða hvaða stikar við samtímastærðir, þ.e.a.s. stikar í fylkinu  $A$ , skulu neyddir í núll.
- ▶ Notum Dynimo (2020), Galí og Monacelli (2005), og Hamilton og Baumeister (2018) til að ákvarða fyrirframdreifingar þeirra stika sem eftir standa í  $A$ .

## SVAR fyrir Ísland (3)

- ▶ Notum Minnesota priors fyrir  $B$ .
- ▶ Ættleiðum dreifingar Hamilton og Baumeister fyrir hornalínulaga samdreifnifylkið  $D$ : andhverf gamma dreifing (e. inverse gamma distribution).
- ▶ Myndum fyrirframdreifingar fyrir valin gildi úr  $H = A^{-1}$  og fyrir  $\det(A)$ , með því að afmarka dreifinguna eins og áður sagði.



# SVAR fyrir Ísland (4)

- ▶ Sættumst á A fylkið:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & -\beta_y & \gamma_y & 0 & 0 & 0 & -\theta_y & 0 & 0 \\ -\alpha_\pi & 1 & 0 & 0 & -\zeta_\pi & -\eta_\pi & 0 & 0 & 0 \\ -\alpha_r^\rho & -\beta_r^\rho & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\beta_s & \gamma_s & 1 & 0 & 0 & 0 & \lambda_s & -\nu_s \\ -\alpha_F & 0 & 0 & -\delta_F & 1 & 0 & 0 & -\lambda_F & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- ▶ þar sem  $\alpha_r^\rho = (1 - \rho)\alpha_r$  og  $\beta_r^\rho = (1 - \rho)\beta_r$

# SVAR fyrir Ísland (5)

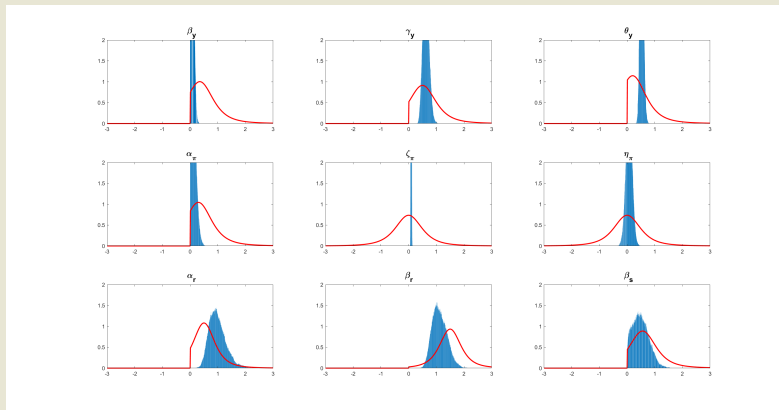
- Fáum svo formerkjafjötrunarfylkið:

$$\text{SGN}(H) = \begin{pmatrix} & \varepsilon_y & \varepsilon_\pi & \varepsilon_r & \varepsilon_s & \varepsilon_F & \varepsilon_E & \varepsilon_{y^*} & \varepsilon_{\pi^*} & \varepsilon_{r^*} \\ y_t & ? & - & - & ? & ? & ? & + & ? & ? \\ \pi_t & ? & + & - & + & + & ? & ? & ? & + \\ r_t & ? & + & + & + & + & ? & ? & ? & + \\ s_t & ? & ? & - & ? & ? & ? & ? & ? & ? \\ \pi_{m,t} & ? & ? & ? & ? & ? & ? & ? & + & ? \\ \pi_{E,t} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & + & 0 & 0 & 0 \\ y_t^* & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & + & 0 & 0 \\ \pi_t^* & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & + & 0 \\ r_t^* & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & + \end{pmatrix}$$

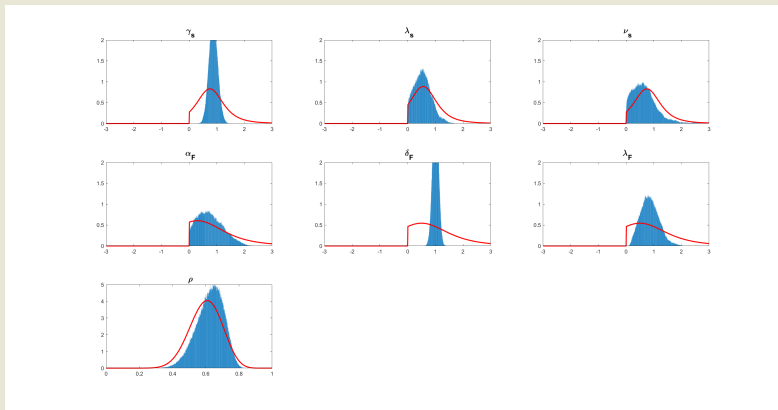
# SVAR fyrir Ísland (6)

- ▶ Með þetta að vopni keyrum við aðlagað algrím Hamilton og Baumeister og fáum eftirádreifingar fyrir alla stika.
- ▶ Eftirádreifingarnar gera okkur kleift að spá, og reikna út viðbragðsföll og framlög skella til frávika.

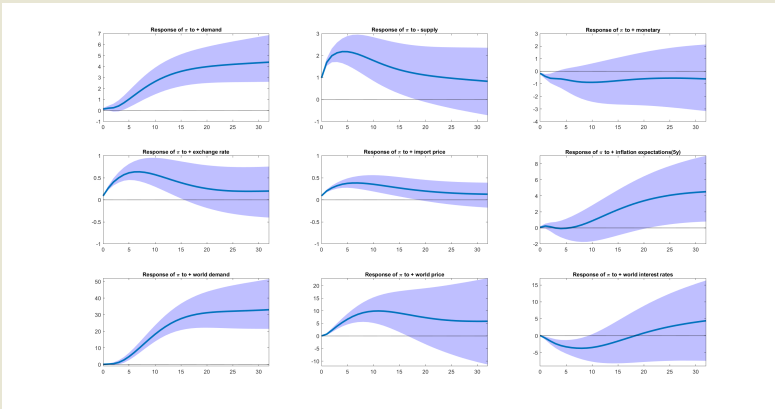
# Niðurstöður – Eftirádreifingar (1)



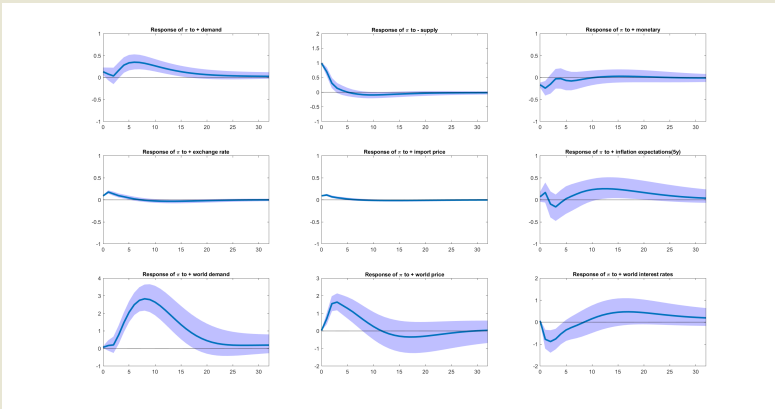
# Niðurstöður – Eftirádreifingar (2)



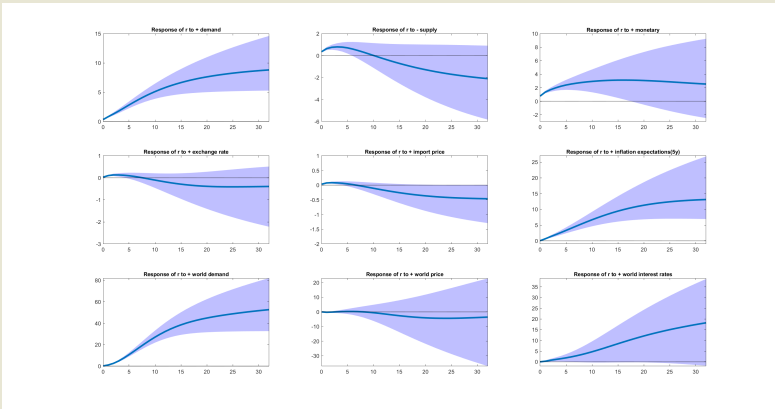
# Niðurstöður – Viðbragðsföll verðbólgu (1)



# Niðurstöður – Viðbragðsföll verðbólgu (2)

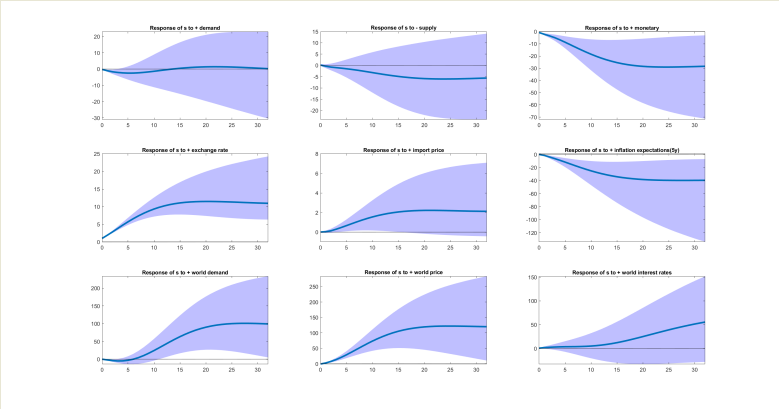


# Niðurstöður – Viðbragðsföll vaxta

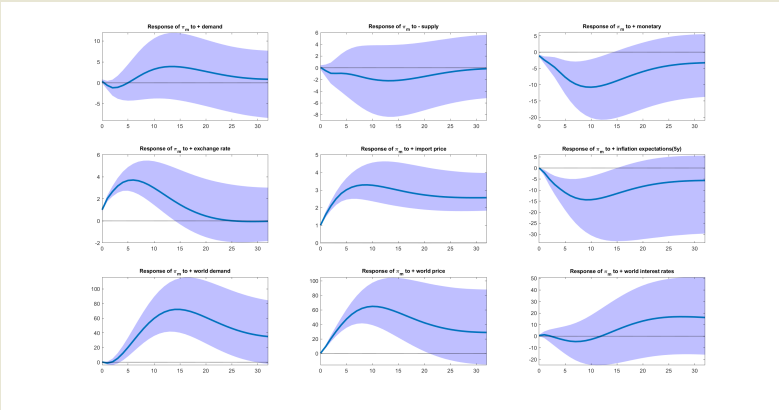




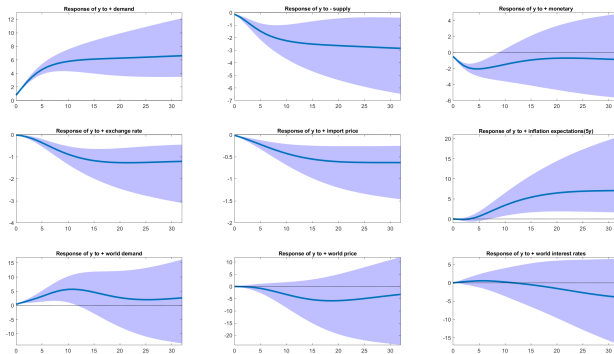
# Niðurstöður – Viðbragðsföll gengis



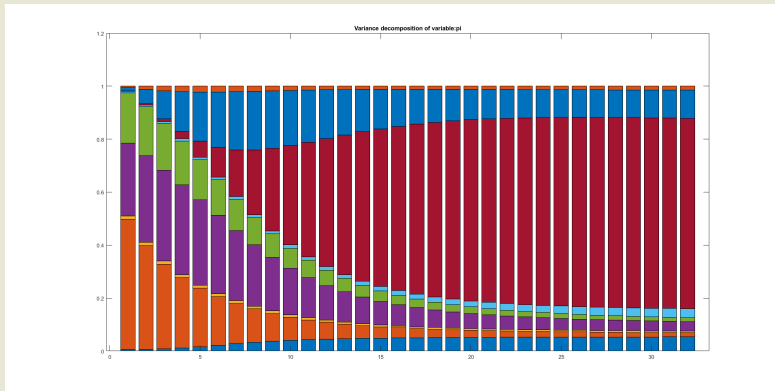
# Niðurstöður – Viðbragðsföll verðlags innflutnings



# Niðurstöður – Viðbragðsföll framleiðsluspennu

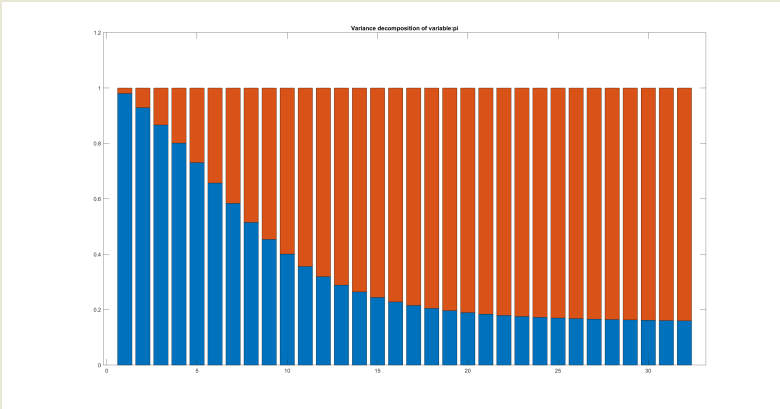


# Niðurstöður – Spáfrávikaframlag (1)

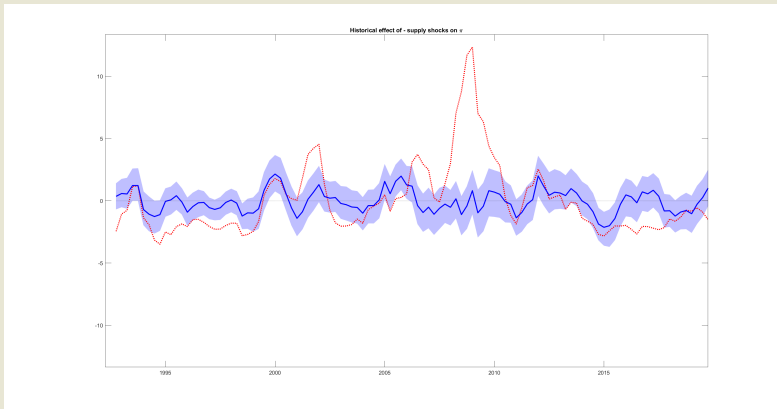


Blár - eftirspurn; appelsínugulur - framboð; gulur - vextir; fjólublár - gengi; grænn - innflutt; ljósblár - væntingar; rauður - erlend eftirspurn; dökkblár - erlend verðbólga; dökk appelsínugulur - erlendir vextir.

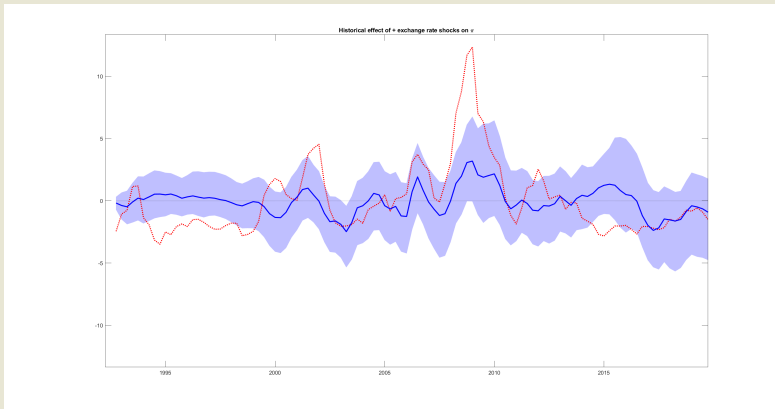
# Niðurstöður – Spáfrávikaframlag (2)



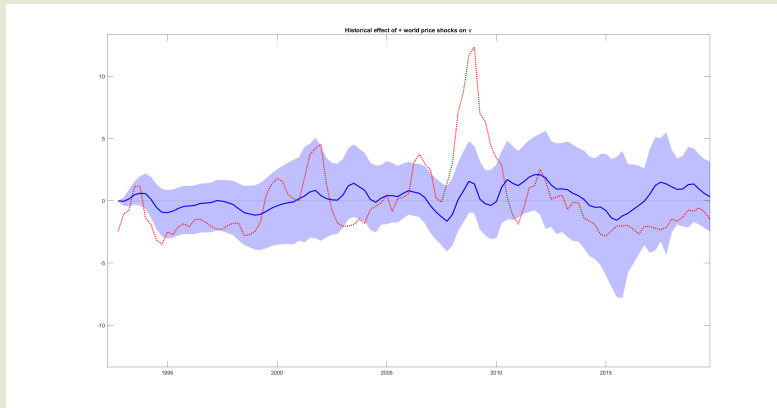
# Niðurstöður – Sögulegt frávikaframlag (1)



# Niðurstöður – Sögulegt frávikaframlag (2)

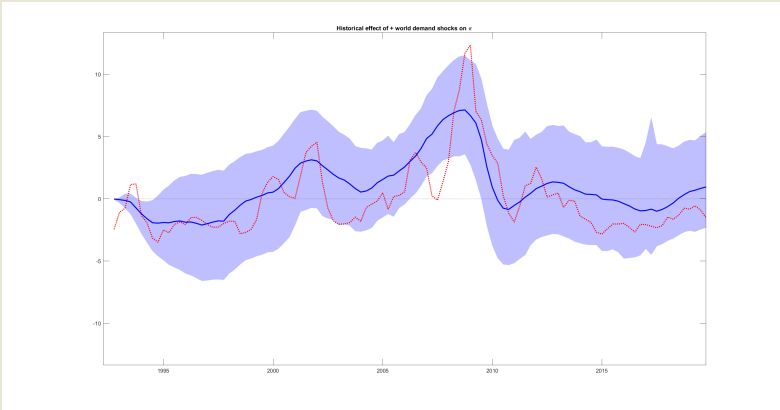


# Niðurstöður – Sögulegt frávikaframlag (3)



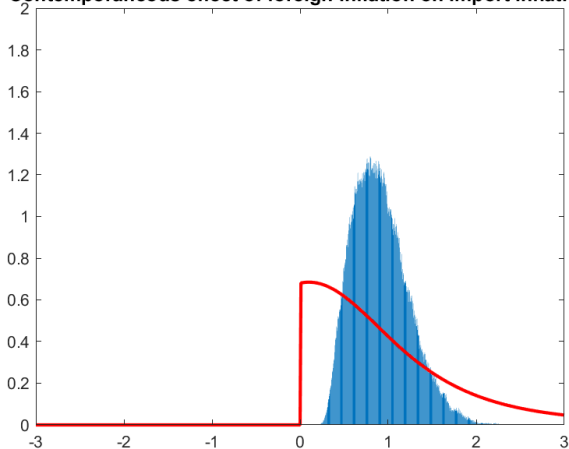


# Niðurstöður – Sögulegt frávikaframlag (4)

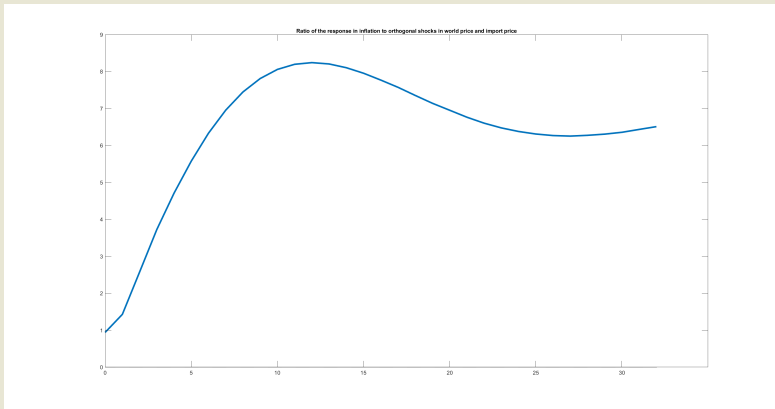


Niðurstöður –  $\lambda_F$ 

Contemporaneous effect of foreign inflation on import inflation



# Niðurstöður – $(\epsilon_{\pi_F}, \epsilon_{\pi_M}) \rightarrow \pi$



# SVAR SVÖR

- ▶ Líkanið er ekki keyrt áfram af fyrirframdreifingum. Gögnin fá að tala.
- ▶ Erlendir skellir hefa veruleg og langvarandi áhrif á íslenskt verðlag.
  - ▶ Óumflýjanlegt?
  - ▶ Gefur það í skyn að peningastefna hafi staðið sig vel?
  - ▶ Hrunið inni; gæti valdið bjaga. Tímaháð dreifing á dreifni eða samdreifnifylki?
- ▶ Verð innflutnings virðist ekki hafa teljandi áhrif á verðbólgu umfram hreyfingar í almennu erlendu verðlagi, sem gefur í skyn að markaðsháð verðlagning sé ekki ríkjandi.
  - ▶ Gengisskellur hefur lítil áhrif í gegnum verðlag innflutnings. Má túlka sem rök fyrir markaðsháðri verðlagninu.
  - ▶ Skellur í erlendu verðlagi deyr mjög hægt út, samanlögð áhrif mikil.