



Áhrif kolefnisgjalds á eldsneytisnotkun  
a) C19:03: Áhrif á eldsneytisnotkun heimila,  
b) C20:01: Áhrif á eldsneytisnotkun fyrirtækja,  
júní 2020

**HAGFRÆÐISTOFNUN**



HÁSKÓLI ÍSLANDS

## FORMÁLI

Hér á eftir fara niðurstöður athugunar á áhrifum kolefnisgjalds, sem unnin var fyrir umhverfisráðuneytið. Athugunin er í tveimur hlutum.

Fyrri hlutinn, sem fjallar um áhrif kolefnisgjalds á eldsneytisnotkun heimila, var einkum unninn af Kára Kristjánssyni hagfræðinema sumarið 2019.

Dr. Arnar Már Búason hagfræðingur veitti aðstoð við mat á stuðlum eftirspurnarkerfisins.

Seinni hlutinn fjallar um áhrif kolefnisgjalds á eldsneytisnotkun fyrirtækja, en hann samdi ég á fyrri hluta árs 2020.

Athugunin er eingöngu byggð á opinberum gögnum.

Hvor hluti um sig var rýndur af tveimur óháðum sérfræðingum í hagrannsóknnum og eru þeim þakkaðar fjölmargar gagnlegar ábendingar.

Reykjavík, júní 2020,

Sigurður Jóhannesson, forstöðumaður Hagfræðistofnunar.

Hagfræðistofnun Háskóla Íslands

Odda við Sturlugötu

Sími: 525-5284

Heimasíða: [www.hhi.hi.is](http://www.hhi.hi.is)

Tölvufang: [ioes@hi.is](mailto:ioes@hi.is)

Skýrsla nr. C19:03

Áhrif kolefnisgjalds á eldsneytisnotkun heimila

## Efni

1. Inngangur .....	4
2. Fræðilegt yfirlit.....	5
2.1 Teygni eftirspurnar.....	5
2.2 Niðurstöður erlendra rannsókna á áhrifum kolefnisgjalda.....	6
3. Líkan og niðurstöður aðhvarfsgreiningar.....	9
4. Túlkun niðurstaðna .....	11
5. Samantekt .....	13
Heimildaskrá .....	14
Viðauki A- Almost Ideal Demand System.....	15
Viðauk B- Gögn.....	17

## 1. Inngangur

Rannsóknir benda til þess að loftslagsbreytingar og hitnun jarðar séu að stórum hluta af mannavöldum. Þær megi rekja að miklu leyti til útblásturs kolefnis og annarra lofttegunda sem verða til við bruna á eldsneyti eins og bensíni og kolum (IPCC Fifth Assessment Report, 2014). Í hagfræðilegum skilningi heyrir þessi vandi undir úthrif. Talað er um úthrif þegar viðskipti hafa bein áhrif á aðra en þá sem koma að þeim. Neysla eins á mengandi vöru hefur áhrif á loftgæði annarra, og kostnaðurinn sem það veldur er ekki tekinn með í reikninginn þegar ákvörðun er tekin um neyslu. Eitt ráð við þessum vanda var kynnt af hagfræðingnum Arthur C. Pigou. Ráð hans var að leggja skatt á úthrif, þannig að kostnaður alls samfélagsins væri tekinn með í reikninginn. Kolefnisskattur miðar að því að taka kostnað alls samfélagsins af mengun inn í verð á eldsneyti (Pigou, 1920).

Markmið þessarar skýrslu er að meta áhrif skattlagningar á neyslu kolefniseldsneytis, með öðrum orðum að komast að því hversu mikið neysla á kolefniseldsneyti minnkar þegar skattur er lagður á það. Hér á eftir er aðeins horft á eftirspurn heimila. Metin eru áhrif allra verðbreytinga á neyslu þeirra á bensíni það sem af er öldinni. Gert er ráð fyrir að álagning kolefnisgjalds hafi sömu áhrif á bensínnotkun og allar aðrar verðbreytingar.

Notuð eru gögn frá Hagstofunni um neyslu Íslenskra heimila, útgjöld þeirra vegna ferða og flutninga og kaup á bensíni og olíu. Að auki er notast við vísitölur Hagstofunnar sem sýna verðlag einstakra vöruflokka. Gögnin ná til árána 2000 til 2017.

Matsaðferðin sem hér er stuðst við hefur verið kölluð nær fullkomið eftirspurnarkerfi (á ensku Almost Ideal Demand System, hér eftir AID-kerfi). Þar eru niðurstöður úr rekstrarhagfræði nýttar til þess að leggja bönd á stuðla eftirspurnarfalla sem metin eru. Því liggja meiri upplýsingar að baki matinu þegar þessari aðferð er beitt en í hefðbundinni aðfallsgreiningu. Þessari aðferð er oft beitt til þess að draga ályktanir um neyslu af fátæklegum gögnum (Deaton og Muellbauer 1980a, bls. 61 og áfram).

## 2. Fræðilegt yfirlit

### 2.1 Teygni eftirspurnar

Næmni eftirspurnar eftir vöru fyrir breytingum í verði er kölluð verðteygni<sup>1</sup> og næmni eftirspurnar fyrir breytingum í tekjum er kölluð tekjuteygni.<sup>2</sup> Teygni getur sagt okkur ýmislegt um áhrif kolefnisgjalda á neyslu á bensíni. Hækkun kolefnisgjalds birtist neytendum sem verðhækkun, og teygnin segir okkur hve mikið fólk myndi breyta neyslu sinni við þá verðhækkun.

Stærðfræðilega er verðteygni skilgreind sem hlutfallsleg breyting í eftirspurðu magni þegar verð hækkar um 1%. Verðteygni vöru er iðulega neikvæð tala, þar sem fólk kaupir minna af vöru ef verð hennar hækkar. Ef verðteygnin er 0 er eftirspurnin fullkomlega óteygin. Eftirspurn breytist ekkert þegar verð breytist. Ef verðteygnin er milli 0 og -1 er eftirspurnin óteygin, þannig að fólk dregur úr neyslu þegar verð hækkar, en neyslan minnkar minna en verð hækkar. Þegar eftirspurn eftir vöru er óteygin eykst hlutur vörunnar í útgjöldum þegar hún hækkar í verði. Þegar verðteygnin er -1 minnkar neyslan um sama hlutfall og verð hækkar. Ef teygnin er minni en -1 (ef tölugildi teygninnar er með öðrum orðum stærra en 1), er eftirspurnin teygin, en það þýðir að neysla minnkar hraðar en verð hækkar.

Tekjuteygni er skilgreind stærðfræðilega sem hlutfallsleg breyting á eftirspurðu magni þegar tekjur aukast um 1%. Tekjuteygni er oftast stærri en núll, því að fólk kaupir meira af flestum vörum þegar því áskotnast meira fé. Þó eru til undantekningar. Ef tekjuteygni eftirspurnar eftir vöru er minni en núll er varan kölluð óæðri vara. Ef tekjuteygni er milli 0 og 1 telst varan vera nauðsynjavara. Fólk neytir alltaf einhvers af þessari vöru og hún er stærra hlutfall af neyslu tekjulágra en tekjuhárri. Ef tekjuteygnin er hærri en 1 er talað um munaðarvöru. Þær eru ekki ofarlega í forgangs röðun fólks en fólk ver vaxandi hluta tekna í neyslu þeirra þegar tekjur vaxa.

Krossverðteygni lýsir næmni eftirspurnar eftir vöru fyrir verðbreytingum á öðrum vörum. Stærðfræðilega er hún skilgreind eins og eigin teygni nema hvað verð annarrar vöru kemur í stað verðs vörunnar sjálftrar. Ef krossverðteygni tveggja vara er stærri en núll verður verðhækkun annarrar vörunnar til þess að eftirspurn eftir hinni eykst. Þá eru vörunar kallaðar

---

<sup>1</sup> Verðteygni:  $\varepsilon_p = \frac{\%breyting \text{ í magni}}{\%breyting \text{ í verði}} = \frac{\partial q}{\partial p} * \frac{p}{q}$ , q merkir magn, p merkir verð og  $\varepsilon_p$  merkir verðteygni.

<sup>2</sup> Tekjuteygni:  $\varepsilon_I = \frac{\%breyting \text{ í magni}}{\%breyting \text{ í tekjum}} = \frac{\partial q}{\partial I} * \frac{I}{q}$ , I merkir tekjur.

staðkvæmdarvörur – önnur varan getur komið í stað hinnar – dæmi Emmess-ís, Kjörís. Ef krossverðteygni er neikvæð verður verðhækkun á einni vöru til þess að eftirspurn eftir hinni minnkar. Þá eru vörurnar kallaðar stuðningsvörur. Dæmi um stuðningsvörur eru skyr og rjómi eða brauð og sulta.

Annað form af verðteygni er kölluð bætt verðteygni. Hún sýnir næmni eftirspurnar fyrir verðbreytingum þegar kjararárnrún vegna verðhækkunar er að fullu bætt neytandanum. Bætt verðteygni sýnir því í raun eingöngu staðkvæmdaráhrif sem verðbreyting hefur.

Hægt er að setja þetta í samhengi við kolefnisskatta. Neysla heimila af kolefniseldsneyti ræðst einkum af verði eldsneytisins og tekjum heimilanna. Tekjuteygni eldsneytis segir okkur hve mikil áhrif það hefði á neyslu bensíns að tekjur heimilis ykjust um 1%. Verðteygni eldsneytis segir okkur hve mikið neysla á bensíni breytist ef bensínverð hækkar um 1%. Bætt verðteygni lýsir því hvað gerist ef lagt er á 1% kolefnisgjald, en tekjur af því eru nýttar til þess að hækka persónuafslátt nægilega mikið til að gjaldið hafi ekki áhrif á kjör heimila. Krossverðteygni annarra vara gagnvart eldsneyti segir okkur hvað verðhækkun á bensíni hefur mikil áhrif á neyslu annarra vara.

## 2.2 Niðurstöður erlendra rannsókna á áhrifum kolefnisgjalda

Eftirspurnarteygni kolefniseldsneytis hefur nokkrum sinnum verið metin með AID kerfi. Eftirspurnarteygnin mælist iðulega milli -0,3 og -1 og munar töluverðu á niðurstöðum eftir heimilisgerð og tekjum. Tiezzi og Verde (2015) nýttu gögn úr útgjaldakönnun Bandaríkjana á árunum 2007 til 2009. Þau mátu verðteygni eftirspurnar eftir kolefniseldsneyti sem -0,435. Með öðrum orðum minnkar eftirspurn um rúmlega 0,4% ef eldsneytisverð hækkar um 1%. Samkvæmt rannsókninni var krossverðteygni kolefniseldsneytis gagnvart rafmagni, jarðgasi og almenningssamgöngum minni en núll en gagnvart öllu öðru var hún yfir núlli. Það þýðir að heimilin nota minna af rafmagni, jarðgasi og almenningssamgöngum þegar eldsneyti hækkar í verði, en meira af öðrum vörum. West og Williams (2002) nýttu könnun á útgjöldum Bandaríkjamanna frá 1996 til 1998 til þess að leggja mat á verðteygni eldsneytiseftirspurnar hjá nokkrum tekjuhópum. Verðteygnin mældist milli -0,6 og -0,8 fyrir alla tekjuhópa nema þann hæsta, en hjá honum var verðteygnin -0,33. Af því má ráða að á tekjuháum heimilum láti menn verðhækkanir á eldsneyti sig fremur litlu varða. Árið 2007 mældu West og Williams (2007) teygni eldsneytiseftirspurnar eftir heimilisgerð. Þau notuðu sömu gögn og í rannsókn sinni 2002 en skoðuðu nú aðrar breytur. Verðteygni eftirspurnar á heimila með einum fullorðnum reyndist -0,75,

en -0,27 á heimilum með tveimur fullorðnum. Verðbreytingar virðast hafa mun minni áhrif á eldsneytisnotkun á heimilum með tveimur fullorðnum en hjá einstæðingum. Verðteygni milli 0 og -1 gefur til kynna að fólk sé almennt fremur tregt til að breyta neyslu sinni á kolefniseldsneyti þegar verð þess breytist. Það fórnar frekar öðrum neysluvörum.

Erik Haites (2018) bar saman áhrif kolefnisskatts í mörgum löndum í Evrópu og Asíu, auk Kanada. Kolefnisgjald í Bresku-Kólumbíu í Kanada, sem fór úr því að vera 5 kanadadollarar á hvert tonn af koltvíoxíði í 30 kandadollara á hvert tonn, leiddi til 5-15% samdráttar í notkun eldsneytis miðað við það sem ella hefði orðið (e. business as usual). Heildarútblastur jókst á tímanum sem skoðaður var. Í Evrópusambandsríkjum leiddi kolefnisskattur til um 6,5% samdráttar í notkun eldsneytis á nokkrum árum frá því sem ella hefði mátt búast við. Reyndar virtist útblástur sem skatturinn náði ekki til dragast meira saman en útblástur sem skatturinn náði til. Haites dregur þá ályktun að almennt hafi kolefnisskattur í Evrópu ekki verið nægilega háir, en skatturinn var um 6 bandaríkjadollarar á hvert tonn af kolefni.

Kelly de Bruin og Aykut Mert Yakut (2018) gerðu grein fyrir áhrifum kolefnisskatts á Írlandi. Þau komust að þeirri niðurstöðu að kolefnisskattur hefði ekki breytt notkun fólks á eldsneyti þar í landi. Þegar skýrslan var samin var kolefnisgjaldið 20 evrur á hvert tonn af kolefni sem samsvarar um það bil 7,6% af sköttum á bensíni og 14% af sköttum á díselolíu. Tvöföldun gjaldsins hefði leitt til 4,4% verðhækkunar á bensíni og 7% á dísel. Verðhækkningar af þeirri stærðargráðu geta hæglega verið hluti af eðlilegum sveiflum í olíuverði og því er óvíst að neytendur hafi einu sinni tekið eftir skattinum. Höfundar draga þá ályktun að hærri kolefnisgjöld þurfi til þess að draga úr eldsneytisnotkun. Stjórnvöld þurfi að sýna fram á eindreginn vilja til þess að viðhalda skattinum og hækka hann með tímanum, svo að fólk átti sig á að verðið lækki ekki aftur. Þá fyrst dragi það úr neyslunni.

Soocheol Lee, Hector Pollitt og Kazuhiro Ueta (2011) áætluðu áhrif kolefnisgjalda í Japan. Þeirra niðurstöður bentu til þess að fyrirhugaðir kolefnisskattar í Japan myndu hvorki hafa mikil áhrif á útblástur né efnahag. Hækka þyrfti skattinn verulega ef draga ætti úr losun, en slík hækkun myndi líkast til ekki hafa veruleg áhrif á efnahag fólks.

Martin, De Preux og Wagner (2014) mátu áhrif kolefnisgjalds á samkeppnishæfni framleiðslufyrirtækja. Rannsóknin benti til þess að kolefnisskatturinn hefði ekki marktæk áhrif á framleiðslu eða atvinnu. Kolefnisgjöld virtust ekki leiða ekki til þess að fyrirtæki hættu störfum.



Hins vegar notuðu þau minni orku en áður. Fyrirtækin virtust geta lagað framleiðslu sína að breyttum kostnaði og viðhaldið samkeppnisstöðu sinni. Rannsókn Ganda og Milondzo (2018) í Suður Afríku gaf einnig til kynna að fyrirtæki gætu lagað sig að breyttum kostnaði og viðhaldið samkeppnishæfni gagnvart erlendum fyrirtækjum.

Efnahagsleg áhrif kolefnisskatta eru margslungin. Miklu skiptir hvað ríkið gerir við tekjur af skattinum. Ef ráðstöfun skattteknanna er ekki tekin með í reikninginn er niðurstaða flestra sú að landsframleiðsla og atvinna minnki eftir að kolefnisgjald er lagt á. Skatturinn hefur meiri áhrif á lífskjör láglaunafólks en annarra. En ef skatttekjum er ráðstafað til þess að bæta fólki skaðann kunna atvinna og landsframleiðsla að aukast. Þá hefur skatturinn ekki áhrif á almenn lífskjör en hvetur til minni útblásturs. Einnig er hægt að nota skatttekjurnar til þess að greiða niður kostnað fyrirtækja sem nota tækni eða auðlindir sem menga lítið, eða fjárfesta í tækniþróun sem stuðlar að minni mengun. Þannig má auka áhrif kolefnisskatts á útblástur (Kennedy, 2018; Metcalf, 2019; Geroe, 2019; Diamond og Zodrow, 2018).

Þegar á heildina er lítið má sjá að kolefnisgjöld hafa hingað til ekki haft mjög mikil áhrif á neyslu fólks. Teygnistuðlar eru jafnan taldir vera milli -0,3 og -1, en af því má ráða að fólk sé tregt til að breyta neyslu sinni á eldsneyti þegar verð hækkar. Sökum þessa hafa kolefnisgjöld ekki orðið til þess að mikið hafi dregið úr útblæstri en að sama skapi hafa þau ekki valdið miklum skaða fyrir efnahag þeirra landa sem hafa tekið þau upp. Þetta má túlka þannig að kolefnisgjöld þurfi að vera þó nokkru hærri ef þau eiga að hafa tilætluð áhrif. Kolefnisgjöld hafa meiri áhrif á neyslu og kjör á fátækum heimilum en öðrum og áhrifin eru líka mikil hjá einstæðingum.

### 3. Líkan og niðurstöður aðhvarfsgreiningar

Eftirspurnarkerfið var sett fram sem AID kerfi.<sup>3</sup> Gögnin sem stuðst er við má sjá í viðauka B. Breytur kerfisins sýna neyslulutföll heimila og verðvísitölu þriggja vöruflokka, auk heildarneyslu fyrir árin 2000 til 2017. Líkanið er formlega sett fram svo:

$$\begin{aligned} s_1 &= \alpha_1 + \sum_{j=1}^3 \gamma_{1j} \log(p_j) + \beta_1 \log\left(\frac{Y}{P}\right) \\ s_2 &= \alpha_2 + \sum_{j=1}^3 \gamma_{2j} \log(p_j) + \beta_2 \log\left(\frac{Y}{P}\right) \\ s_3 &= \alpha_3 + \sum_{j=1}^3 \gamma_{3j} \log(p_j) + \beta_3 \log\left(\frac{Y}{P}\right) \end{aligned}$$

Hér merkir  $s_i$  hlutfall vöru  $i$  í heildarneyslu,  $p_j$  merkir verðlag hinna ýmsu vöruflokka í kerfinu,  $Y/P$  merkir heildartekjur leiðréttar fyrir almennu verðlagi.  $\alpha_i$  eru fastar jafnanna,  $\gamma_{ij}$  eru stuðlar verðlagsbreytnanna í kerfinu og  $\beta_i$  eru stuðlar tekjubreytna jafnanna. Fyrsta jafnan lýsir hlutfalli bensíns og olíu í neyslu, önnur lýsir hlutfalli ferða og flutninga í neyslu, og sú þriðja lýsir því sem eftir er af heildarneyslu.

Stuðlar fyrstu tveggja jafna jöfnukerfisins voru metnir með SUR<sup>4</sup> aðhvarfsgreiningu. Stuðlar þriðju jöfnunnar eru reiknaðir út frá hinum jöfnunum í samræmi við bönd á stuðla jöfnukerfisins sem lýst er í viðauka A.

---

<sup>3</sup> Nánari skýring í viðauka A

<sup>4</sup> SUR: Seemingly unrelated regression

Tafla 1. Mat á stuðlum í jöfnum fyrir  $s_1$  og  $s_2$ .

Stuðull	Mat	Staðalfrávik	Athuganir	Frí-gráður	Staðalfrávik afgangslíða	R <sup>2</sup>
$s_1$			18	13	0,0043	0,78
$\alpha_1$	0,50	0,19**				
$\gamma_{11}$	0,03	0,01***				
$\gamma_{12}$	-0,05	0,12				
$\gamma_{13}$	0,02	0,53				
$\beta_1$	-0,04	0,02**				
$s_2$			18	13	0,03	0,19
$\alpha_2$	-1,79	1,11				
$\gamma_{21}$	-0,05	0,03				
$\gamma_{22}$	0,26	0,19				
$\gamma_{23}$	-0,22	0,18				
$\beta_2$	0,19	0,11*				

Marktæknimerkingar: „\*\*\*“ marktækt miðað við 99% öryggismörk.

„\*\*“ marktækt miðað við 95% öryggismörk

„\*“ marktækt miðað við 90% öryggismörk

Stuðlarnir voru notaðir til að reikna tekjuteygni, verðteygni og bætta verðteygni eldsneytis, krossverðteygni hinna vöruflokkanna gagnvart eldsneyti og bætta krossverðteygni hinna vöruflokkanna gagnvart eldsneyti. Niðurstöður útreikninga má sjá í töflu 2.

Tafla 2. Teygnistuðlar eldsneytis.

Teygnistuðull	Gildi	Lýsing
$\mathcal{E}_1$	0,09	Tekjuteygni eldsneytis.
$\mathcal{E}_{11}$	-0,35	Eigin verðteygni eldsneytis.
$\mathcal{E}_{21}$	-0,42	Krossverðteygni eldsneytis og ferða og flutninga.
$\mathcal{E}_{31}$	0,03	Krossverðteygni eldsneytis og annarra neysluvara.
$\mathcal{E}^c_{11}$	-0,34	Bætt eigin verðteygni eldsneytis.
$\mathcal{E}^c_{21}$	-0,30	Bætt krossverðteygni eldsneytis og ferða og flutninga.
$\mathcal{E}^c_{31}$	0,07	Bætt krossverðteygni eldsneytis og annarra neysluvara.

#### 4. Túlkun niðurstaðna

Aðalafurð matsins eru teygnistuðlar, sem sýna næmni notkunar fólks (heimila) á bensíni og öðrum vörum fyrir verðbreytingum á eldsneyti.

Verðteygni eldsneytis er -0,35, en það þýðir að neysla á eldsneyti minnkar um 0,35% ef eldsneytisverð hækkar um 1%. Ef verðteygni eftirspurnar eftir vöru er milli 0 og -1 er talað um eftirspurnin sé óteygjin. Fólk er fremur tregt til að draga úr bensínnotkun þegar verð hækkar. Tekjuteygningin er 0,09. Notkun fólks á bensíni eykst um 0,1% þegar tekjur þess hækka um 1%. Ef tekjuteygni eftirspurnar eftir vöru er undir einum er sem fyrr segir talað um nauðsynjavöru.

Krossverðteygni ferða og flutninga við eldsneyti er undir núlli, eða -0,42. Með öðrum orðum minnka útgjöld fólks til bifreiða og almenningsamganga lítillega þegar eldsneytisverð hækkar. Krossverðteygni eldsneytisnotkunar og notkunar á öðrum neysluvörum er hins vegar sáralítill, eða 0,03. Niðurstöðurnar gefa til kynna að eldsneytisverð hafi lítil eða engin áhrif á neyslu annarra vara.

Bætt verðteygni eldsneytis er -0,34. Hún er sem sé mjög nálægt óbætttri verðteygni. Af því má ráða að það breyti ekki miklu um eldsneytisnotkun hvort fólki er bætt kaupmáttartap sem verðhækkun á bensíni veldur.

Í fyrri hluta ágúst 2019 (9.8.), var algengt verð á lítra af 95 oktana bensíni 234 krónur og á lítra af díselolíu 224 krónur. Kolefnisgjald er nú 9,1 króna á lítrann af bensíni og 10,4 krónur á lítra af díselolíu (Lög um umhverfis- og auðlindaskatta, nr. 2009 nr. 23. des., skoðuð 14. ágúst

2019). Með öðrum orðum var gjaldið 3,9% af heildarverði bensíns og 4,6% af heildarverði díselolíu. Samkvæmt niðurstöðum þessarar rannsóknar mundu íslensk heimili nota 1,4% meira af bensíni og 1,6% meira af díselolíu ef ekki væri fyrir kolefnisgjaldið.

## 5. Samantekt

Rannsókn á íslenskum gögnum bendir til þess að hægt sé að draga úr neyslu fólks á eldsneyti með því að leggja á kolefnisgjöld, en að það gerist hægt. Fólk dregur úr notkun á eldsneyti um 0,35% ef verð þess hækkar um 1%. Erlendar rannsóknir gefa til kynna að teygningin sé milli -0,3 og -1 en könnun á grunni íslenskra gagna bendir til þess að hér sé hún í lægri endanum á því bili, eða nánar tiltekið -0,35.

Þar sem kolefniseldsneyti virðist vera óteyginn nauðsynjavara, með verðteygni -0,35, þarf nokkuð háan kolefnisskatt ef draga á verulega úr notkun á bensíni. Ef ætlunin er að draga úr neyslu heimila á eldsneyti um 10% þarf verð þess að hækka um  $10/0,35$  eða um tæp 30%. Það kolefnisgjald sem nú er lagt á bensín og díselolíu er 4-5% af verðinu. Gjaldið verður til þess að heimili nota 1-2% minna af bensíni og olíu en ella. Ef fólk gerir sér grein fyrir að kolefnisgjöldin eru varanleg, og þar með verðhækkunin, mun það sennilega smátt og smátt útvega sér sparneytnari bensínbíla eða rafknúna bíla eða skipta jafnvel yfir í almenningssamgöngur. Verið getur að teygningin sé þar af leiðandi meiri til langs tíma litið.

Ekki liggja fyrir góð gögn um eldsneytisnotkun fyrirtækja hér á landi, en í Bretlandi og Suður Afríku hafa áhrif kolefnisgjalda á rekstur fyrirtækja verið könnuð. Rannsóknirnar benda til þess að fyrirtæki geti að mestu lagað framleiðslu sína að breyttum kostnaði sem kolefnisgjöld valda án þess að það hafi veruleg áhrif á afkomu þeirra eða rekstrarskilyrði. Það bendir til þess að verðteygni eldsneytisefitirspurnar fyrirtækja sé meiri en hjá heimilum. Fyrirtæki dragi með öðrum orðum meira en heimili úr notkun á eldsneyti þegar það hækkar í verði.

## Heimildaskrá

De Bruin, Kelly. Yakut, Aykut Mert. Október 2018. *The Economic and Environmental impacts of Increasing the Irish Carbon Tax*. Economic and Social Research Institute.

Deaton, Angus. Muellbauer, John. Júní 1980. *An Almost Ideal Demand System*. The American Economic Review. Vol. 70, No. 3 pp. 312-326.

Deton, Angus, Muellbauer. 1980a. *Economics and consumer behavior*. Cambridge. Cambridge University Press.

Diamond, John W. Zodrow, George R.. Júlí 2018. *The Effects of Carbon Tax Policies on the US Economy and the Welfare of Households*. The Baker Institute for Public Policy.

Ganda, Fortune. Milondzo, Khazamula Samson. Maí 2018. *The Impact of Carbon Emissions on Corporate Financial Performance*. University of Limpopo, South Africa.

Geroe, Steven. 2019. *Addressing climate change through a low-cost, high-impact carbon tax*. Journal of Environment and Development, Vol. 28(I) 3-27.

Haites, Erik. (2018). Carbon taxes and greenhouse gas emissions trading systems: what have we learned? *Climate Policy*, 18(2), 955-966.

*IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.*

Kennedy, Joe. Júní 2018. *How induced innovation lowers the cost of a carbon tax*.

Lee, Soocheol. Pollitt, Hector. Ueta, Kazuhiro. Desember 2011. *An assessment of Japanese carbon tax reform using E3MG econometric model*. The Scientific World Journal.

Martin, Ralf. De Preux, Laure B. Wagner, Ulrich J. Maí 2014. *The impact of a carbon tax on manufacturing: evidence from microdata*. Journal of Public Economics 117, 1-14.

Metcalf, Gilbert E.. Mars 2019. *On the economics of a carbon tax for the United States*.

Pigou, A. C. (1920). *The Economics of Welfare*. London: Macmillan.

Tiezzi, Silia. Verde, Stefano F. Ágúst 2015. *Differential demand response to gasoline taxes and prices in the US*.

West, Sarah E. Williams III, Roberton C. September 2002. *Estimates from a consumer demand system: Implications for the incidence of environmental taxes*. National Bureau of Economic Research.

West, Sarah E. Williams III, Roberton C. April 2007. Journal of Public Economics. Vol. 91, iss. 3-4 (593-617)

### Viðauki A- Almost Ideal Demand System

Til þess að meta eftirspurnarfall íslenskra neytenda er notast við AID kerfi (e. Almost Ideal Demand System) eða *nær fullkomið eftirspurnarkerfi* upp á íslensku sem Angus Deaton og John Meullbauer (1980) settu fram. AID kerfið hefur ákveðna kosti sem gera það að góðum valkosti fyrir þessa greiningu. Það getur veitt manni fyrstu gráðu nálgun að hvaða eftirspurnarkerfi sem er, það uppfyllir allar frumsetningar neysluvalsfræðanna (e. axioms of choice), stuðlamat er einfalt og kerfið gerir ekki ráð fyrir að nytjafallið sé þenjanlegt (e. homothetic) og aðgreinanlegt (e. seperable).

AID kerfið er byggt upp með útgjaldafalli sem lýsir því hver ódýrasta leiðin til að ná ákveðnu nytjastigi,  $u$ , er miðað við gefið verðlag,  $\mathbf{p}$ . Útgjaldafallið er sett fram svo:

$$\log[c(u, \mathbf{p})] = (1 - u) \log[a(\mathbf{p})] + u \log[b(\mathbf{p})] \quad (1)$$

Þar sem  $a(\mathbf{p})$  merkir kostnað lífsviðurværis og  $b(\mathbf{p})$  merkir kostnað vellystinga. Þau eru skilgreind svo:

$$\log[a(\mathbf{p})] = a_0 + \sum_k \alpha_k \log(p_k) + \frac{1}{2} \sum_k \sum_j \gamma_{kj}^* \log(p_k) \log(p_j) \quad (2)$$

$$\log[b(\mathbf{p})] = \log[a(\mathbf{p})] + \beta_0 \prod_k p_k^{\beta_k} \quad (3)$$

Því er hægt að rita útgjaldafallið sem:

$$\log[c(u, \mathbf{p})] = a_0 + \sum_k \alpha_k \log(p_k) + \frac{1}{2} \sum_k \sum_j \gamma_{kj}^* \log(p_k) \log(p_j) + u \beta_0 \prod_k p_k^{\beta_k} \quad (4)$$

Hægt er að leiða eftirspurnarfallið út úr jöfnu (4) með *Shephard's lemma*. Með því er hægt að setja fram neyslu á vöru  $i$  í hlutfalli við heildarneyslu sem fall af verðlagi hinna mismunandi vörutegunda:

$$s_i = \alpha_i + \sum_j \gamma_{ij} \log(p_j) + \beta_i \log\left(\frac{Y}{P}\right) \quad (5)$$

$$\gamma_{ij} = \frac{1}{2} (\gamma_{ij}^* + \gamma_{ji}^*) \quad (6)$$



Hér merkir  $s_i$  hlutfall vöru  $i$  í heildarneyslu,  $p_j$  merkir verð á vöru  $j$ ,  $Y$  merkir heildarútgjöld til neyslu og  $P$  er verðlagsvísitala fyrir allt kerfið. Nauðsynlegt er að setja ákveðnar takmarkanir á líkanið til að það uppfylli skilyrði nytjafræðinnar.

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1 \quad \sum_{i=1}^n \gamma_{ij} = 0 \quad \sum_{i=1}^n \beta_i = 0 \quad (7)$$

$$\sum_j \gamma_{ij} = 0 \quad (8)$$

$$\gamma_{ij} = \gamma_{ji} \quad (9)$$

Að því gefnu að þessi skilyrði haldi lýsir (5) eftirspurnarkerfi þar sem  $\sum s_i = 1$  og þar sem hver og ein jafna er einsleit af gráðu núll í verði og heildarútgjöldum. Einnig tryggir (9) að krossverðteygni milli hvaða tveggja vöru flokka í kerfinu sé samhverf.

Hægt er að reikna teygni út frá stuðlunum í þessu líkani með fromúlunum:

Tekjuteygni vöru  $i$ : 
$$\varepsilon_{li} = 1 + \frac{\beta_i}{s_i}$$

Verðteygni vöru  $i$ : 
$$\varepsilon_{pi} = \frac{\gamma_{ii} - \beta_i s_i}{s_i} - 1$$

Krossverðteygni vöru  $i$  á móti vöru  $j$ : 
$$\varepsilon_{ij} = \frac{\gamma_{ij} - \beta_i s_j}{s_i}$$

Bætt verðteygni: 
$$\varepsilon_{pi}^c = \frac{\gamma_{ii}}{s_i} + s_i - 1$$

Bætt krossverðteygni vöru  $i$  og  $j$ : 
$$\varepsilon_{ij}^c = \frac{\gamma_{ij}}{s_i} + s_j$$

## Viðauk B- Gögn

Fengin voru gögn um neyslumynstur Íslendinga frá Hagstofu Íslands. Gögnin eru listi yfir meðalneyslu á hvert heimili í krónum talið, meðalneyslu heimila á vöruflokki COICIOP 07, ferðir og flutningar, og að lokum meðalneyslu heimila á undirflokki 0722, bensín og olíur. COICOP er alþjóðlegur staðall í flokkun neysluvara eftir vöruflokkum. Hagstofan notast við hann í gagnasöfnun sinni. Gögnin náðu yfir árin 2000 til 2017. Gögnunum er safnað með ítarlegum rannsóknum á neyslu heimila, meðal annars í þeim tilgangi að reikna út vísitölu neysluverðs. Úr þeim gögnum voru reiknuð neysluhlutföll sem eru grundvöllur í AID kerfinu. Þau hlutföll voru  $s1$ : hlutfall bensíns og olíu í heildarneyslu,  $s2$ : hlutfall ferða og flutninga að bensíni og olíu fráðregnu í heildarneyslu, og  $s3$ : hlutfall þess sem eftir er í heildarneyslu.

Að auki voru gögn um verðlag eftir vöruflokkum fengin frá hagstofunni. Notuð var vísitala neysluverðs með grunnár 1997. Vísitala neysluverðs var notuð sem mæling á almennu verðlagi, hér eftir verður sú vísitala nefnd  $P$ , og vísitala neysluverðs fyrir vöruflokk 0722 var notuð sem mæling á verðlagi eldsneytis, nefnd  $p1$ . Notaðar voru vogir fyrir undirvísitölur til að umreikna vísitölu neysluverðs fyrir vöruflokk 07 þannig að áhrif af verðlagi bensíns og olíu væru ekki tekin með. Sú vísitala var síðan notuð sem mæling á verðlagi ferða og flutninga, nefnd  $p2$ . Að auki voru vogir fyrir undirvísitölur notaðar til að umreikna vísitölu neysluverðs að undanskildum ferðum og flutningum. Sú vísitala var notuð sem mæling á almennu verðlagi að fráðregnum ferðum og flutningum, nefnd  $p3$ .

Að því loknu var búið að safna þeim upplýsingum sem þurfti til að smíða AID kerfi úr neyslumynstri og verðlagi á Íslandi. Breyturnar  $s1$ ,  $s2$  og  $s3$  eru neysluhlutföllinn sem þjóna sem háðu breyturnar í líkönunum. Breyturnar  $p1$ ,  $p2$  og  $p3$  eru verðlagsupplýsingarnar sem þjóna sem stór hluti óháðu breytanna. Að auki var heildarneysla, nefnd  $Y$ , og vísitala verðlags,  $P$ , notuð til að meta tekjuáhrif af verðbreytingum.

Hagfræðistofnun Háskóla Íslands

Odda við Sturlugötu

Sími: 525-5284

Heimasíða: [www.hhi.hi.is](http://www.hhi.hi.is)

Tölvufang: [ioes@hi.is](mailto:ioes@hi.is)

Skýrsla nr. C19:03  
Áhrif kolefnisgjalds á eldsneytisnotkun fyrirtækja  
maí 2020

## Efnisyfirlit

Samantekt.....	20
Inngangur.....	21
Teygni mælist á bilinu 0 til -1,4% í nokkrum erlendum rannsóknum.....	22
Stuðst við tölur frá Orkustofnun og Hagstofu – svo langt sem þær ná.....	22
Samhengi olíuverðs og olíunotkunar er mismikið eftir atvinnugreinum.....	24
Olíuverðhækkun dregur líklega úr olíunotkun, en óvissa er töluverð um stuðlamat.....	31
Viðauki 1: Translog-fall af kostnaði og teygnireikningar.....	34
Stuðlamat og mat á áhrifum breytinga í þáttaverði á notkun þáttanna.....	35
Viðauki 2: Helstu niðurstöður aðfallsgreiningar.....	37

## Samantekt

Tölur um verð aðfanga og kaup á þeim í nokkrum atvinnugreinum eru nýttar til þess að meta áhrif kolefnisgjalds á olíunotkun í atvinnulífinu. Stuðst er við árgögn frá 1997 til 2018 úr byggingarstarfsemi, fiskveiðum, flugi, iðnaði og sjóflutningum. Sett er upp eftirspurnarkerfi fyrir hverja atvinnugrein. Stíkar aðfallsjöfnu, sem sýnir hlut olíu í kostnaði, og annarrar, sem sýnir hlut annarra aðfanga, eru metnir í einu lagi. Bönd eru sett á stíkana í samræmi við niðurstöður úr rekstrarhagfræði, en þannig má oft draga ályktanir af tiltölulega fáum athugunum. Stikamatíð er síðan nýtt til þess að meta eftirspurnarteygni olíu, en hún sýnir hvað olíunotkun breytist um mörg prósent þegar olíuverð hækkar um 1%. Hér er gert ráð fyrir að kolefnisgjald hafi sömu áhrif á olíunotkun fyrirtækja og hver önnur verðhækkun. Svipuð aðferð var fyrir skömmu nýtt til þess að meta áhrif kolefnisgjalds á olíunotkun heimila (Skýrsla Hagfræðistofnunar nr. C19:03).

Metið er kvíkt líkan af aðfanganotkun fyrirtækja, þannig að bæði megi slá máli á langtímaáhrif kolefnisgjalds og fá hugmynd um hvað áhrifin eru lengi að koma fram. Óvegið meðaltal mælinga á eftirspurnarteygni í byggingarstarfsemi, fiskveiðum, flugi, iðnaði og sjóflutningum er mínus 0,3, hvort sem horft er til áhrifanna sama ár eða til langs tíma. Þetta þýðir að olíunotkun minnkar að jafnaði um 0,3% þegar olíuverð hækkar um 1%. Þar eð olíunotkunin minnkar um minna en 1% er eftirspurnin talin óteygjin. Mestu viðbrögðin eru í sjóflutningum, þar sem olíunotkun minnkar um tæp 0,9%. Aðeins í byggingarstarfsemi er „rangt“ formerki á matinu, en þar mælist eftirspurnarteygnin til skamms tíma 0,08, en til langs tíma hefur olíuverðhækkun nánast engin áhrif í þessari atvinnugrein. Sem fyrr segir virðast langtímaáhrif olíuverðhækkunar að jafnaði vera nánast þau sömu og skammtímaáhrifin þegar horft er á allar greinarnar. Áhrif olíuverðhækkunar á notkun á olíu koma með öðrum orðum að fullu fram á fyrsta ári í óvegnum meðaltali atvinnugreinanna fimm, en tölur um einstakar greinar segja stundum aðra sögu. Að jafnaði er svo að sjá að olíuverðhækkun hafi heldur minni áhrif en ráða má af erlendum mælingum, sem skoðaðar eru, þó að ekki muni mjög miklu. Í einni erlendri rannsókn kemur fram að olíuverð hefur mest áhrif á olíunotkun í iðngreinum sem nota mest af olíu. Það hljómar sennilega, því að þar er mest í húfi. Þar sem minna er notað af olíu er ekki brugðist við olíuverðhækkunum af sama þunga. Þannig má kannski líka skýra það hvað olíuverð virðist hafa lítil áhrif á olíunotkun í byggingarstarfsemi hér á landi, en þar vegur olía mjög létt í kostnaði.

Óvissa er víðast hvar mikil í stuðlamatinu. Aðeins í flugi eru 95%-vikmörk fyrir langtímateygni að öllu leyti undir núllpunktinum. Niðurstöður fyrir aðrar greinar ber aðeins að taka sem vísbendingar.

# Inngangur

Hagfræðistofnun skoðaði fyrir skömmu áhrif kolefnisgjalds á einkaneyslu (Skýrsla nr. C19:03). Ekki er víst að eins sé brugðist við kolefnisgjaldi í fyrirtækjum og á heimilum. Framleiðsluferlar eru oft í föstum skorðum og ekki hlaupið að því að skipta einni tegund aðfanga út fyrir aðra. Á hinn bóginn er oft betur fylgst með útgjöldum í fyrirtækjum en á heimilum. Erfitt er að segja til um það fyrirfram hvort vegur þyngra. Hér er gert ráð fyrir að olíuverð hækki sem nemur kolefnisgjaldinu. Ef samkeppni er virk í olíuinnflutningi má gera ráð fyrir að verð á olíu ráðist af kostnaði: Heimsmarkaðsverði, flutningskostnaði, kostnaði hér heima og sköttum og gjöldum.<sup>1</sup> Kolefnisgjald hefur þá sömu áhrif á olíunotkun og aðrar verðhækkanir. Meginmunurinn er sá að gjaldið er að öllum líkindum varanlegt og því má gera ráð fyrir að olía verði um langa framtíð dýrari en annars hefði verið.

Fyrst verður rætt um nokkrar erlendar rannsóknir á viðbrögðum fyrirtækja við breytingum á orkuverði. Skoðaðar eru rannsóknir þar sem beitt er svipuðum aðferðum og í þessari skýrslu. Síðan er athyglinni beint að kaupum íslenskra fyrirtækja á olíu og öðrum aðföngum. Stuðst er við gögn úr fimm atvinnugreinum: Byggingum, fiskveiðum, flugi, iðnaði og sjóflutningum. Gögnin eru misgóð og er fjallað um þau í sérstökum kafla. Síðan eru skoðaðar myndir af olíuverði og olíunotkun í hverri atvinnugrein. Myndirnar gefa tilfinningu fyrir sveiflum í þessum stærðum en varast skyldi að draga af þeim ályktanir um orsakartengsl. Þær bíða aðfallsgreiningarinnar, sem lýst er í lokakafla skýrslunnar. Sett er upp eftirspurnarkerfi sem lýsir hlut aðfanga í kostnaði og niðurstöður úr rekstrarhagfræði nýttar til þess að setja bönd á stika sem metnir eru. Stikamatið er síðan nýtt til þess að meta teygni eftirspurnar eftir olíu, með öðrum orðum hvað olíukaup breytast um mörg prósent þegar verð á olíu hækkar um 1%. Stuðst er við kvíkt líkan þar sem bæði má skoða áhrif verðbreytinga á olíu til skamms tíma og langrar framtíðar. Fróðlegt er að sjá hvað olíuneysla bregst hratt við kolefnisgjaldi, þó að aðalathyglin sé á langtímaáhrifunum.

---

<sup>1</sup> Ef samkeppni er ófullkomin setur innflytjandi upp verð sem er þannig að tekjur hans af því að auka olíusölu um einn lítra eru jafnar kostnaði við söluna, en verðið er hærra en nemur kostnaðinum.

## Teygni mælist á bilinu 0 til -1,4% í nokkrum erlendum rannsóknum

Margir hafa skoðað hvernig brugðist er við verðbreytingum á olíu og öðrum orkugjöfum í atvinnulífinu. Hér er horft á nokkrar erlendar rannsóknir þar sem beitt er svipuðum aðferðum og í þessari skýrslu. Niðurstöðurnar eru á nokkuð breiðu bili. Enevoldsen, Ryelund og Andersen (2007) meta áhrif kolefnisgjalda í þremur norrænum ríkjum, Danmörku, Noregi og Svíþjóð og nýta til þess gagnagrunn um orkuverð og aðfanganotkun fyrirtækja. Hlutur fimm orkugjafa í orkukostnaði níu til fjórtán iðngreina er metinn fyrir hvert land í sameinuðu (e. pooled) translog-líkani með tímabreytu og sérstökum fasta fyrir hverja atvinnugrein. Orkugjafarnir eru náttúrugas, olía, kol, rafmagn og sorp. Byggt er á þenjanlegu kostnaðarfalli, þannig að framleiðsla hefur ekki áhrif á hlut hvernar orkutegundar í kostnaði. Gögnin eru frá 7 til 11 árum á tímabilinu frá 1990 til 2003. Kaup fyrirtækja á orku almennt reynast minnka um 0,1 til 0,6% þegar orkuverð hækkar um 1%. Einstakir orkugjafar eru einnig skoðaðir og er verðteygni olíueftirspurnar fyrirtækja á bilinu mínus 0,4 til mínus 0,6. Líkanið skýrir 84-93% af breytileika í orkunotkun.<sup>2</sup> Renou-Maissant skoðar í svipuðu líkani staðgöngu olíu, gass, rafmagns og kola í iðnaði í sjö iðnríkjum á árunum 1960-1993. Langtímateygni eftirspurnar eftir olíu reyndist nálægt núlli (-0,03) í Bandaríkjunum, en annars staðar var hún á bilinu frá -0,34 í Japan til -0,5 í Kanada.<sup>3</sup> Bardazzi, Oropallo og Paziienza (2015) skoða viðbrögð ítalskra iðnfyrirtækja við breytingum á orkuverði í translog-líkani. Þau meta staðgöngu vinnuafls, hráefna, fjármuna og orku og að auki hvernig tegundir orku koma hver í stað annarrar. Á árunum 2000-2005 minnkaði eftirspurn eftir orku um 1,1% þegar orkan hækkaði í verði um 1%. Þegar metin er staðganga gasolíu, rafmagns, náttúrugass og eldsneytisolíu reynist verðteygni eftirspurnar eftir gasolíu vera um -0,9 en eldsneytisolíu -1,4. Fyrirtæki sem eru frek á orku bregðast harðar við breytingum í orkuen þau sem nota minni orku.<sup>4</sup>

## Stuðst við tölur frá Orkustofnun og Hagstofu – svo langt sem þær ná

Þegar meta skal viðbrögð fyrirtækja við verðhækkun á olíu þarf að afla gagna um kaup þeirra á olíu og öðrum aðföngum, auk verðs aðfanganna. Orkustofnun tekur saman tölur um olíunotkun í fimm atvinnugreinum: Sjósamgöngum, flugi, fiskveiðum, byggingum og iðnaði. Á vef Hagstofunnar má sjá hvað er notað af vinnuafli og öðrum aðföngum í þessum atvinnugreinum. Þar má einnig finna vísbendingar um laun og verð á olíu og öðrum aðföngum. Nýtileg gögn ná til rúmlega tveggja áratuga þegar best lætur, nánar tiltekið árunum 1997 til 2018. Áætla þurfti sumar tölur. Tölur um olíunotkun í sjósamgöngum og flugi eru áætlaðar að miklum hluta. Þá eru aðföng í sjósamgöngum ekki sérgreind á vef Hagstofunnar.<sup>5</sup> Hér er því horft á samanlögð laun og aðföng í sjósamgöngum og landflutningum, en tölur um bensínnotkun eiga þó aðeins við siglingarnar. Í gagnasafni

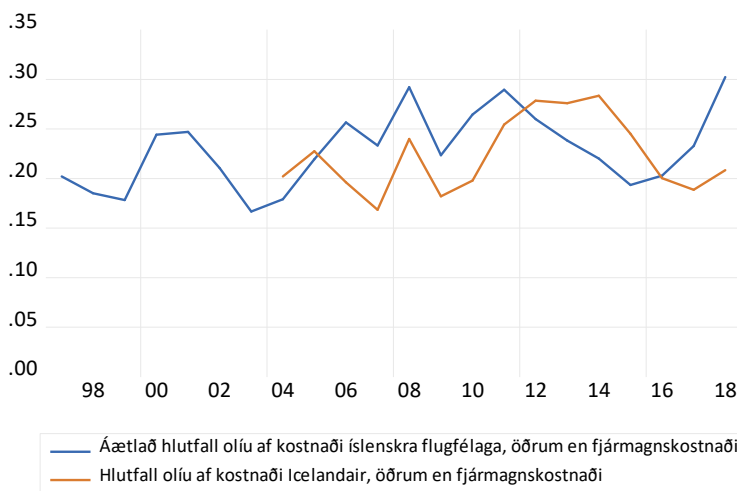
2 Martin Enevoldsen, Anders Ryelund, Mikael Skou Andersen, 2007, Decoupling of industrial energy consumption and CO<sub>2</sub>-emissions in energy-intensive industries in Scandinavia, *Energy Economics*, 29, bls. 665-692.

3 Patricia Renou-Maissant, 1999, Interfuel competition in the industrial sector of seven OECD countries. *Energy Policy*, 27. árg, 2. tbl., bls. 99-110.

4 Rossella Bardazzi, Filippo Oropallo, Maria Grazia Paziienza, 2015, Do manufacturing firms react to energy prices? Evidence from Italy. *Energy Economics*, 49. árgangur, maí, bls. 168-181.

5 Lögð var inn beiðni um sérvinnslu á tölum um sjósamgöngur, en Covid-veiran dregur úr afköstum Hagstofunnar þessa dagana.

Orkustofnunar eru tölur um sölu á olíu til farskipa á Íslandi, íslenskra og erlendra, en greint er milli skipa í innanlandssiglingum og millilandasiglingum. Hér er gert ráð fyrir að skipin séu öll íslensk. Þá er reiknað með að skip í millilandasiglingum kaupi jafnmikið af olíu erlendis og hér. Ef þau fara á marga staði í hverri ferð er það ekki rétt, en ef villan er svipuð frá ári til árs kemur það ekki mjög að sök, því að markmið rannsóknarinnar er að meta hvernig aðfanganotkun breytist þegar verð breytist. Tölur Orkustofnunar um olíunotkun flugvéla eru ekki heldur nákvæmar. Greint er milli olíusölu til flugs milli staða hér á landi og til útlanda, en ekki er skilið milli íslenskra véla og útlendra. Þá vantar alveg upplýsingar um bensín sem keypt er á íslenskar flugvélar í útlöndum. Olíukaup íslenskra flugfélaga eru því áætluð að miklu leyti, en áætlunin er sennilega nákvæmari en mat á olíunotkun flutningaskipa. Ferðir flugvéla milli landa eru einfaldari en skipa. Algengast er að flugvélar fljúgi beint á milli Íslands og eins áfangastaðar í útlöndum. Bensínið þyngir vélarnar og þess vegna er jafnan aðeins keypt bensín til eins flugs í einu. Oftast má fara nærri um bensínnotkun vélanna með því að margfalda olíusölu hér á landi með tveimur (bensín keypt á hvorum enda), en millilendingar í útlöndum geta breytt því dæmi. Auk þess þarf að áætla hve mikill hluti bensíns, sem selt er hér á landi, fer á íslenskar vélar. Það er gert með því að nýta upplýsingar um hlutdeild íslenskra flugfélaga í ferðum hingað, gögn Hagstofu um umsvif flugfélaganna og tölur um fjölda farþega sem hingað koma.



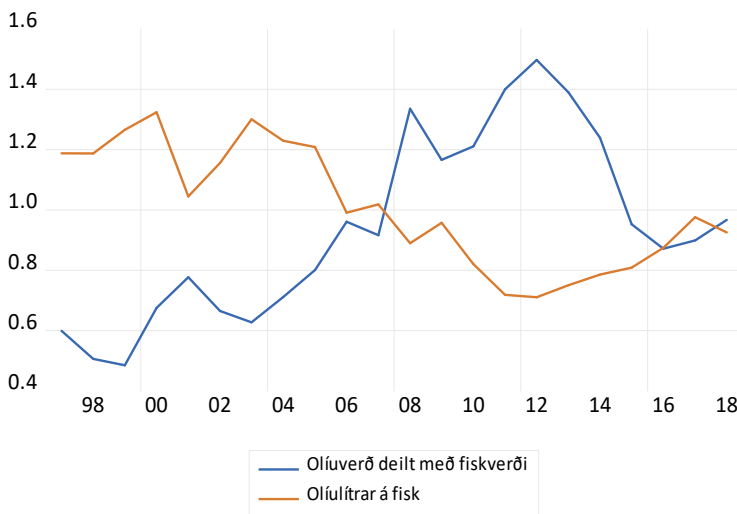
Á mynd 1 er áætlað hlutfall olíukostnaðar í öllu íslensku flugi borið saman við hlut olíu í kostnaði Icelandair og Flugleiða þar á undan, samkvæmt ársreikningum félagsins. Í ársreikningunum er olíukostnaðurinn alveg ljós, en það flækir myndina að fyrirtækið er í margs konar rekstri. Ekki er ljóst hvað stór hluti launa og annars aðfangakostnaðar Icelandair tengist öðru en flugi. Eins og sjá má á myndinni fylgjast sveiflur nokkuð vel að framan af í tölum fyrir öll íslensk flugfélög og Icelandair, en skil verða eftir 2012, þegar hlutdeild Icelandair í markaðinum minnkar. Tölur Hagstofunnar um verð á olíu til

*Skýringamynd 1: Áætlað hlutfall bensíns í kostnaði íslenskra flugfélaga fylgir nokkuð vel tölum sem lesa má úr reikningum Icelandair og Flugleiða. Heimildir: Orkustofnun, Hagstofan, ársreikningar Icelandair og Flugleiða, eigin útreikningar.*

húshitunar eru notaðar til þess að áætla bensínkostnað flugfélaganna. Sama heimild er reyndar notuð til þess að áætla olíukostnað í öllum atvinnugreinum, sem skoðaðar eru hér, því að nothæfar talnaraðir fundust ekki um verð á olíu í hverri grein fyrir sig. Ætla má að verðsveiflur fylgist jafnan að í öllum tegundum olíu, en frávik eru sjálfsagt nokkur. Í þessum tölum sjást til dæmis ekki áhrif kolefnisgjalda sem lögð eru á sumar olíutegundir, en ekki aðrar.



## Samhengi olíuverðs og olíunotkunar er mismikið eftir atvinnugreinum



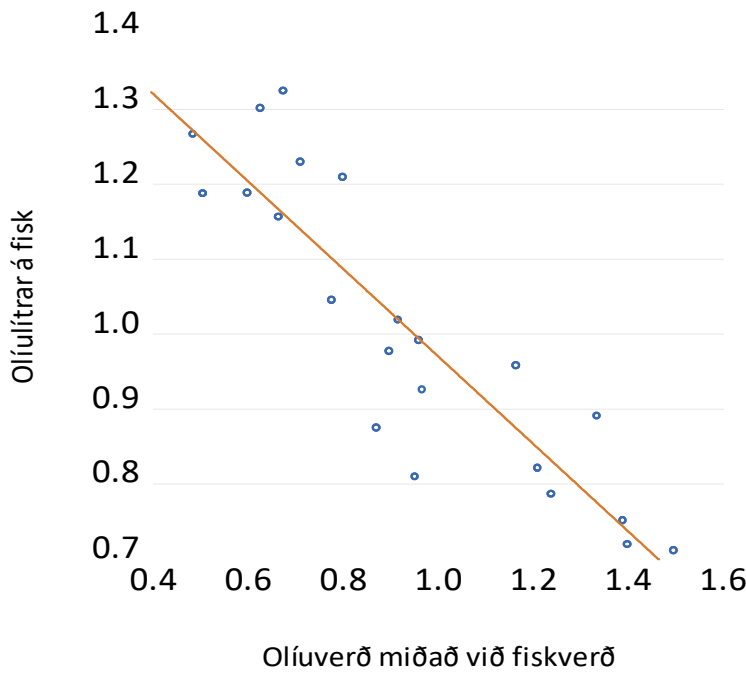
Skýringamynd 2: Þegar olía hækkar í verði miðað við fisk minnkar olíunotkun á fisk. Meðaltal=1. Heimildir: Orkustofnun, Hagstofan, eigin útreikningar.

seinustu árin sem skoðuð eru.

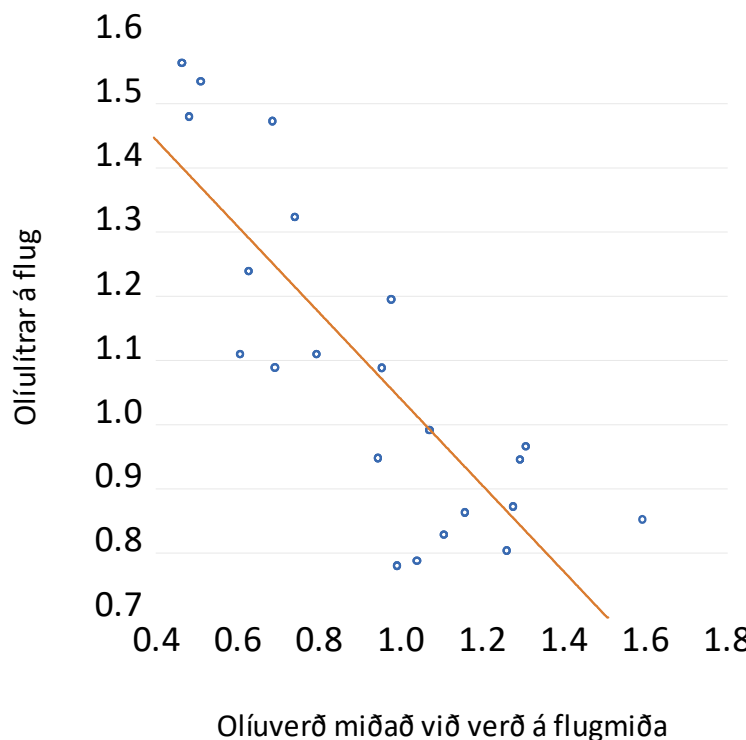
Sjá má á mynd 2 að olíunotkun á fisktonn á föstu verði fer minnkandi með tímanum, þó að breytingin sé ekki samfelld. Fiskiskip stækka, þeim fækkar og tækni batnar. Olíunotkun á fisktonn minnkaði samtals um rúmlega 20% frá 1998 til 2018. Árið 2017 var talið að ný skip gætu komist af með allt að 40% minni olíu á togi en skuttogarar sem smíðaðir voru snemma á áttunda áratugnum.<sup>6</sup> Annar útgerðarkostnaður en olía minnkar reyndar líka. Að jafnaði er hlutfall olíu í öðrum kostnaði útgerðar en af fjármagni rúm 15% og hlutfallið er aðeins hærra 2018 en 1997. Allar tölur eru hér settar fram sem vísitölur, þannig að meðaltal fyrir allan tímann er jafnt einum. Olíuverð hefur sveiflast mikið undanfarin ár. Á mynd 2 má einnig sjá að verð á olíu til húshitunar tvöfaldaðist miðað við fiskverð frá 2002 til 2011, en síðan hefur það lækkað mikið. Ef fyrirtæki bregðast á annað borð við verðbreytingum á olíu má gera ráð fyrir að sveiflur af þessari stærðargráðu ýti við þeim. Miklar sveiflur í olíuverði ættu að auðvelda verkefnið sem hér er tekist á við.

Í þessum kafla er brugðið upp myndum af olíuverði og olíunotkun í einstökum atvinnugreinum. Myndunum er ætlað að gefa tilfinningu fyrir tölunum, en ekki má hrapa að ályktunum um orsakarsamhengi. Það er kannað með aðfallsgreiningunni sem lýst er í næsta kafla. Samhengi olíuverðs og notkunar á olíu er mismikið frá einni grein til annarrar, en athygli vekur að víðast hvar minnkar olíunotkun á framleiðslueiningu mikið á þeim rúmu tveim áratugum, sem skoðaðir eru. Sjóflutningar virðast hér vera undantekning, en það stafar líkast til af því að sala á olíu til erlendra skipa er talin með. Erlend skip sækja hingað mest

<sup>6</sup> Samtök fyrirtækja í sjávarútvegi, 2017, Umhverfisskýrsla SFS, bls. 12.



Skýringamynd 3: Minna er notað af olíu þegar hún er dýr. Meðaltal 1997-2018=1. Heimildir: Orkustofnun, Hagstofan, eigin útreikningar.

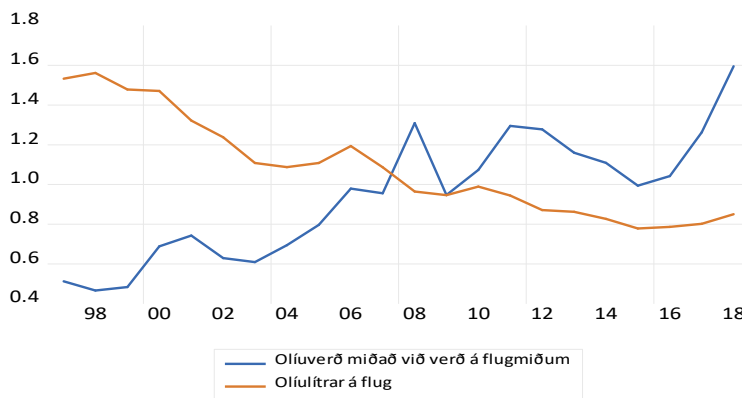


Skýringamynd 4: Minna er notað af olíu í flugi þegar hún er dýr en þegar hún er ódýr. Meðaltal 1997-2018=1. Heimildir: Orkustofnun, Hagstofan, eigin áætlanir.

Hægt er að spara olíu í fiskveiðum án þess að skipta um skip. Aðferðir við veiðarnar, veiðistaðir og lengd fiskileitar ráða miklu um það hve miklu þarf að brenna af olíu við veiðarnar. Þess vegna er hægt að bregðast strax við sveiflum í olíuverði. Olía er að jafnaði næststærsti kostnaðarliðurinn í útgerð á eftir launum. Því skiptir miklu máli fyrir afkomuna að sýnt sé aðhald í notkun eldsneytis. Fyrirtæki leita jafnan allra leiða til þess að halda olúkostnaði niðri<sup>7</sup>, en sú viðleitni er að líkindum ákafari þegar olían er dýr en þegar hún kostar minna. Á mynd 2 virðist sambengi olíuverðs og olíunotkunar fiskiskipa vera mjög skýrt. Nærri lætur að ferlarnir tveir spegli hvor annan. Árið 2001 fer saman verðhækkun á olíu og fall í olíunotkun á einingu af fiski sem útgerðir selja frá sér. Frá 2003 til 2012 hækkar olíuverð og um leið er minna notað af olíu. Frá 2012 til 2016 lækkar olíuverð og meira er aftur notað af olíu. Á mynd 3 má aftur sjá verð á olíu og olíunotkun íslenskra fiskiskipa í 22 ár, frá 1997 til 2018. Sambengi þessara stærða virðist líka vera mikið hér. Lítið er notað af olíu á hvern fisk sem veiddur er þegar olía er dýr miðað við fisk og notkunin er þeim mun minni sem verðið er hærra. En ekki má gleyma því þegar myndir 2 og 3 eru skoðaðar að ýmislegt getur valdið sambengi tveggja stærða, til dæmis samband við þriðju stærðina. Olía er líka einn helsti kostnaðarliðurinn í flugi. Eins og sjá mátti á mynd 1 hér að framan hefur hlutur olíu í rekstrarkostnaði íslenskra flugfélaga, öðrum en fjármagnskostnaði, sveiflast milli 15 og 30% undanfarna rúma tvo áratugi. Flugfélög geta sparað sér bensínútgjöld

7 Heiðrún Lind Marteinsdóttir, 2019. Umhverfið er á ábyrgð okkar allra, í Árskýrslu Samtaka í sjávarútvegi, árið 2019.

með því að kaupa sparneytnar vélar. MAX-vélar Icelandair áttu til dæmis að spara um það bil 20% á hvert flugsæti.<sup>8</sup> Sveiflur í olíuverði hafa mikla áhættu í för með sér fyrir flugfélög, þó að þau geti tryggt sig fyrir henni að hluta. Stefna Icelandair hefur verið að tryggja 40-60% af olíukostnaði allt að einu ári fram í tímann, en engu að síður ber félagið mikinn kostnað af skammtíma-verðhækkunum á bensíni.<sup>9</sup> Bensín má ekki aðeins spara með nýjum vélum, heldur einnig með því að nýta vinda í flugi, breyta flughraða og aðferðum við landingu.<sup>10</sup> Flugfélögin geta þannig brugðist jafnóðum við verðbreytingum á olíu.



Skýringamynd 5: Samhengi olíunotkunar í flugi og olíuverðs frá ári til árs er ekki augljóst.

Vísitala=Meðaltal 1997-2018=1. Heimildir:

Orkustofnun, Hagstofan, eigin útreikningar og áætlanir.

tíma.<sup>11</sup> Framfarir í smíði flugvélahreyfla skýra olíusparnaðinn sennilega að mestu leyti. En myndin segir ekki alla söguna. Hún sýnir aðeins hve mikil olía er að meðaltali notuð á eitt flug af staðlaðri lengd. Ef olíuverð hækkar og flugmiðar hækka í verði í kjölfarið kaupa færri líkast til miða – og flugferðum fækkar. Að vísu hefur ýmislegt annað en olíuverð áhrif á verð á flugmiðum, ekki síst samkeppni í flugi. Samkeppni jókst í flugi til Íslands eftir að ferðum hingað tók að fjölga hratt. Aukin samkeppni er að öllum líkindum megin skýringin á því að frá 2013 til 2019 lækkaði verð á flugmiða til útlanda um tæpan helming í krónum talið.<sup>12</sup> Og þar sem verð á flugi hefur lækkað hækkar olíuverð meira miðað við flug (á mynd 5) en fisk (mynd 2).

Myndir 4 og 5 sýna mat á bensínnotkun íslenskra flugfélaga auk verðs á bensíni miðað við verð á flugmiðum. Samhengi bensínverðs og bensínnotkunar virðist töluvert á mynd 4, en þegar þessar stærðir eru skoðaðar frá ári til árs, á 5. mynd, er samhengið ekki jafnaugljóst. Á 5. mynd má sjá að olíulítrum á flug fækkar með tímanum meðan verð á olíu þokast upp á við, en ekki verður séð að olíunotkun breytist í takt við skammtímasveiflur í olíuverði. Olíunotkun á hvert flug minnkaði um 45% frá 1997 til 2018 en olíuverð þrefaldaðist ríflega á sama

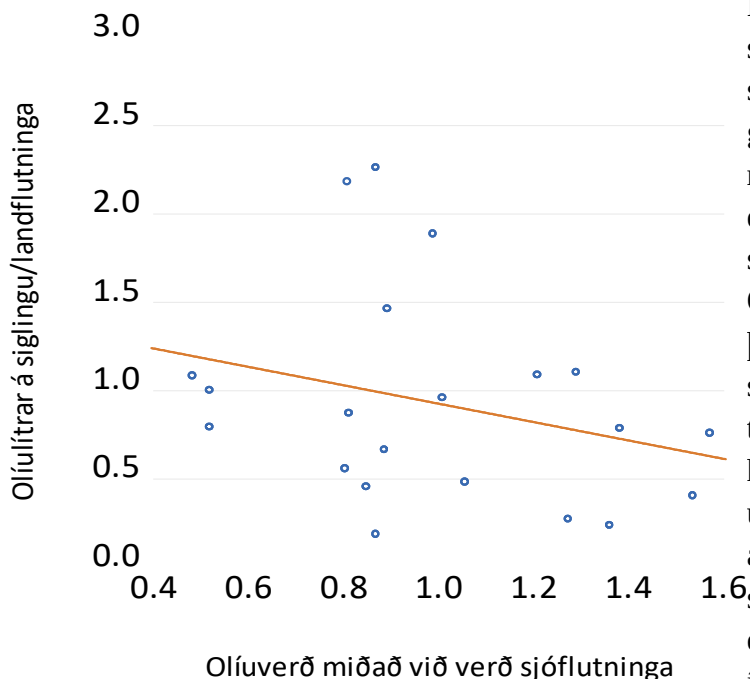
8 Icelandair, ársreikningur 2014, bls. 36.

9 Icelandair, ársreikningar.

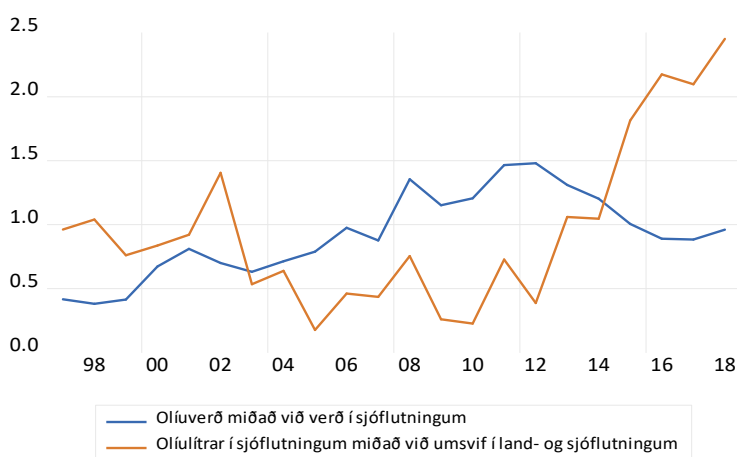
10 Sjá til dæmis Icelandair, annual report, 2018 bls. 61.

11 Hagstofan.is, vísitala neysluverðs, undirvísitölur, eigin útreikningar.

12 Hagstofan.is, vísitala neysluverðs, undirvísitölur, eigin útreikningar.



Skýringamynd 6: Samhengi verðs og olíunotkunar í sjóflutningum er ekki augljóst.

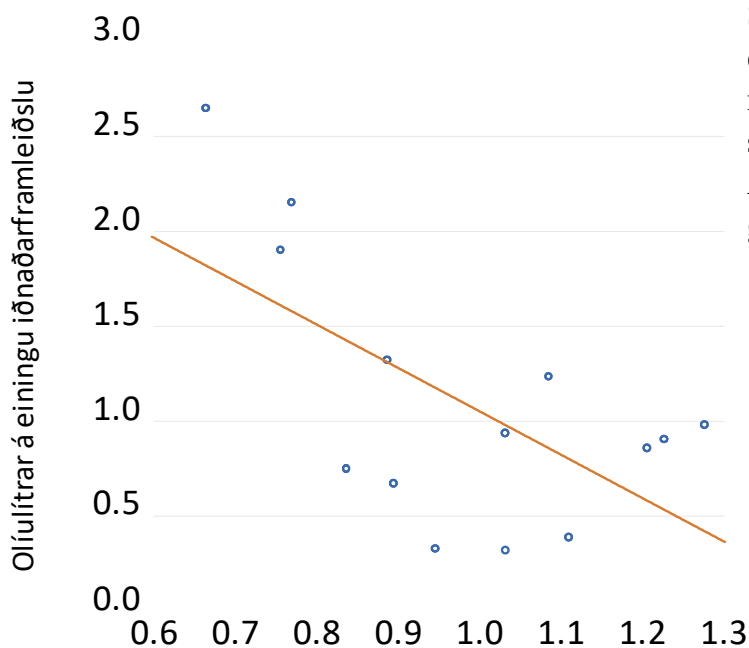


Skýringamynd 7: Olíusala til farskipa á einingu af flutningum á sjó og landi jókst mikið eftir 2012, á sama tíma og verð lækkaði, en aukningin er meiri en trúlegt er. Meðaltal 1997-2018=1. Heimildir: Orkustofnun, Hagstofan, eigin útreikningar og áætlanir.

Fátt verður lesið úr skýringamynd 6, sem sýnir samhengi olíunotkunar í sjóflutningum og olíuverðs. Það hamlar greiningunni að gögnum um þetta efni er mjög áfátt. Í fyrsta lagi birtir Hagstofa ekki sérgreind gögn um sjóflutninga og sérvinnsla á gögnum um þá hefur tafist. Olíunotkun á láréttum ási myndarinnar er því borin saman við samanlögð umsvif í sjóflutningum og landflutningum. Þá ná tölur um olíusölu til allra skipa sem koma hingað, hvort sem þau eru íslensk eða útlend. Upplýsingar vantar til þess að áætla hlutdeild íslenskra skipa í olíusölu á sama hátt og hlut íslenskra flugfélaga. Hér er því gert ráð fyrir að öll skipin séu íslensk. Það kemur ekki svo mjög að sök ef hlutdeild íslenskra skipa og erlendra í siglingum hingað til lands helst svipuð, því að breyting í verði á olíu mundi samt sem áður endurspeglast í breytingum á kaupum á olíu, ef eitthvert samhengi er á annað borð milli þessara stærða.

En þegar horft er á skýringamynd 7 blasir við að hvorki er hægt að byggja á þeirri forsendu að aðeins íslensk skip kaupi olíu hér á landi né því að hlutdeild erlendra skipa sé stöðug. Olíusalan tekur kipp eftir 2014. Frá Orkustofnun koma þær upplýsingar að síðustu árin hafi meira selst af olíu til fraktskipa, skemmtiferðaskipa og jafnvel herskipa.<sup>13</sup> Ekki verður bætt úr þessu á skynsamlegan hátt með þeim gögnum sem fyrir liggja. Tölum um olíunotkun íslenskra farskipa þarf að taka með miklum fyrirvara.

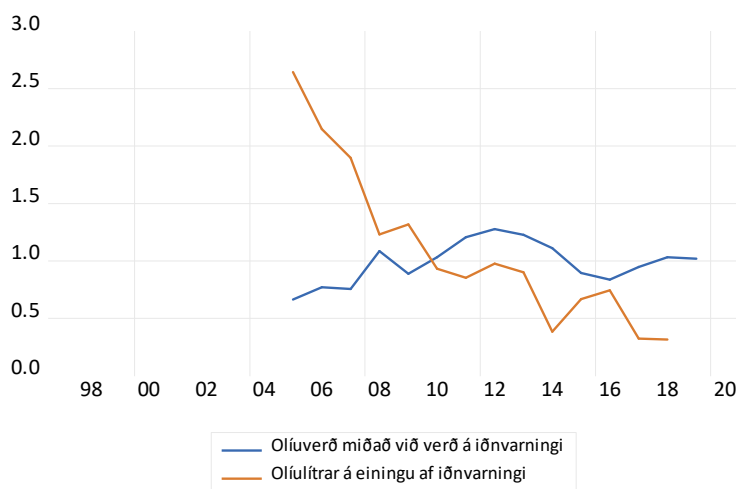
13 Jón Ásgeir Haukdal Þorvaldsson starfsmaður Orkustofnunar, tölvupóstur 6. apríl 2020.



Samhengi olíunotkunar í iðnaði og olíuverðs virðist vera nokkurt þegar 8. mynd er skoðuð, þó að samhengið sé skýrara í sumum öðrum atvinnugreinum. Athuganir eru færri í iðnaði en í öðrum greinum sem skoðaðar eru í þessari úttekt.

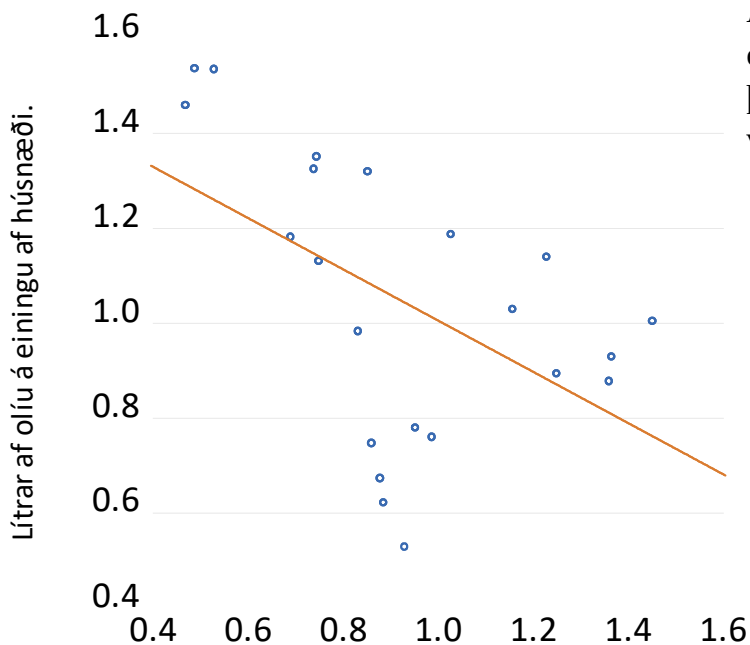
Olíuverð miðað við verð á iðnvarningi

Skýringamynd 8: Svo virðist sem lítið sé notað af olíu í iðnaði þegar olía er dýr. Myndin sýnir vísitölur: meðaltal 2005-2018=1. Heimildir: Orkustofnun, Hagstofan, eigin útreikningar.



Mynd 9 sýnir olíukaup iðnfyrirtækja og olíuverð ár fyrir ár. Athygli vekur hvað notkunin dregst mikið saman, einkum fyrstu árin sem skoðuð eru. Alls minnkaði olíunotkun á framleiðslueiningu í iðnaði um tæp 90% frá 2005 til 2018. Margt á sjálfsagt þátt í því, en nefna má að margar fiskimjölsverksmiðjur, sem nýttu áður olíu, ganga nú fyrir rafmagni. Olíuverð sveiflast mikið á þeim árum sem skoðuð eru, en í fljótu bragði er erfitt að sjá samræmi í breytingum í olíuverði og olíunotkun. Eins og sjá má á myndinni nær samanburðurinn ekki yfir jafnlangan tíma og í öðrum atvinnugreinum sem hér eru skoðaðar. Ekki fundust tölur um verð á iðnaðarframleiðslu aftur fyrir 2005. Þess vegna er ekki hægt að áætla olíunotkun á einingu af framleiðslu fyrir þann tíma.

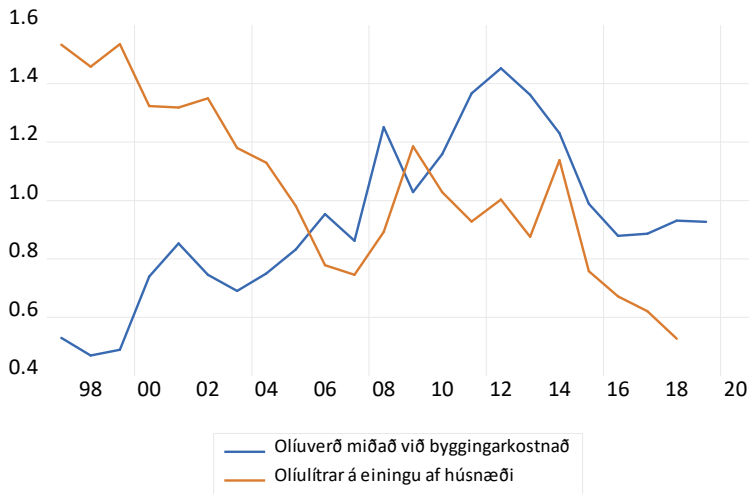
Skýringamynd 9: Olíulítrum á hverja einingu af iðnvarningi hefur fækkað mikið, en erfitt er að sjá samband milli raðanna frá ári til árs. Vísitölur: Meðaltal=1. Heimildir: Orkustofnun, Hagstofan, eigin útreikningar.



Á mynd 10 er að sjá að minna sé notað af olíu í byggingariðnaði þegar hún er dýr en þegar hún er ódýr, þó að samhengið sé víða skýrara en hér.

Olíuverð miðað við byggingarkostnað

Skýringamynd 10: Sjá má nokkurt samhengi með verði og olíunotkun í byggingum, þó að það sé skýrara í öðrum greinum. Meðaltal=1. Heimildir: Orkustofnun, Hagstofa, eigin útreikningar.



Mynd 11 sýnir sömu tölur ár fyrir ár. Olíunotkun á fermetra af nýbyggðu húsnæði minnkar um tæpa tvo þriðju frá 1997 til 2018. Erfitt er að sjá samband milli olíuverðs og olíunotkunar frá ári til árs. Skýringin gæti legið í því að olía vegur létt í byggingarkostnaði. Árið 2005 var olía um 2% af kostnaði byggingarverktaka, öðrum en fjármagnskostnaði.

Skýringamynd 11: Sjá má nokkurt samhengi með verði og olíunotkun í byggingum, þó að það sé skýrara í öðrum greinum. Meðaltal=1. Heimildir: Orkustofnun, Hagstofa, eigin útreikningar.

# Olíuverðhækkun dregur líklega úr olíunotkun, en óvissa er töluverð um stuðlamat

Viðbrögð fyrirtækja við verðbreytingum á olíu voru könnuð í eftirspurnarkerfi (translog-líkani). Hlutdeild bensíns, vinnuafls og annarra aðfanga í kostnaði fimm atvinnugreina var metin með aðfallsgreiningu. Atvinnugreinarnar eru fiskveiðar, sjóflutningar, flug, byggingar og iðnaður. Nýtt eru árgögn frá 1997 til 2018.

Skýribreytur eru hlutdeild hvers kostnaðarliðar í kostnaði ársins á undan, verð kostnaðarliðanna (í logrum), framleitt magn af vörunni sem um ræðir, flugi, fiski, iðnvarningi eða byggingum (í logrum), og ár. Jafnan sem metin var lítur svona út:

*Hlutur aðfanga í kostnaði árið  $t = \alpha + \beta_1 * \text{hlutur launa í kostnaði árið á undan} + \beta_2 * \text{hlutur olíu í kostnaði árið á undan} - (\beta_1 + \beta_2) * \text{hlutur annarra aðfanga í kostnaði árið á undan} + \alpha_1 * \text{logri af launum árið } t + \alpha_2 * \text{logri af olíuverði árið } t - (\alpha_1 + \alpha_2) * \text{logri af verði annarra aðfanga árið } t + \delta * \text{logri af framleiddu magni árið } t + \mu * \text{ár}^{14}$*

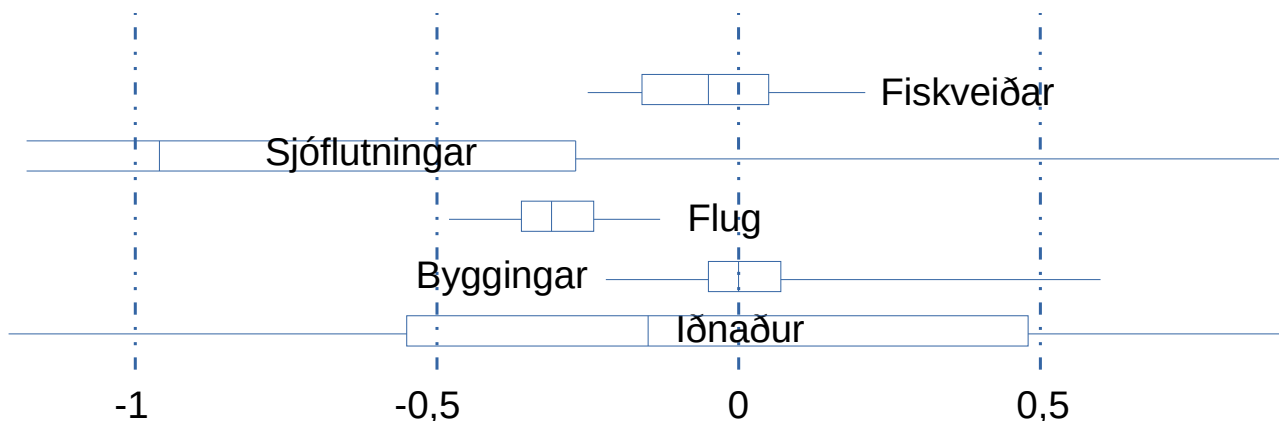
Stikarnir  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$  og  $\mu$  eru metnir með aðfallsgreiningu. Ráða má af stikamatinu hvað fyrirtæki eru lengi að laga sig að breytingum í olíuverði, því að hlutur aðfanga árið á undan er meðal skýribreytna. Líkanið er með öðrum orðum kvíkt. Stikar við verð eru lykilatriði þegar meta skal hvernig eftirspurn eftir aðföngum bregst við breytingum í verði aðfanganna. Þá er hér gert ráð fyrir að framleitt magn geti haft áhrif á hlut aðfanga í framleiðslukostnaði. Fallið þarf því ekki að vera þenjanlegt, en þá er hlutfall aðfanga aðeins háð verði aðfanganna. Skýribreyta fyrir ár fangar tæknibreytingar sem verða með tímanum, til dæmis viðleitni til þess að spara olíu þegar hannaðar eru nýjar flugvélar, skip og tæki.

Í aðfallsgreiningunni er horft til tengsla í samtímafrávikum í jöfnunum sem metnar eru (e. seemingly unrelated regression). Stikamatið er skilyrt, þannig að það sé í samræmi við þekktar niðurstöður úr rekstrarhagfræði (sjá nánari lýsingu á líkaninu í Viðauka 1). Til dæmis er ekki gert ráð fyrir að hlutdeild aðfanga í kostnaði breytist ef allir kostnaðarliðir hækka jafnmikið í verði. Þess vegna er summa stika við verð aðfanga jöfn núlli ( $\alpha_1 + \alpha_2 - (\alpha_1 + \alpha_2) = 0$ ). Þá er víxlverðteygni samhverf. Það þýðir að 1% verðhækkun á olíu hefur jafnmikil áhrif á hlut vinnuafls í kostnaði við framleiðsluna og 1% launahækkun hefur á hlut olíu. Stikar fyrir „þriðju aðföngin“ sem skoðuð eru, hlut launa í kostnaði, eru ekki metnir með sérstakri aðfallsgreiningu. Stikana má finna með því að nýta mat á stikum úr jöfnum fyrir olíu og önnur aðföng, auk banda sem lögð eru á stika alls jöfnukerfisins. Eftirspurnarteygnin er síðan leidd af mati á stikum í jöfnu fyrir hlut olíu í aðfangakostnaði (eins og nánar er lýst í Viðauka 1). Formúlan sem lýsir breytingu í eftirspurn eftir olíu þegar olíuverð hækkar um 1% er þannig:

$$\frac{\alpha_2 - \text{meðalhlutur olíu í kostnaði} * \delta}{\text{meðalhlutur olíu í kostnaði}} - 1$$
, en hér eru  $\alpha_2$  og  $\delta$  stikar við olíuverð og vöruframleiðslu í jöfnu sem lýsir hlut olíu í aðfangakostnaði.

14 Sleppt er auðkenni fyrir tegund aðfanga, sjá Viðauka 1.

Í líkaninu er ein tafin breyta og því verða athuganir í mesta lagi 21, því að stuðst er við ársöggn frá 22 árum. Metnir eru 9 stíkar, þannig að hér virðist mikið vera lagt á fáar athuganir. En á móti kemur að stíkamatið tengist, eins og hér hefur komið fram, vegna banda sem lögð eru á matið. Breski hagfræðingurinn Stone, sem var brautryðjandi í notkun eftirspurnarkerfa, notaði ársöggn frá 1920 til 1938 til þess að rannsaka eftirspurn eftir 48 neysluvörum. Með aðeins 19 athugunum mat hann 50 stíka fyrir hverja vöru. Galdurinn fólst í því að stíkamatið fyrir vörurnar 48 var nátengt, auk þess sem fleiri bönd voru lögð á stíkamatið, rétt eins og hér.<sup>15</sup>



Mynd 12. Punktmæling bendir til þess að olíunotkun minnki á endanum um 0,3% í flugi eftir að olíuverð hækkar um 1%, en niðurstaða á bilinu frá -0,1% til -0,5% væri í góðu samræmi við gögnin. Vísbendingar eru óljósari fyrir aðrar atvinnugreinar, þó að punktmælingar séu yfirleitt undir núlli. Myndin sýnir niðurstöður úr 1.000 úrtökum sem eru jafnstór upprunalegu úrtaki, en jafnlíklegt er að hver athugun sé valin í hvert skipti sem dregið er (e. bootstrap). Kassinn afmarkar 50% vikmörk, lárétta strikin 95% vikmörk, en lóðrétta strikið sýnir miðgildi.

Fjármagnsnotkun er ekki meðal þeirra kostnaðarliða sem skoðaðir eru hér. Notkun á fjármagni er ekki eins sveigjanleg og notkun á öðrum aðföngum. Þá kemur ekki allur fjármagnskostnaður fram í bókhaldi. En fjármagn getur engu að síður komið í stað annarra aðfanga. Þegar bensín hækkar í verði eykst áhugi flugfélaga til dæmis á því að kaupa nýjar flugvélar sem nota minna bensín.

Niðurstöður má sjá á mynd 12 og í töflu 1. Hlutdeild aðfanga er metin fyrir hverja atvinnugrein, en gögnin benda ekki til þess að nota megi sömu hallatölur fyrir allar atvinnugreinarnar. Áhrif verðbreytinga á olíu á olíunotkun er því metin sérstaklega fyrir hverja atvinnugrein fyrir sig. Aðfallsgreiningin skýrir 92-94% af breytileika í hlut olíunotkunar í kostnaði í öðrum greinum en sjóflutningum, en þar er skýringarhlutfallið ( $R^2$ ) aðeins 53%. Olíunotkun minnkar alltaf um minna en 1% þegar olíuverð hækkar um 1%, þannig að eftirspurnin er ekki teygjin, sem kallað er. Skammtímateygnin er 0,2-0,9% í fiskveiðum, flugi, iðnaði og sjóflutningum, en í byggingum eykst olíunotkun lítilllega sama ár og olíuverð hækkar, ef marka má gögnin. Í sjóflutningum og flugi virðast áhrif olíuverðhækkunar koma að langmestu leyti fram strax. Í fiskveiðum eru langtímaáhrifin minni en samtímaáhrif, en í iðnaði er því öfugt farið. Hjá byggingarfyrirtækjum breytir olíuverðhækkun mjög litlu um olíunotkun til langs tíma lítið ef marka má þessa mælingu.

15 Samanber Angus Deaton og Hohn Muellbauer, 1980. Economics and consumer behavior, útg. Cambridge University Press, bls. 61.



Óvegið meðaltal fyrir allar greinar sýnir 0,3% samdrátt í olíunotkun þegar olíuverð hækkar um 1%, hvort sem litið er til skamms tíma eða langs. Mynd 11 sýnir 95% vikmörk fyrir áhrif breytinga í olíuverði á notkun á olíu í hverri grein þegar til langs tíma er litið. Ef tilraunin væri endurtekin oft mundi rétt gildi stikans vera innan slíkra vikmarka í 95 af 100 skiptum.<sup>16</sup> Athygli vekur að það er bara í flugi sem vikmörkin eru að öllu leyti undir núllpunktinum.

Tafla 1: Ársöggn frá 1997 til 2018 benda til þess að olíunotkun fyrirtækja minnki þegar olía hækkar í verði, en að eftirspurnin sé ekki teygin.					
Atvinnugrein	Hlutur olíu í öðrum kostnaði en af fjármagni, meðaltal	Áhrif 1% verðhækkunar á olíukaup á sama ári	Langtíma-áhrif á olíukaup af 1% verðhækkun	95% vikmörk á áhrifum hækkunar olíuverðs á kaup á olíu til langs tíma	
				2,5%-mörk	97,5%-mörk
Fiskveiðar	17%	-0,23	-0,06	-0,35	0,20
Sjóflutningar	6%	-0,86	-0,86	-3,26	1,54
Flug	22%	-0,29	-0,33	-0,47	-0,11
Byggingar	2%	0,08	-0,01	-0,20	0,55
Iðnaður	1%	-0,16	-0,34	-2,8	4,04
Óvegið meðaltal	10%	-0,29	-0,32		

*Heimildir: Orkustofnun, Hagstofan, eigin útreikningar. Vikmörk eru fundin með því að taka 1.000 úrtök úr gagnasafninu, öll jafnstór upphaflegu safni. Alltaf eru sömu líkur á að ár sé tekið með í úrtakið og sama árið getur komið oft fyrir í hverju úrtaki (e. bootstrap). Athugið að færri athuganir eru fyrir iðnað en aðrar greinar.*

Mat á samtímaáhrifum olíuverðs á olíunotkun í byggingum er með annað formerki en búist er við. „Rétt“ formerki er á langtímaáhrifunum en vikmörkin eru víð. Raunar eru vikmörk víð fyrir flestar atvinnugreinarnar. Það kann að koma á óvart að niðurstöðurnar skuli ekki vera afdráttarlausari, í ljósi mynda af verði og olíunotkun sem skoðaðar eru í kaflanum á undan, einkum punktamyndanna. En þær segja ekki alla söguna. Olía hækkar í verði á þeim tíma sem skoðaður er, en jafnframt eyða ný tæki sífellt minni olíu. Breyta fyrir tíma, sem á að fanga tæknibreytingar, virðist víðast hjálpa til að skýra hvernig hlutur olíu í kostnaði breytist. Olíunotkun minnkar með tímanum. Stundum er gert ráð fyrir að framleiðsla sé þenjanleg og framleitt magn hafi því ekki áhrif á hlut einstakra aðfanga í kostnaði, eins og sjá má í umfjöllun um erlendar rannsóknir hér að framan, en í þessari rannsókn hjálpar framleitt magn við að skýra breytingar á hlut olíu í kostnaði í fiskveiðum og víðar. Þessar tvær breytur, tækniframfarir og breytingar í afla, skýra að nokkru leyti sveiflur í olíunotkun í fiskveiðum, sem virtust tengjast verðsveiflum í olíu, af myndum að dæma sem skoðaðar voru fyrr í skýrslunni.

<sup>16</sup> Sjá Amrhein, Greenland, McShane, 2019. Scientists rise up against statistical significance. Comment. Nature, 20. mars. Höfundar leggja til að notað sé enska orðið compatibility interval, eða samræmismörk, í stað confidence interval, sem nefnd hafa verið öryggismörk á íslensku.

# Viðauki 1: Translog-fall af kostnaði og teygnireikningar

Eftirspurnarkerfum eins og hér er stuðst við er lýst víða. Gott yfirlit má finna hjá Deaton og Muellbauer, 1980, Economics and consumer behavior. Hér á eftir má sjá nánari lýsingu en í meginmáli á kostnaðarfalli, sem lagt er til grundvallar aðfallsgreiningunni, og sambandi þess við jöfnu sem metin er. Lýst er böndum sem lögð eru á stikamatið og rök færð fyrir þeim, en þau eru sótt í niðurstöður úr rekstrarhagfræði. Jafnframt er leidd út formúla fyrir eftirspurnarteygni, sem umfjöllunin hér að framan snýst að miklu leyti um.

Lágmarkskostnaður við framleiðsluna ræðst af translog-falli:

$$(1) \ln(C) = \alpha + \sum_i \alpha_i \ln w_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \alpha_{ij} \ln w_i \ln w_j + \beta_1 \ln y + \frac{1}{2} \beta_2 (\ln y)^2 + \sum_i \delta_i \ln y \ln w_i + \sum_i \mu_i t \ln w_i + \gamma t \ln y + \eta t + \frac{1}{2} \nu t^2$$

, en hér er  $w_i$  laun framleiðsluþáttar  $i$ ,  $y$  framleiðsla (magn), en  $t$  tími.<sup>17</sup> Fallið nefnist translog-fall. Það er mikið notað þegar aðfanganotkun fyrirtækja er skoðuð, en ýmis afbrigði þekkjast. Liður með  $\ln y$  nemur skalahagkvæmni í framleiðslunni og liður með  $\ln y$  í öðru veldi nemur fallform þar sem kostnaður á einingu lækkar til dæmis með framleiðslu, en hækkar síðan aftur. Tímabreytu,  $t$ , er ætlað að fanga leitni í hlut aðfanga í kostnaði.

Fall (1) stenst nokkur skilyrði um kostnaðarfall, meðal annars:

a) Það er einsleitt af 1. gráðu í þáttaverði. Það þýðir að kostnaður eykst um 1% þegar allt þáttaverð hækkar um 1%. Látum  $k$  vera litla hækkun í þáttaverði:

$$\ln C(kw, y) = \alpha + \sum_i \alpha_i \ln(kw_i) + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \alpha_{ij} \ln(kw_i) \ln(kw_j) + \beta_1 \ln y + \frac{1}{2} \beta_2 (\ln y)^2 + \sum_i \delta_i \ln y \ln(kw_i) + \sum_i \mu_i t \ln(kw_i) + \gamma t \ln y + \eta t + \frac{1}{2} \nu t^2 =$$

$$\alpha + \sum_i \alpha_i (\ln k + \ln w_i) + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \alpha_{ij} (\ln k + \ln w_i) (\ln k + \ln w_j) + \beta_1 \ln y + \frac{1}{2} \beta_2 (\ln y)^2 + \sum_i \delta_i \ln y (\ln k + \ln w_i) + \sum_i \mu_i t (\ln k + \ln w_i) + \gamma t \ln y + \eta t + \frac{1}{2} \nu t^2$$

. Ef  $\sum_i \alpha_i = 1$ , en  $\sum_i \alpha_i = \sum_i \alpha_{ij} = \sum_i \delta_i = \sum_i \mu_i = 0$  verður  $\ln C(kw, y) = \ln k + \ln C(w, y) = \ln(k * C(w, y))$ . Með öðrum orðum margfaldast kostnaður með  $k$  þegar allt þáttaverð er margfaldað með  $k$ . Þetta þarf ekki að þýða að framleiðsla sé einsleit af fyrstu gráðu í notkun framleiðsluþátta, það er að segja að skalahagkvæmni sé föst í framleiðslunni.<sup>18</sup>

b) Þá leiðir af lemmu Shephards og lögmáli Jensens að önnur víxlafléiða í kostnaðarfallinu  $C$  m.t.t.  $w_i$  og  $w_j$  er jöfn afleiðunni m.t.t.  $w_j$  og  $w_i$ . Því er  $\alpha_{ij} = \alpha_{ji}$ . Þess vegna verður

$$\sum_j \alpha_{ij} = \sum_i \alpha_{ij} = 0.$$

17 Þessi útgáfa translog-falls er hér fengin frá Karagiannis, Katranidis og Velentzas, 1996. Decomposition Analysis of Factor Cost Shares: The Case of Greek Agriculture, Journal of Agricultural and Applied Economics, 28. árg., 2. tbl. s. 369-379.

18 Binswanger, 1974. A Cost Function approach to the Measurement of Elasticities of Factor Demand and Elasticities of Substitution, American Journal of agricultural economies, 56. árg., 2. tbl., bls. 377-386.

## Stuðlamat og mat á áhrifum breytinga í þáttaverði á notkun þáttanna

Diffurum nú  $\ln C$  með  $\ln w_i$  í almennu kostnaðarfalli og fáum hlut hvers þáttar í kostnaði við framleiðsluna:  $\frac{d \ln C}{d \ln w_i} = \frac{dC}{dw_i} \frac{w_i}{C} = \frac{h_i(\mathbf{w}, y) w_i}{C} = S_i$ .  $S_i$  er hlutur framleiðsluþáttar  $i$  í kostnaði.

Lemma Shephards gefur annað jafnaðarmerkið,  $h_i$  er notkun á framleiðsluþætti  $i$ , að gefnum launum og framleiddu magni. Diffurum nú jöfnu (1) á sama hátt:

$$(2) \quad \frac{d \ln C}{d \ln w_i} = S_i = \alpha_i + \sum_j \alpha_{ij} \ln w_j + \delta_i \ln y + \mu t. \quad \text{Stuðlar þessarar jöfnu eru metnir með SUR-aðferð}$$

fyrir hlut olíu og annarra aðfanga í kostnaði. Samanlagður hlutur olíu, launa og annarra aðfanga í kostnaði er einn og því væri summa leifaliða jafnanna þriggja núll ef þær væru allar metnar í einu. Tekið er á þessu með því að láta nægja að meta aðeins tvær jöfnur með aðfallsgreiningu.<sup>19</sup> Stuðlar jöfnu sem lýsir notkun á vinnuafli eru ekki metnir sérstaklega. Þeir fást með því að nýta stuðla aðfallsgreiningar á hlut olíu og annarra aðfanga í framleiðslukostnaði og bönd sem leggja má á stuðla jöfnukerfisins (þ.e. jöfnu fyrir hlut a) olíu, b) annarra aðfanga og c) launa í kostnaði) með vísun í niðurstöður úr rekstrarhagfræði (samanber hér að framan).

Við höfum almennt fyrir hlutdeild framleiðsluþáttar í kostnaði:

$$(3) \quad \frac{d \ln S_i}{d \ln w_j} = \frac{d[\ln h(x, y)_j + \ln w_i - \ln C]}{d \ln w_j} = \frac{d \ln h}{d \ln w_j} + \frac{d \ln w_i}{d \ln w_j} - S_j. \quad \text{Við höfum jafnframt:}$$

$$(4) \quad \frac{d \ln S_i}{d \ln w_j} = \frac{d S_i}{d \ln w_j S_i} = \frac{\alpha_{ij}}{S_i}, \quad \text{þar sem jafna (2) hefur verið diffuð. Nú gefa (3) og (4) bætt}$$

eftirspurnarteygni, þ.e. hvað notkun á framleiðsluþætti breytist um mörg prósent þegar verð þáttar  $j$

hækkar um 1%, að því gefnu að framleiðsla breytist ekki:  $\frac{d \ln h}{d \ln w_j} = \frac{d \ln S_i}{d \ln w_j} - \frac{d \ln w_i}{d \ln w_j} + S_j \Leftrightarrow$

$$e_{ij}^{bætt} = \frac{d \ln h}{d \ln w_j} = \frac{\alpha_{ij}}{S_i} - \frac{d \ln w_i}{d \ln w_j} + S_j. \quad \text{Hér er annar liðurinn eftir seinna jafnaðarmerkið jafn 1 ef } i=j,$$

annars 0.

Þetta má nota til þess að finna óbætt eftirspurnarteygni,  $e_{ij}$ .

Skoðum fyrst Slutsky-jöfnuna:  $\frac{d \ln h_i(\mathbf{w}, y)}{d \ln w_j} = \frac{d \ln x_i(\mathbf{w}; C(\mathbf{w}, y))}{d \ln w_j}$ , þar sem bætt eftirspurn er

vinstra megin við jafnaðarmerkið en óbætt hægra megin. Þetta er jafngilt:

$$\frac{d h_i w_j}{d w_j h_i} = \frac{d x_i(\mathbf{w}, C(\mathbf{w}, y))}{d w_j} \frac{w_j}{x_i} = \frac{d x_i}{d w_j} \frac{w_j}{x_i} + \frac{d x_i}{d C} \frac{d C}{d w_j} \frac{w_j}{x_i} = \frac{d x_i}{d w_j} \frac{w_j}{x_i} + \frac{d x_i C}{d C x_i} \frac{w_j x_j}{C} \Leftrightarrow$$

$$e_{ij}^{bætt} = e_{ij} + e_{Ci} S_j \Leftrightarrow e_{ij} = e_{ij}^{bætt} - S_j e_{Ci} \quad \text{þar sem } e_{Ci} \text{ sýnir hvað notkun á framleiðsluþættinum } x_i$$

breytist um mörg prósent þegar framleiðslukostnaður eykst um 1%. Boðskapurinn er sá að bætt eftirspurnarteygni er jöfn óbættu teygni að frádreginni tekjuteygni (kostnaðarteygni) margfaldaðri með hlut vöru  $j$  í útgjöldum.

Skoðum líka:

$$\frac{d \ln S_i}{d \ln C} = \frac{d[\ln h_i + \ln w_i - d \ln C]}{d \ln C} = e_{iC} - 1, \quad \text{ef gert er ráð fyrir að þáttaverð, } w_i, \text{ sé ytri stærð.}$$

19 Sjá til dæmis Davidson og MacKinnon, 1993. Estimation and Inference in Econometrics, útg. Oxford University Press, bls. 307.

Skoðum líka  $\frac{d \ln S_i}{d \ln C} = \frac{d S_i}{d \ln C S_i} = \frac{d S_i}{d \ln [p_y y] S_i}$ . Úr aðfallsgreiningunni (sbr. jöfnu (2) hér að framan) fæst  $\frac{d S_i}{d \ln y} = \delta_i$  og af því má draga þetta:  $\frac{d \ln S_i}{d \ln C} = \frac{\delta_i}{S_i}$ .

Við höfum því:

$$\text{i) } e_{ic} = 1 + \frac{S_i}{\delta_i}, \text{ ii) } e_{ij}^{bætt} = \frac{\alpha_{ij}}{S_i} + S_j - \frac{d \ln w_i}{d \ln w_j} \text{ og iii) } e_{ij} = e_{ij}^{bætt} - S_j e_{ic}. \text{ Við fáum því}$$

$$e_{ij} = \frac{\alpha_{ij}}{S_i} + S_j - \frac{d \ln w_i}{d \ln w_j} - S_j - \frac{S_j}{S_i} \delta_i = \frac{\alpha_{ij} - S_j \delta_i}{S_i} - \frac{d \ln w_i}{d \ln w_j} \text{ og eiginverðteygningin verður}$$

$$e_{ii} = \frac{\alpha_{ii} - S_i \delta_i}{S_i} - 1.$$

### Kvik útgáfa af líkaninu

Fróðlegt er að skoða hvað verðbreytingar eru lengi að hafa áhrif á aðfanganotkunina. Það má gera með því að setja tafir gildi af hlut allra kostnaðarliða í jöfnuna. Hér er fylgt tillögu Edgertons frá 1996, en hann leggur til að samanlagður hlutur tafinna gilda fyrir eitt ár sé settur jafn núlli til þess að hægt sé að bera kennsl á stuðla jöfnunnar (e. identification).<sup>20</sup> Jafnan sem metin er verður þannig:

$$S_{it} = \alpha_i + \beta_1 S_{1(t-1)} + \beta_2 S_{2(t-1)} - (\beta_1 + \beta_2) S_{3(t-1)} + \sum_j \alpha_{ij} \ln w_{jt} + \delta_i \ln y_t + \mu t, \text{ þar sem } S_{1(t-1)}, S_{2(t-1)} \text{ og}$$

$S_{3(t-1)}$  eru hlutur olíu, annarra aðfanga og launa í framleiðslukostnaði árið á undan, en stuðlarnir  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  eru metnir í aðfallsgreiningunni. Samtímateygningin er reiknuð á sama hátt og áður (Edgerton, 1996, bls. 67). Ef við gerum ráð fyrir að  $S_i$  sé hlutur olíu í kostnaðinum fæst mat á langtímateygningu á hlut olíu með því að deila með  $(1 - \beta_1)$  í mat á öðrum stuðlum jöfnunnar og diffra eins og gert var hér að ofan. Óbætt langtímaeiginverðsteygningu fyrir olíu verður þá:

$$e_{11} = \frac{1}{1 - \beta_1} \frac{\alpha_{11} - S_1 \delta_1}{S_1} - 1$$

20 David Edgerton, 1996. The Econometrics of Demand Systems, útg. Kluwer Academic Publishers, bls. 67. Edgerton ræðir raunar AIDS-kerfi, sem metur neyslu. Það er mjög svipað því sem hér er notað til þess að leggja mat á hlut aðfanga í framleiðslukostnaði.

## Viðauki 2: Helstu niðurstöður aðfallsgreiningar

Útskriftir úr EViews.

Fiskveiðar. Ár: 1998 2018

Athuganir: 21

	Stuðull	Staðalfrávik	t-gildi	p-gildi
$\alpha_{olía}$	2,22	0,30	7,36	0,00
$\beta_{1olía}$	0,18	0,06	2,85	0,01
$\beta_{2olía}$	-0,04	0,04	-0,99	0,33
$\alpha_{1olía}$	0,10	0,01	10,75	0,00
$\alpha_{2olía}$	-0,07	0,01	-7,08	0,00
$\delta_{olía}$	-0,17	0,03	-6,60	0,00
$\mu_{olía}$	-0,004	0,00	-8,25	0,00
$\alpha_{önnur aðföng}$	-2,27	0,60	-3,80	0,00
$\beta_{1önnur aðföng}$	0,22	0,12	1,82	0,08
$\beta_{2önnur aðföng}$	0,16	0,08	2,02	0,05
$\alpha_{1önnur aðföng}$	-0,07	0,02	-2,99	0,01
$\alpha_{2önnur aðföng}$	0,23	0,05	4,51	0,00
$\mu_{önnur aðföng}$	0,005	0,00	5,30	0,00

Jafna: Hlutur olíu í veiðikostnaði =  $\alpha_{olía} + \beta_{1olía} * \text{hlutur olíu}(-1) + \beta_{2olía} * \text{hlutur annarra aðfanga}(-1) - (\beta_{1olía} + \beta_{2olía}) * \text{hlutur vinnuafis}(-1) + \alpha_{1olía} * \text{LOG}(\text{olíuverð}) - (\alpha_{1olía} + \alpha_{2olía}) * \text{LOG}(\text{laun í veiðum}) + \alpha_{2olía} * \text{LOG}(\text{verð annarra aðfanga í fiskveiðum}) + \delta_{olía} * (\text{LOG}(\text{afli á föstu verði})) + \mu_{olía} * \text{ár}$

Athuganir: 17

$R^2$	0,93	Meðaltal háðrar breytu	0,17
Breytt $R^2$	0,90	Staðalfrávik háðrar breytu	0,03
Staðalfrávik aðfallsg.	0,009	Summa kvaðrata leifaliða	0,001
Durbin-Watson tala	2,04		

Jafna: Hlutur annarra aðfanga í kostnaði =  $\alpha_{önnur aðföng} + \beta_{1önnur aðföng} * \text{hlutur olíu}(-1) + \beta_{2önnur aðföng} * \text{hlutur annarra aðfanga}(-1) - (\beta_{1önnur aðföng} + \beta_{2önnur aðföng}) * \text{hlutur vinnuafis}(-1) + \alpha_{1önnur aðföng} * \text{LOG}(\text{olíuverð}) - (\alpha_{1önnur aðföng} + \alpha_{2önnur aðföng}) * \text{LOG}(\text{laun í veiðum}) + \alpha_{2önnur aðföng} * \text{LOG}(\text{verð annarra aðfanga í fiskveiðum}) + \delta_{önnur aðföng} * (\text{LOG}(\text{afli á föstu verði})) + \mu_{önnur aðföng} * \text{ár}$

Athuganir: 17

$R^2$	0,81	Meðaltal háðrar breytu	0,32
Breytt $R^2$	0,74	Staðalfrávik háðrar breytu	0,03
Staðalfrávik aðfallsg.	0,01	Summa kvaðrata leifaliða	0,003
Durbin-Watson tala	1,55		

	Stuðull	Staðalfrávik	t-gildi	p-gildi
$\alpha_{olía}$	0,14	0,31	0,43	0,67
$\beta_{1olía}$	-0,07	0,06	-1,15	0,26
$\beta_{2olía}$	-0,02	0,04	-0,64	0,52
$\alpha_{1olía}$	0,16	0,01	13,91	0,00
$\alpha_{2olía}$	-0,14	0,01	-9,22	0,00
$\delta_{olía}$	0,02	0,03	0,59	0,56
$\mu_{olía}$	-0,01	0,00	-4,66	0,00
$\alpha_{önnur aðföng}$	1,07	0,95	1,13	0,27
$\beta_{1önnur aðföng}$	0,49	0,17	2,93	0,01
$\beta_{2önnur aðföng}$	0,24	0,11	2,25	0,03
$\alpha_{1önnur aðföng}$	0,01	0,03	0,31	0,76
$\alpha_{2önnur aðföng}$	-0,06	0,09	-0,69	0,50
$\mu_{önnur aðföng}$	0,01	0,00	1,54	0,13

Jafna: Hlutur olíu í flugkostnaði= $\alpha_{olía}+\beta_{1olía}$ \*hlutur olíu(-1)+ $\beta_{2olía}$ \*hlutur annarra aðfanga(-1)-( $\beta_{1olía}+\beta_{2olía}$ ))\*hlutur vinnuafis(-1) + $\alpha_{1olía}$ \*LOG(olíuverð)-( $\alpha_{1olía}+\alpha_{2olía}$ )\*LOG(laun í flugi)+ $\alpha_{2olía}$ \*LOG(verð annarra aðfanga í flugi) + $\delta_{olía}$ \*(LOG(flugferðir á föstu verði))+ $\mu_{olía}$ \*ár

R <sup>2</sup>	0,94	Meðaltal háðrar breytu	0,22
Breytt R <sup>2</sup>	0,92	Staðalfrávik háðrar breytu	0,04
Staðalfrávik aðfallsg.	0,01	Summa kvaðrata leifaliða	0,001
Durbin-Watson tala	1,27		

Jafna: Hlutur annarra aðfanga í kostnaði= $\alpha_{önnur aðföng}+\beta_{1önnur aðföng}$ \*hlutur olíu(-1)+ $\beta_{2önnur aðföng}$ \*hlutur annarra aðfanga(-1)-( $\beta_{1önnur aðföng}+\beta_{2önnur aðföng}$ ))\*hlutur vinnuafis(-1) + $\alpha_{1önnur aðföng}$ \*LOG(olíuverð)-( $\alpha_{1önnur aðföng}+\alpha_{2önnur aðföng}$ )\*LOG(laun í flugi)+ $\alpha_{2önnur aðföng}$ \*LOG(verð annarra aðfanga í flugi)+ $\delta_{önnur aðföng}$ \*(LOG(flugferðir á föstu verði))+ $\mu_{önnur aðföng}$ \*ár

R <sup>2</sup>	0,75	Meðaltal háðrar breytu	0,59
Breytt R <sup>2</sup>	0,64	Staðalfrávik háðrar breytu	0,05
Staðalfrávik aðfallsg.	0,03	Summa kvaðrata leifaliða	0,001
Durbin-Watson tala	1,79		

Sjóflutningar. Ár: 1998 2018  
Athuganir: 21

	Stuðull	Staðalfrávik	t-gildi	p-gildi
$\alpha_{olía}$	-0,12	0,66	-0,18	0,86
$\beta_{1olía}$	0,07	0,22	0,31	0,76
$\beta_{2olía}$	-0,20	0,12	-1,62	0,12
$\alpha_{1olía}$	0,01	0,03	0,32	0,75
$\alpha_{2olía}$	0,05	0,03	1,64	0,11
$\delta_{olía}$	0,02	0,06	0,34	0,74
$\mu_{olía}$	0,005	0,00	1,85	0,08
$\alpha_{\delta\text{önnur aðföng}}$	-0,92	0,78	-1,18	0,25
$\beta_{1\delta\text{önnur aðföng}}$	0,02	0,24	0,09	0,93
$\beta_{2\delta\text{önnur aðföng}}$	0,29	0,14	2,15	0,04
$\alpha_{1\delta\text{önnur aðföng}}$	-0,11	0,04	-2,85	0,01
$\alpha_{2\delta\text{önnur aðföng}}$	0,14	0,07	1,95	0,06
$\mu_{\delta\text{önnur aðföng}}$	-0,01	0,00	-1,82	0,08

Jafna: Hlutur olíu í veiðikostnaði =  $\alpha_{olía} + \beta_{1olía} * \text{hlutur olíu}(-1) + \beta_{2olía} * \text{hlutur annarra aðfanga}(-1) - (\beta_{1olía} + \beta_{2olía}) * \text{hlutur vinnuafis}(-1) + \alpha_{1olía} * \text{LOG}(\text{olíuverð}) - (\alpha_{1olía} + \alpha_{2olía}) * \text{LOG}(\text{laun í flutningum}) + \alpha_{2olía} * \text{LOG}(\text{verð annarra aðfanga}) + \delta_{olía} * (\text{LOG}(\text{flutningar á sjó og landi á föstu verði})) + \mu_{olía} * \text{ár}$

Athuganir: 17

R <sup>2</sup>	0,53	Meðaltal háðrar breytu	0,06
Breytt R <sup>2</sup>	0,31	Staðalfrávik háðrar breytu	0,04
Staðalfrávik aðfallsg.	0,03	Summa kvaðrata leifaliða	0,02
Durbin-Watson tala	2,03		

Jafna: Hlutur annarra aðfanga í kostnaði =  $\alpha_{\delta\text{önnur aðföng}} + \beta_{1\delta\text{önnur aðföng}} * \text{hlutur olíu}(-1) + \beta_{2\delta\text{önnur aðföng}} * \text{hlutur annarra aðfanga}(-1) - (\beta_{1\delta\text{önnur aðföng}} + \beta_{2\delta\text{önnur aðföng}}) * \text{hlutur vinnuafis}(-1) + \alpha_{1\delta\text{önnur aðföng}} * \text{LOG}(\text{olíuverð}) - (\alpha_{1\delta\text{önnur aðföng}} + \alpha_{2\delta\text{önnur aðföng}}) * \text{LOG}(\text{laun í flutningum}) + \alpha_{2\delta\text{önnur aðföng}} * \text{LOG}(\text{verð annarra aðfanga}) + \delta_{\delta\text{önnur aðföng}} * (\text{LOG}(\text{flutningar á sjó og landi á föstu verði})) + \mu_{\delta\text{önnur aðföng}} * \text{ár}$

Athuganir: 17

R <sup>2</sup>	0,72	Meðaltal háðrar breytu	0,69
Breytt R <sup>2</sup>	0,60	Staðalfrávik háðrar breytu	0,06
Staðalfrávik aðfallsg.	0,04	Summa kvaðrata leifaliða	0,02
Durbin-Watson tala	2,45		

Iðnaður. Ár: 1998 2018

Athuganir: 14

	Stuðull	Staðalfrávik	t-gildi	p-gildi
$\alpha_{olía}$	0,01	0,11	0,11	0,91
$\beta_{1olía}$	-0,28	0,26	-1,06	0,31
$\beta_{2olía}$	0,13	0,13	1,03	0,32
$\alpha_{1olía}$	0,01	0,00	1,46	0,17
$\alpha_{2olía}$	0,00	0,01	-0,63	0,54
$\delta_{olía}$	-0,01	0,01	-1,14	0,27
$\mu_{olía}$	0,00	0,00	-1,64	0,12
$\alpha_{\text{önnur aðföng}}$	-3,26	0,77	-4,24	0,00
$\beta_{1\text{önnur aðföng}}$	-2,12	1,53	-1,39	0,19
$\beta_{2\text{önnur aðföng}}$	1,24	0,77	1,61	0,13
$\alpha_{1\text{önnur aðföng}}$	-0,08	0,03	-2,25	0,04
$\alpha_{2\text{önnur aðföng}}$	0,22	0,03	6,66	0,00
$\mu_{\text{önnur aðföng}}$	-0,01	0,00	-4,66	0,00

Jafna: Hlutur olíu í veiðikostnaði =  $\alpha_{olía} + \beta_{1olía} * \text{hlutur olíu}(-1) + \beta_{2olía} * \text{hlutur annarra aðfanga}(-1) - (\beta_{1olía} + \beta_{2olía}) * \text{hlutur vinnuafis}(-1) + \alpha_{1olía} * \text{LOG}(\text{olíuverð}) - (\alpha_{1olía} + \alpha_{2olía}) * \text{LOG}(\text{laun í iðnaði}) + \alpha_{2olía} * \text{LOG}(\text{verð annarra aðfanga}) + \delta_{olía} * (\text{LOG}(\text{iðnframleiðsla á föstu verði})) + \mu_{olía} * \text{ár}$

Athuganir: 17

R <sup>2</sup>	0,92	Meðaltal háðrar breytu	0,00
Breytt R <sup>2</sup>	0,86	Staðalfrávik háðrar breytu	0,00
Staðalfrávik aðfallsg.	0,00	Summa kvaðrata leifaliða	0,00
Durbin-Watson tala	2,35		

Jafna: Hlutur annarra aðfanga í kostnaði =  $\alpha_{\text{önnur aðföng}} + \beta_{1\text{önnur aðföng}} * \text{hlutur olíu}(-1) + \beta_{2\text{önnur aðföng}} * \text{hlutur annarra aðfanga}(-1) - (\beta_{1\text{önnur aðföng}} + \beta_{2\text{önnur aðföng}}) * \text{hlutur vinnuafis}(-1) + \alpha_{1\text{önnur aðföng}} * \text{LOG}(\text{olíuverð}) - (\alpha_{1\text{önnur aðföng}} + \alpha_{2\text{önnur aðföng}}) * \text{LOG}(\text{laun í iðnaði}) + \alpha_{2\text{önnur aðföng}} * \text{LOG}(\text{verð annarra aðfanga í iðnaði}) + \delta_{\text{önnur aðföng}} * (\text{LOG}(\text{iðnframleiðsla á föstu verði})) + \mu_{\text{önnur aðföng}} * \text{ár}$

Athuganir: 17

R <sup>2</sup>	0,96	Meðaltal háðrar breytu	0,76
Breytt R <sup>2</sup>	0,93	Staðalfrávik háðrar breytu	0,03
Staðalfrávik aðfallsg.	0,01	Summa kvaðrata leifaliða	0,00
Durbin-Watson tala	1,99		



Byggingar. Ár: 1998 2018  
Athuganir: 21

	Stuðull	Staðalfrávik	t-gildi	p-gildi
$\alpha_{olía}$	0,13	0,04	3,55	0,00
$\beta_{1olía}$	-0,10	0,08	-1,25	0,22
$\beta_{2olía}$	0,02	0,04	0,67	0,51
$\alpha_{1olía}$	0,02	0,00	9,47	0,00
$\alpha_{2olía}$	-0,02	0,00	-4,51	0,00
$\delta_{olía}$	-0,01	0,00	-3,74	0,00
$\mu_{olía}$	-0,0006	0,00	-8,41	0,00
$\alpha_{önnur aðföng}$	0,49	0,20	2,47	0,02
$\beta_{1önnur aðföng}$	0,67	0,34	1,94	0,06
$\beta_{2önnur aðföng}$	-0,09	0,18	-0,52	0,60
$\alpha_{1önnur aðföng}$	-0,03	0,02	-1,68	0,10
$\alpha_{2önnur aðföng}$	0,03	0,02	2,21	0,03
$\mu_{önnur aðföng}$	0,00	0,00	2,06	0,05

Jafna: Hluttur olíu í veiðikostnaði= $\alpha_{olía}+\beta_{1olía}$ \*hluttur olíu(-1)+ $\beta_{2olía}$ \*hluttur annarra aðfanga(-1)-( $\beta_{1olía}+\beta_{2olía}$ )\*hluttur vinnuafis(-1) + $\alpha_{1olía}$ \*LOG(olíuverð)-( $\alpha_{1olía}+\alpha_{2olía}$ )\*LOG(laun í byggingum)+ $\alpha_{2olía}$ \*LOG(verð annarra aðfanga í byggingum)+ $\delta_{olía}$ \*(LOG(nýbyggingar á föstu verði))+ $\mu_{olía}$ \*ár  
Athuganir: 17

R <sup>2</sup>	0,92	Meðaltal háðrar breytu	0,02
Breytt R <sup>2</sup>	0,89	Staðalfrávik háðrar breytu	0,01
Staðalfrávik aðfallsgr.	0,00	Summa kvaðrata leifaliða	0,00
Durbin-Watson tala	2,69		

Jafna: Hluttur annarra aðfanga í kostnaði= $\alpha_{önnur aðföng}+\beta_{1önnur aðföng}$ \*hluttur olíu(-1)+ $\beta_{2önnur aðföng}$ \*hluttur annarra aðfanga(-1)-( $\beta_{1önnur aðföng}+\beta_{2önnur aðföng}$ )\*hluttur vinnuafis(-1) + $\alpha_{1önnur aðföng}$ \*LOG(olíuverð)-( $\alpha_{1önnur aðföng}+\alpha_{2önnur aðföng}$ )\*LOG(laun í byggingum)+ $\alpha_{2önnur aðföng}$ \*LOG(verð annarra aðfanga í byggingum)+ $\delta_{önnur aðföng}$ \*(LOG(nýbyggingar á föstu verði))+ $\mu_{önnur aðföng}$ \*ár  
Athuganir: 17

R <sup>2</sup>	0,33	Meðaltal háðrar breytu	0,72
Breytt R <sup>2</sup>	0,04	Staðalfrávik háðrar breytu	0,01
Staðalfrávik aðfallsgr.	0,01	Summa kvaðrata leifaliða	0,00
Durbin-Watson tala	1,84		