



# **Íslensk orka, hlutfallslegir yfirburðir eða sóun náttúruauðlinda?**

Atli Freyr Gunnarsson

B.Sc. í viðskiptafræði

2014 maí  
Leiðbeinandi:  
Axel Hall

Atli Freyr Gunnarsson  
Kt. 160187-2559

# Efnisyfirlit

Efnisyfirlit .....	i
Myndayfirlit.....	iii
Töfluyfirlit.....	iv
Formáli .....	v
Ágrip.....	1
Inngangur.....	2
<b>1 Þróun og uppbygging raforkukerfisins hér á landi .....</b>	<b>4</b>
1.1 Raforkuflutningskerfið.....	7
<b>2 Raforkukerfið í dag.....</b>	<b>9</b>
2.1 Aðgreining framleiðslu og flutnings.....	9
2.2 Einkasöluvandinn .....	10
2.3 Samkeppnisaðilar í framleiðslu.....	13
2.4 Framleiðslugeta.....	15
2.5 Umfang raforkuframleiðslu eftir landshlutum.....	16
2.6 Raforkunotkun á Íslandi .....	17
2.7 Mögulegir virkjanakostir .....	18
2.8 Stóriðjan .....	21
2.8.1 Staðan í dag .....	22
<b>3 Straumar og stefnur í orkumálum í Evrópu .....</b>	<b>25</b>
3.1 Orkugjafarnir .....	25
3.2 20-20-20 markmiðin .....	26
3.3 Eftirspurn eftir orku .....	28
<b>4 Hagrænar aðstæður í framleiðslu flutningi og sölu raforku. ....</b>	<b>29</b>
4.1 Hlutfallslegir yfirburðir og raforkuframleiðsla .....	29
4.2 Mögulegur ábati af sæstreng.....	31
4.3 Heckcher & Ohlin kenningin (Theory of Relative Factor Proportions) .....	36
4.4 Kostnaðar-ábatagreining (Cost-benefit analysis) .....	38

<b>5 Rafstrengur sem viðskiptahugmynd .....</b>	<b>41</b>
<b>5.1 Eignarhald og framkvæmanleiki strengs .....</b>	<b>44</b>
<b>5.2 Útflutningur raforku .....</b>	<b>45</b>
<b>6 Niðurstöður .....</b>	<b>46</b>
<b>Heimildarskrá.....</b>	<b>48</b>
<b>Viðauki 1 .....</b>	<b>53</b>

## **Myndayfirlit**

Mynd 1.1 Flutningskerfi raforku 2010.....	8
Mynd 2.1 Áhrif stærðarhagkvæmni á meðalkostnað.....	11
Mynd 2.2 Einkasala við aðstæður stærðarhagkvæmni .....	12
Mynd 2.3 Fjöldi lögaðila sem skiptir um söluaðila .....	14
Mynd 2.4 Orkumagn sem skiptir um söluaðila.....	15
Mynd 2.5 Uppset afl 2014 í MW .....	17
Mynd 2.6 Uppsettafl í nýtingarflokki rammaáætlunar .....	20
Mynd 2.7 Þróun almennrar notkunar, stóriðjunotkunar og orkutapa í raforkukerfinu.....	22
Mynd 2.8 Álframleiðsla eftir heimshlutum .....	23
Mynd 2.9 Þróun heimsmarkaðsverðs á áli á fljótandi verðlagi .....	24
Mynd 5.1 Ábati neytenda og framleiðenda.....	33
Mynd 5.2 Breyting á neytenda- og framleiðendaábata við samtengingu markaða.....	35

## **Töfluyfirlit**

Tafla 2.1. Virkjunarkostir í orkunýtingarflokki samkvæmt þingsályktun um áætlun um vernd og orkunýtingu landsvæða.....	21
Tafla 5.1 Samanburður sæstrengs og stóriðju.....	45

## **Formáli**

Þessi ritgerð er 12 ECST eininga lokaverkefni í B.Sc. námi í viðskiptafræði við Háskólann í Reykjavík. Viðfangsefnið er að kanna hvernig sé heppilegast að nýta orkuauðlindir Íslands.

Leiðbeinandi var Axel Hall, lektor í hagfræði við Háskólann í Reykjavík. Honum vil ég þakka gagnlegar ábendingar og uppástungur. Einnig vil ég þakka Agli Skúla Ingibergssyni, Guðjóni Ármanni Guðjónssyni, Gunnari Helga Sigurðssyni og Theodóri Jónssyni fyrir yfirlestur og ábendingar.

## Ágrip

Ísland er ríkt af vatni, jarðhita og vindi sem gerir það að verkum að raforka er eitt af því sem við höfum sérstaka yfirburði í að framleiða. Vandinn er hins vegar sá hvernig við ráðstöfum þessum mögulegu afurðum og hversu langt við göngum í að nýta auðlindina. Þessum spurningum er ekki auðsvarað. Á að nýta raforkuna í framleiðslu hjá litlum og meðalstórum fyrirtækjum, á að nýta hana í stóriðju eða á að flytja hana út? Þetta eru stórar spurningar fyrir lítið samfélag.

Í ritgerðinni er fjallað um þróun raforkukerfisins hér á landi frá því menn fóru fyrst að beisla orku fallvatna til raforkuframleiðslu. Auk þess er fjallað um þær deilur sem fylgt hafa uppbyggingunni og staða raforkukerfisins í dag skoðuð. Fjallað er um strauma og stefnur í orkumálum í Evrópu og helstu orkugjafir þar skoðaðir.

Hagrænar aðstæður í framleiðslu flutningi og sölu raforku eru skoðaðar og fjallað um hvers vegna Ísland hefur hlutfallslega yfirburði í raforkuframleiðslu. Þar að auki er fjallað um hvernig ábati framleiðenda og neytenda munu breytast ef raforkukerfi Íslands yrði tengt við raforkukerfi Evrópu. Að lokum er svo raforkusæstrengur sem viðskiptahugmynd skoðaður.

Helstu niðurstöður eru að töluverð hagnaðarvon virðist vera fólgin í lagningu sæstrengs fyrir bæði raforkuframleiðendur og íslenska hagkerfið. Raforkuverð í Evrópu er töluvert mikið hærra en raforkuverð hér á landi. Því væri mögulegt að fá hærra verð fyrir raforkuna ef hún yrði seld í gegnum sæstreng en raforkuframleiðendur fá fyrir hana á Íslandi í dag. Óvissuþættirnir eru þó margir og þónokkur vinna eftir áður enn hægt er að taka ákvörðun um hvort rétt sé að fara í þessa framkvæmd.

## Inngangur

Ísland er ríkt af vatni, jarðhita og vindi sem gerir það að verkum að raforkuframleiðsla er eitt af því sem við höfum sérstaka yfirburði í að framleiða. Vandinn er hins vegar sá hvernig við ráðstöfum þessum mögulegu afurðum og hversu langt við göngum í að nýta auðlindina. Þessum spurningum er ekki auðsvarað. Á að nýta raforkuna í framleiðslu hjá litlum og meðalstórum fyrirtækjum, á að nýta hana í stóriðju eða á að flytja hana út? Þetta eru stórar spurningar fyrir lítið samfélag.

Um 60 ár eru síðan menn fóru fyrst að velta þeim möguleika fyrir sér að tengja íslenska raforkukerfið við raforkukerfi annara landa. Þangað til nýlega hefur það verið talið tæknilega mögulegt en ekki fjárhagslega hagkvæmt. Breyttar aðstæður á raforkumörkuðum Evrópu þar sem eftirspurn eftir endurnýjanlegri orku hefur aukist til muna hafa orðið til þess að nú er aukinn áhugi á verkefninu og það jafnvel talið fjárhagslega hagkvæmt.

Ef lagður yrði sæstrengur til Evrópu þyrfti að auka raforkuframleiðslu hér á landi til muna þannig að næg raforka væri til staðar til að selja í gegnum strenginn. Því er líklegt að samtenging markaðanna myndi þýða að fara þyrfti í einhverjar virkjanaframkvæmdir hér á landi en slíkar framkvæmdir eru og hafa verið umdeildar hér á landi og hafa oft orðið uppspretta deilna og átaka. Ýmis sjónarmið eru í því efni þegar kemur að því að skoða hvernig eigi að nýta auðlindirnar og í mörg horn að líta. Til að mynda hefur mikill uppgangur verið í ferðaþjónustu og óspillt náttúra landsins hjálpað við að draga erlenda ferðamenn til landsins.

Þar sem raforkukerfi landsins er ekki tengt öðrum raforkukerfum hefur ekki verið hægt að flytja raforku beint úr landi og því hafa aðrar leiðir verið farnar til þess að nýta auðlindirnar. Mikil uppbygging í stóriðju hefur átt sér stað og er þar áliðnaður langveigamestur en árið 2012 nýtti hann 73% raforkunnar (Orkustofnun, e.d.). Þó svo að stóriðjan sé gríðarlega umdeild hefur hún gert landinu kleift að byggja upp mun stærra og hagkvæmara raforkukerfi en ella hefði verið mögulegt. En eins og fjallað verður um síðar í ritgerðinni fellur álframleiðsla vel að auðlindum landsins og er ekki ólíkt því að selja raforkuna beint úr landi.

Bein samtenging við aðra raforkumarkaði myndi hafa bæði kosti og galla í för með sér fyrir íslenskt samfélag. Til jákvæðra áhrifa sem samtenging markaða myndi hafa



má til að mynda nefna hærra verð sem framleiðendur raforkunnar munu fá, sterkari samningsstaða gegn stóriðjunni hér á landi og betri nýting auðlindanna. Til neikvæðra áhrifa má nefna hærra raforkuverð til heimilanna og að færri störf skapast en ef raforkan væri nýtt í stóriðju eða aðra atvinnustarfsemi hér á landi. Nánar verður fjallað um áhrif og afleiðingar samtenginga markaðanna síðar í ritgerðinni.

Í ritgerðinni er farið yfir hvernig þróun í raforkuframleiðslu og flutningi hefur verið allt frá því að menn fóru fyrst að nýta raforku hér á landi. Einnig er farið yfir aðskilnað í framleiðslu, flutningi á raforku og stöðu raforkukerfisins í dag. Stóriðjan er skoðuð og hvaða áhrif hún hefur haft hér á landi. Farið er yfir miklar breytingar sem hafa átt sér stað á raforkumarkaðnum í Evrópu þar sem raforkuverð hefur farið hækkandi. Evrópusambandið hefur sett sér markmið í losun gróðurhúsalofttegunda sem hefur gert það að verkum að raforka sem framleidd er með endurnýjanlegum orkugjöfum er enn eftirsóknarverðari en hún var áður. Þessar aðstæður í Evrópu og sú staða sem ríkir á raforkumarkaðnum þar eru skýrðar sem og hagrænar aðstæður á raforkumarkaði og leitast er við að skýra hvaða áhrif samtenging Íslenska raforkumarkaðarins við Evrópskan markað muni hafa. Að lokum er rafstrengur sem viðskiptahugmynd skoðaður og leitast við að leggja mat á þau áhrif sem hann myndi hafa hér á landi bæði fyrir heimilin í landinu, framleiðendur raforku, og fyrir samfélagið í heild sinni. Þá er er einnig fjallað um áhættuna sem fylgir slíkum streng og möguleikanum á að framkvæma lagninguna.

# 1. Þróun og uppbygging raforkukerfisins hér á landi

Í bókinni Landsvirkjun 1965 – 2005 sem Sigrún Pálsdóttir ritstýrði, er að finna ágæta umfjöllun um þróun og uppbyggingu raforkukerfisins á Íslandi. Studdist höfundur við þá umfjöllun við skrif þessa kafla. Rafvæðing Vesturlanda hófst undir lok 19. aldar. Rafvæðingin hér á landi fór hægt af stað og þróaðist með óreglulegum hætti eins og búast má við þegar ný tækni ryður sér til rúms. Árið 1904 var fyrsta vatnsaflsvirkjunin sett upp en hún var staðsett við Lækinn í Hafnarfirði og var það fyrsti bærinn á Íslandi sem var raflýstur. Í kjölfarið var vatnsaflsstöðvum komið upp víða um landið. Árið 1910 var komið á fót gasstöð í Reykjavík til eldunar og lýsingar en einnig var notast við nokkrar litlar rafstöðvar sem knúnar vorum með innfluttu eldsneyti. Eldsneytisskortur sem fylgdi fyrri heimsstyrjöldinni varð til þess að farið var að huga að nýtingu vatnsafls til raforkuframleiðslu í Reykjavík. Elliðaárstöðin var gangsett árið 1921 og í kjölfarið var straumi hleypt á í Reykjavík. Virkjunin skilaði um 1 MW, en hún var seinna stækkuð og í dag skilar hún 3,2 MW. Töluverð fólksfjölgun var í Reykjavík á þessum tíma og því var enn til staðar raforkuskortur í bænum. Bæjarstjórnin í Reykjavík ákvað af þeim sökum að hefja undirbúning að virkjun Sogsins til að auka raforkuframboðið og lá fyrir áætlun um virkjunina árið 1929. Erfiðlega gekk að fá ásættanlegt tilboð í verkið enda aðstæður á alþjóðlegum fjármálamörkuðum ekki með besta móti á þessum tíma. Tilboð sem ákveðið var að skoða nánar barst frá Svíþjóð. Í tilboðinu var gerð krafa um að ríkisábyrgð væri á lánum til verksins og var það skilyrði fyrir framkvæmdinni. Bæjarstjórn Reykjavíkur óskaði eftir því við Alþingi að slík ábyrgð yrði veitt og í kjölfarið sköpuðust miklar deilur um málið á Alþingi. Deilurnar tengdust meðal annars hörðum deilum milli þéttbýlis og dreifbýlis sem ríktu á þeim tíma. Frumvörp til laga um Sogsvirkjun voru upphaflega lögð fyrir þingið vorið 1931 og aftur um sumarið sama ár sem og árin 1932 og 1933 en það ár var frumvarpið loksins samþykkt.

Fyrstu borholurnar eftir heitu vatni voru boraðar árið 1930 í námunda við þvottalaugarnar í Laugardal. Heita vatninu var veitt í sundlaug, spítala, skóla og 60 íbúðarhússnæði í austurhluta Reykjavíkur. Þetta varð til þess að fleiri þéttbýlisstaðir fylgdu í kjölfarið og eru nú um 90% bygginga landsins hitaðar með jarðvarma. Fyrir þennan tíma höfðu landsmenn einkum nýtt jarðvarma til þvotta og baða auk þess sem brennisteinn hafði verið unnin á stöku háhitasvæðum.

Rafvæðingin í iðnaði og á heimilum jókst nokkuð samstíga og voru rafmagnstæki eins og eldavélar, kæliskápar og þvottavélar farin að sjást á heimilum upp úr 1930 en voru orðin algengari um 1940. Rafvæðingin olli einnig byltingu í fiskvinnslu og öðrum iðnaði. Fleiri virkjanir voru reistar í framhaldinu og má þar nefna Ljósafossvirkjun í Soginu sem var gangsett í 1937 og var uppsett afl hennar 8,8 MW. Nokkrum árum síðar var stöðin síðan stækkuð í 14,6 MW. Árið 1953 var Írarfossvirkjun við Sogið gangsett en hún var fyrsta virkjunin hér á landi sem skilaði 10 MW. Þriðja virkjunin í soginu var svo gangsett 1959 og var uppsett afl hennar 26 MW.

Með virkjun Sogsins jókst enn forskot Reykjavíkur á sveitir og bæi landsins hvað aðgang að raforku varðar. Í sveitum landsins hafði þróun raforkuframleiðslu einkennst af einkaframtaki þar sem hver framleiddi fyrir sig eða næstu bæi. Árið 1933 voru 165 rafstöðvar sem náðu til 260 heimila í sveitum landsins eða rúmlega 4% býla. Vatnsaflsstöðvum átti þó eftir að fjölga nokkuð á næstu árum en árið 1949 höfðu um 10% býla raflýsingu. Í sveitum landsins var því gerð krafa um að ríkið tæki virkari þátt í rafvæðingu landsins. Átök milli þéttbýlis og dreifbýlis einkendu umræðuna um þetta mál og vildu íbúar í dreifbýli að raforkuverð yrði það sama alls staðar á landinu. Eftir talsverðar deilur á alþingi var að lokum samþykkt frumvarp til raforkulaga. Megin efni frumvarpsins var að ríkið stofnaði sérstakt fyrirtæki sem hefði það hlutverk að vinna raforku og flytja hana um landi og leiddi það til stofnunar Rafmagnsveitna ríkisins. Sveitafélög skyldu svo reka héraðsveitur sem sjá um að dreifa raforkunni til neytenda. Þar sem sveitafélög hefðu ekki bolmagn til slíks rekstrar skyldu héraðsveitur ríkisins sjá um það verkefni en njóta ákveðins framlags frá héraði til þess. Því var hafnað að raforkuverð yrði það sama alls staðar á landinu af þeirri forsendu að verðjöfnunin yrði kostuð af íbúum þéttbýlis.

Landsvirkjun var stofnuð þann 1. júlí 1965 í kjölfar áhuga íslenskra stjórnvalda á því að nýta orkulindir þjóðarinnar betur með því að draga að erlenda fjárfesta í orkufrekan iðnað innanlands. Tilgangurinn með stofnun Landsvirkjunar var að fyrirtækið gæti byggt og rekið raforkuver sem gætu séð stóriðju og almennum notendum fyrir raforku á hagstæðu verði. Fyrir tíma Landsvirkjunar var raforkuframleiðsla í höndum ríkis og sveitafélaga og stóð sá rekstur ekki undir nýframkvæmdum í orkumálum.

Samningur milli ríkisstjórnar Íslands og Alusuisse um álbræðslu í Straumsvík var ein aðal ástæða þess að Landsvirkjun var stofnuð í þeirri mynd sem raun ber vitni.

Veturinn 1959 tók Viðreisnarstjórnin við völdum. Sú ríkisstjórn vildi gera Ísland hæft til þess að taka þátt í því efnahagssumhverfi sem skapast hafði á Vesturlöndum eftir seinni heimsstyrjöldina þar sem aukin áhersla var á alþjóðaviðskipti og aðild ríkja að alþjóðastofnunum. Stofnun Landsvirkjunar markaði upphaf þess orkuiðnaðar sem Íslendinga hafði dreymt um í 50 ár.

Með stofnun Landsvirkjunar breyttist þróunin, virkjanirnar urðu stærri og farið var að selja raforku til iðnaðar. Búrfellsvirkjun var fyrsta stóra virkjunin en hún skilaði 210 MW en hefur síðan verið stækkuð og er uppsett afl hennar í dag 270 MW.

Sigölduvirkjun fylgdi fast á eftir og því næst Hrauneyjafossvirkjun. Á þessum tíma jókst eftirspurnin hratt og bættist Járblendifélagið við sem stórkaupandi. Í dag eru um 37 vatnsaflsvirkjanir á Íslandi auk um það bil 200 smávirkjana. Stærstu vatnsaflsvirkjanirnar eru Sultartangi með uppsett afl 120 MW, Sigalda með 150 MW, Hrauneyjafoss með 210 MW, Búrfell með 270 MW og stærst er svo Fljótisdalsstöð sem er með uppsett afl 690 MW.

Eins og oft áður í þróun raforkukerfisins vöknudú ymis deilumál í kringum stofnun Landsvirkjunar. Meðal þess sem mestar deilur vakti var stærðargráða framkvæmda fyrirtækisins, verðjöfnun á raforku til neytenda og yfirstjórn þessa nýja fyrirtækis. Deilurnar byggðu að vissu leyti á öðrum grunni en þær deilur sem sköpuðust við virkjun Sogsins og raforkulögin en þær snerust meðal annars um mismunandi afstöðu til erlends fjármagns sem kom hingað til lands með stóriðjunni. Deilumálin eiga það þó sameiginlegt að átök þéttbýlis og dreifbýlis um dreifingu lífsgæðanna voru veigamikil.

Undir lok 7. áratugarins var svo farið að nota jarðvarma til raforkuframleiðslu en áður var byrjað að nota hann til hússhitunar. Fyrsta jarðvarmastöðin til raforkuvinnslu sem reist var hér á landi var Bjarnarflagsstöð, hún var gangsett 1969 og skilar 3 MW. Nýting jarðgufu til raforkuframleiðslu hefur farið vaxandi undanfarin ár og áratugi og eru jarðvarmavirkjanirnar nú orðnar 6 talsins. Stærsta jarðvarmavirkjunin í dag er Hellsheiðarvirkjun en uppsett afl hennar er 303 MW. Jarðvarmavirkjanirnar á Nesjavöllum og í Svartsengi eru báðar blandaðar jarðvarmavirkjanir. Blandaðar jarðvarmavirkjanir eru virkjanir þar sem bæði er unnin raforka og heitt vatn fyrir hitaveitur og þannig er unnt að fá betri nýtingu á jarðvarmanum heldur en ef aðeins er unnin raforka úr honum. Þetta er tilkomið vegna þess að túrbínur til

raforkuframleiðslu nýta fyrst og fremst jarðgufuna en hitaveiturnar vatnið. Ekki er þó alls staðar þörf fyrir afgangsvarmann og er honum þá annaðhvort dælt niður í jarðhitasvæðið til þess að auka endingu svæðisins eða honum fleygt.

Vonir sem kviknað höðu á tíma Viðreisnarstjórnarinnar, í kjölfar álsamninganna og samþykkt Landsvirkjunarfrumvarpsins, um að hagvöxtur og fjölþættara efnahagslíf væru grundvöllur góðra lífskjara á Íslandi á komandi árum, brugðust að því leyti að ekki gekk sem skyldi að ná samningum við stór erlend fyrirtæki um stóriðju hér á landi. Á áttunda áratugnum rofaði þó aðeins til og nokkur árangur náðist en þar eftir liðu nær 20 ár þar til skriður komst aftur á stóriðjusamninga við erlend fyrirtæki en þá var farið út í stækkun álversins í Straumsvík og álver á Grundartanga í Hvalfirði reist. Til að byrja með átti andstaðan við stóriðjuna ekki rætur að rekja til náttúruverndarsjónarmiða. Drifkraftur hennar mátti heldur rekja til efasemda um ágæti þess að tengjast alþjóðlegu viðskiptalífi nánnum böndum og þjóðernislegum sjónarmiðum. Það má þó finna merki þess að náttúruvernd hafi verið farin að hafa talsverð áhrif á skoðanir og viðhorf fólks til virkjana á síðustu áratugum tuttugustu aldarinnar, má þar nefna deiluna um Þjórsárver 1969 og Laxárdalsdeiluna 1970. Árið 1998 voru uppi áform um byggingu álvers í Reyðarfirði en um það brutust út einhverjar mestu deilur um náttúruvernd og stóriðju sem orðið höfðu hér á landi. Segja má að náttúruvernd hafi þá orðið að einu af helstu deilumálum í íslenskum stjórnámálum (Sigrún Pálsdóttir, 2005).

## **1.1 Raforkuflutningskerfið.**

Til að byrja með þegar virkjanirnar voru litlar voru flutningslínur eingöngu til að flytja raforku frá virkjuninni til næsta byggðarlags. Samtengingar milli virkjana komu síðar. Fyrsta 220 MW háspennulínan var reist vegna álverksmiðjunnar í Straumsvík og lá hún frá Búrfelli að Geithálsi og þaðan að álverksmiðjunni. Línan var mikill öryggisþáttur í allri raforkuafhendingu á suðvesturhorninu. Árið 1974 var farið að tengja saman samveitusvæðin með lagningu háspennilínu milli Skagafjarðar og Eyjafjarðar. Árið 1977 var lokið við tengingu milli Suðvesturlands og Miðnorðurlands og árið 1978 var tengingu við Austurland komið á. Tengingu til Vestfjarða var komið á árið 1980 og hringtengingu landsins var svo lokið árið 1984 með lagningu línu milli Sigölduvirkjunar og Hóla við Höfn í Hornafirði. Þegar að

hringtengingu byggðalínunnar lauk árið 1984 var rekstri dísilrafstöðva sem raforkunotkunin í öllum minni byggðalögum byggði á hætt og þar með minnkaði innflutningur á dísilolíu mikið. Með yfirtöku Landsvirkjunar á byggðalínukerfinu af ríkinu í ársbyrjun 1983 varð landið að einu orkuveitusvæði. Stærsta virkjun landsins er á Austurlandi en það er Kárahnjúkavirkjun. Frá henni liggja tvær 220 kV háspennulínur niður á Reyðarfjörð. Hugsanlegt er að þær yrðu nýttar til að flytja orku að sæstrengnum, eða önnur lína reist á svipuðum stað. Hins vegar er ekki ólíklegt að sæstrengurinn komi í land til dæmis á ysta tanga Reyðarfjarðar.



Mynd 1.1 Flutningskerfi raforku 2010. Heimild:Landsnet

Í dag hefur Landsnet hf. sérleyfi á flutningi raforku og stjórnun raforkukerfissins samkvæmt lögum. Landsnet hf. var stofnað árið 2005 í kjölfar þess að raforkulög voru samþykkt á alþingi árið 2003. Samkvæmt raforkulögunum er Landsneti hf. skylt að annast dreifingu raforku og kerfisstjórnun á dreifiveitusvæði sínu. Auk þess að viðhalda, endurbæta og byggja dreifikerfið upp á hagkvæman hátt að teknu tilliti til öryggis, skilvirkni, áreiðanleika afhendingar og gæða raforku. Orkustofnun veitir Landsneti sérleyfi og hefur opinbert eftirlit með starfsemi fyrirtækisins. Landsneti hf. er óheimilt að stunda aðra starfsemi en nauðsyn krefur til að geta rækt skyldur sínar samkvæmt sérleyfum og lögum þar að lútandi. Stjórn fyrirtækisins skal vera sjálfstæð gagnvart öðrum fyrirtækjum sem stunda vinnslu, flutning eða sölu raforku (raforkulög nr.65/2003.). Í næsta kafla verður fjallað um ástæður þess að framleiðsla og flutningur raforku hefur verið aðskilin.

## 2 Raforkukerfið í dag

### 2.1 Aðgreining framleiðslu og flutnings

Raforkukerfið í dag einkennist af því að framleiðsla og flutningur hafa verið aðskilin. Fyrir því eru ákveðnar hagrænar ástæður sem vert er að staldra við og skýra. Framan af var talið að framleiðsla, sala, flutningur og dreifingu raforku félli undir náttúrulega einokun og ætti því að vera í höndum hins opinbera. Vegna stærðarhagkvæmni í raforkukerfinu var því haldið fram að samkeppni þrífist ekki á þeim markaði. Með betri skilningi á kerfinu hefur þessi skoðun látið undan síga á undanförunum árum og er það nú almennt viðurkennt að raforkuframleiðsla og sala falli ekki undir náttúrulega einokun. Nú til dags er talið að samkeppni á þessum sviðum raforkukerfisins geti skilað umtalsverðum ávinningi til neytenda í formi lægra raforkuverðs með því að eyða ýmiskonar óhagkvæmni sem á það til að þrífast í skjóli einokunaraðstæðna (Þórður Friðjónsson, 2002). Flutningur og dreifing raforku fellur þó enn undir skilgreiningu náttúrulegrar einokunar eins og nánar verður fjallað um síðar.

Í apríl mánuði árið 2003 tóku gildi raforkulög á Íslandi og urðu í kjölfar þeirra miklar breytingar á íslenskum raforkumarkaði. Með gildistöku laganna var gerð sú grundvallarbreyting að skilið var á milli framleiðslu, flutnings, dreifingar og sölu raforku. Markmið lagasetningarinnar er að skapa forsendur fyrir samkeppni í framleiðslu og sölu á raforku og stuðla að skilvirkni og hagkvæmni í flutningi og dreifingu raforku. Auk þess að tryggja öryggi í raforkukerfinu, tryggja hagsmuni neytenda og stuðla að nýtingu endurnýjanlegra orkugjafa og taka tillit til umhverfissjónarmiða að öðru leyti. Þannig skal stuðla að þjóðhagslega hagkvæmu raforkukerfi og efla atvinnulíf og byggð í landinu (raforkulög nr.65/2003.).

Eins og fram hefur komið hefur Landsnet hf. sérleyfi til raforkuflutninga og starfar undir eftirliti Orkustofnunar og nánar verður fjallað um framleiðendur raforku sem starfa á samkeppnismarkaði síðar í ritgerðinni.

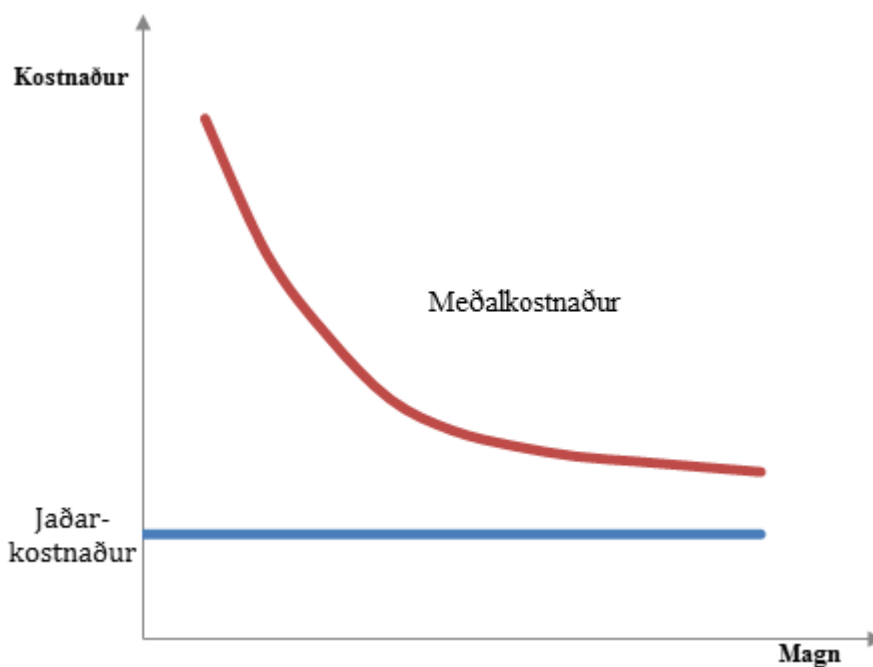
## 2.2 Einkasöluvandinn

Landsnet hf. fékk Rannsóknarstofnun í fjármálum við Háskólann í Reykjavík og Hagfræðistofnun Háskóla Íslands til að vinna fyrir sig skýrslu um verðlagningu á flutningi raforku á Íslandi. Í skýrslunni kemur fram að raforkuiðnaðurinn býr við sérstakar hagrænar aðstæður sem gera það að verkum að hefðbundin markaðslögmál eiga ekki við um hann, sjá (Axel Hall o.fl, 2008). Á markaði þar sem fullkomin samkeppni ríkir hefur markaðurinn þríþætt hlutverk. Þetta hlutverk er að stjórna nýtingu auðlinda, ráðstafa gæðum og ákvarða greiðslur til framleiðsluþátta. Ef að aðstæður eru þannig að markaðurinn getur sinnt þessu hlutverki sínu sér hin ósýnilega hönd Adams Smith um að jafnvægi myndast á markaðnum. Það gerir hún í gegnum verðið en verðið sér til þess að jafnvægi myndast á milli framboðs og eftirspurnar. Ef verð er of hátt verður til offramboð og þá þarf verð að lækka þannig að jafnvægi myndist að nýju, og öfugt ef verð er of lágt. Á markaði þar sem fullkomin samkeppni ríkir samsvarar verð vöru eða þjónustu viðbótarkostnaði við framleiðslu á síðustu einingu sem seld er, eða jaðarkostnaði við framleiðslu hennar. Kaupendur og seljendur eru það margir að engin einn getur haft áhrif á markaðsverðið og því eru aðilar markaðarins verðþegar. Á slíkum markaði er heildarábati samfélagsins af þeirri starfsemi sem starfrækt er á markaðnum hámarkaður. Nokkrar grunnforsendur þurfa þó að standast svo að þetta verði niðurstaðan en í raunveruleikanum verða þó nánast alltaf stærri eða minni brestir á þessum forsendum. Markaðsbrestir geta stafað af ósamhverfum upplýsingum, misnotkun fyrirtækis á aðstöðu sinni, vegan yfirráða á markaði (monopoly) eða óæskilegra aukaáhrifa vegna starfsemi þess á þriðja aðila (externality). Ef að markaðsbrestir verða miklir geta stjórnvöld gripið inn í og reynt að bæta úr. Inngrip eru þó alltaf kostnaðarsöm og þó svo að markaðurinn sé ófullkominn þarf það ekki að vera að stjórnvöld geri betur (Mankiw og Taylor, 2011).

Forsendur einokunarsölu eru aðgangshindranir fyrir nýja aðila að koma inn á markaðinn. Sem dæmi um aðgangshindranir má nefna að mikilvægt aðfang getur verið í einkaeigu fyrirtækis, ríkið veitir fyrirtæki einkarétt til að framleiða vöruna og náttúrulega einokun. Náttúruleg einokun á sér stað þegar um stærðarhagkvæmni er að ræða. Þegar aðstæður eru þannig að fastur kostnaður er mikill og viðbótarkostnaður er fastur eða jafnvel fallandi er stærðarhagkvæmni fyrir hendi. Meðalkostnaður fellur þá með aukinni framleiðslu og fasti kostnaðurinn dreifist á fleiri einingar. Eins og sjá

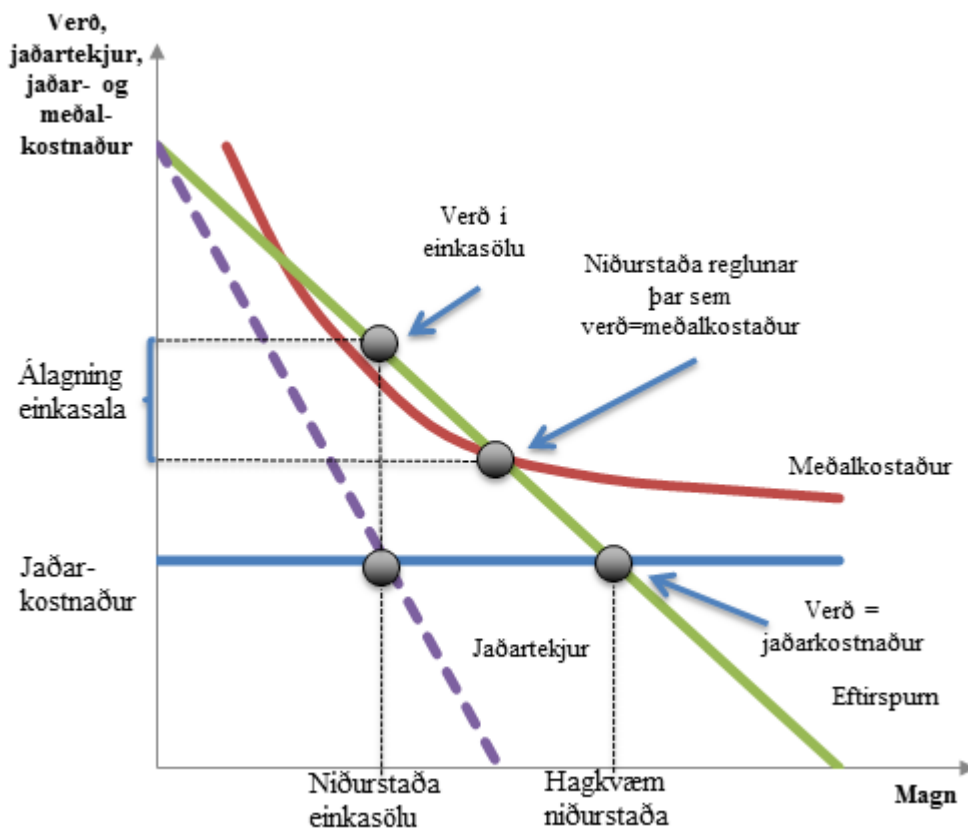


má á mynd 2.1 stefnir meðalkostnaður á jaðarkostnað og því verður sífellt ódýrara að framleiða meira.



Mynd 2.1 Áhrif stærðarhagkvæmni á meðalkostnað

Ef fastur kostnaður er nægjanlega hár hefur aðili sem fyrir er á markaðnum kostnaðaryfirburði og getur því framleitt við lægri kostnað en ef fleiri aðilar væru á markaðnum. Þessar aðgangshindranir gera það að verkum að hvatar til verðlagningar líkt og á einkasölumarkaði skapast. Einkasalinn er því ekki verðþegi líkt og ef um samkeppnismarkað væri að ræða, heldur getur hann haft áhrif á verðmyndun. Hámörkun hagnaðar hjá einkasölum felst í því að velja það magn þar sem jaðartekjur eru jafnar jaðarkostnaði. Hins vegar gerir lögmálið um niðurhallandi eftirspurnarferil það að verkum að jaðartekjur verða lægri en verð. Þegar að einkasali velur hagkvæmasta magn verður það til þess að fleygur myndast milli verðs og jaðarkostnaðar og því verður frávik frá samkeppnisniðurstöðu.



Mynd 2.2 Einkasala við aðstæður stærðarhagkvæmni

Á mynd 2.2 má sjá aðstæður einkasala við aðstæður stærðarhagkvæmni. Græna línan sýnir tengsl verðs og magns. Fjólubláa brotalínan sýnir tengsl jaðartekna og magns. Kostnaðarferlarnir eru þeir sömu og áður hefur verið lýst. Hámörkun hagnaðar hjá einkasala felst í því að velja magn þar sem verð er hærra en jaðarkostnaður. Álagning einkasala er hærri en það sem gengur og gerist á samkeppnismarkaði þar sem verð er jafnt jaðarkostnaði.

Lengi vel var litið svo á að framleiðsla og flutningur raforku felli undir þessa skilgreiningu á einkasölu. Það var því talið að hið opinbera ætti að eiga bæði framleiðsluna og flutninginn þar sem að þeim væri betur treystandi heldur en einkaaðila til þess að verðleggja ekki alveg í samræmi við einkasöluaðstæður heldur reyna að setja verð jafnt meðalkostnaði. Á 9. áratug síðustu aldar báru menn kennsl á það að það væri hægt að láta framleiðsluna vera í samkeppni en það væri bara flutningurinn sem væri náttúruleg einokun. Í kjölfarið var markaðnum skipt upp. Búið var til flutningskerfi sem býr við náttúrulega einokun þar sem að stærðarhagkvæmni er mikil í raforkuflutningum. Flutningskerfið er reglað þar sem

stjórnvöld þvinga Landsnet til þess að setja verð jafnt meðalkostnaði á meðan framleiðslan keppir á samkeppnismarkaði. Markmiðið með þessum aðskilnaði var að minnka umfang eftirlitsvandans og að koma á samkeppni (Axel Hall o.fl, 2008).

### 2.3 Samkeppnisaðilar í framleiðslu

Eftir að gefin var út Evróputilskipun árið 2005 sem skilur að framleiðslu og flutning raforku þar sem segir að framleiðsla raforku skuli keppa á samkeppnismarkaði hefur þeim fyrirtækjum sem framleiða raforku farið fjölgandi hér á landi. Landsvirkjun er þó langstærsti raforkuframleiðandinn en samanlagt uppsett afl allra virkjana hennar er 1955 MW. Árið 2007 gangsetti Landsvirkjun stærstu virkjun landsins en það er Fljótsdalsstöð (Kárahnjúkavirkjun) en uppsett afl hennar er 690 MW. Ríkið er eini eigandinn í Landsvirkjun og hefur verið það síðan 2007 en áður áttu Reykjavíkurborg og Akureyrarbær hluta fyrirtækisins (Landsvirkjun, e.d.). Helstu keppinautar Landsvirkjunar eru Orkuveita Reykjavíkur og HS Orka. Stærstur hluti raforkuframleiðslu Orkuveitu Reykjavíkur og öll framleiðsla HS Orku kemur frá jarðgufuvirkjunum. Samanlagt uppsett afl virkjana Orkuveitu Reykjavíkur er um 434 MW og 175 hjá HS Orku. Reykjavíkurborg er eini eigandinn í Orkuveitu Reykjavíkur en HS Orka er að stærstum hluta (66,6%) í eigu Magma Energy Sweden A.B. og Jarðvarma slhf (33,4%). Einnig eru nokkrir smærri framleiðendur á markaðnum eins og Orkusalan, Orkubú Vestfjarða, Fallorka EHF. og Orkuveita Húsavíkur. Nánari greiningu á framleiðslugetu og virkjunum fyrirtækjanna má sjá í viðauka 1.

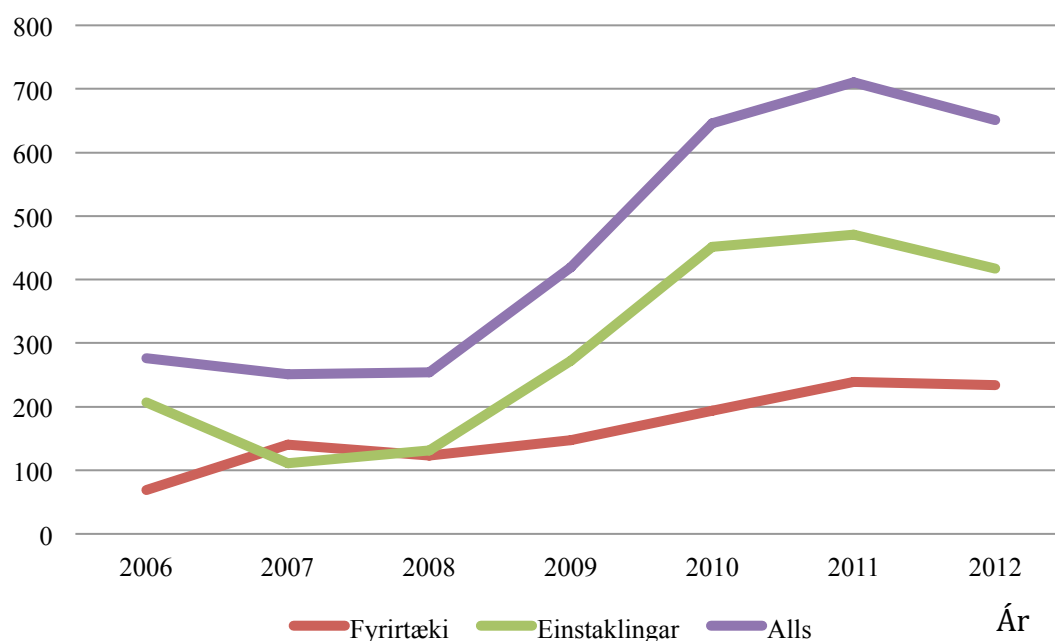
Iðnaðarráðuneytið lét taka saman upplýsingar um þróun raforkuverðs hér á landi frá því að raforkulögin frá 2003 tóku gildi 1. janúar 2005 og til janúar 2010. Í skýrslunni er skoðuð bæði verðþróun í raforkusölu og dreifingu sem nær bæði til kostnaðar vegna flutnings og dreifingar raforku. Sett voru upp dæmi um fjóra notendur auk þess sem gjaldskrá allra fyrirtækjanna sem nú eru starfandi á þessum markaði var skoðuð. Þegar þau dæmi sem tekin voru í skýrslunni eru skoðuð sést að samkeppni hefur virkað vel í raforkusölu og raunverð hefur farið lækkandi frá 2005 fyrir alla notendur sem skoðaðir voru í skýrslunni. Þar að auki hefur breytileiki í verði milli söluaðila farið minnkandi. Verðið er mjög svipað hjá öllum fyrirtækjunum og greinilegt er að þau fylgjast vel hvert með öðru og víkja lítið frá verðum hinna til þess að vera

samkeppnishæf. Samkeppnin hefur haft þau áhrif að raunverð raforku hefur lækkað á tímabilinu (Jón Vilhjálmsson, 2010).

Virgni samkeppninar mætti einnig mæla með því að kanna hve margir neytendur hafi skipt um söluaðila síðan að raforkuframleiðslan fór að keppa á samkeppnismarkaði. Þar sem því fylgir bæði leitar- og skiptikostnaður að skipta um söluaðila, er varhugavert að skoða aðeins söluaðilaskipti.

Á mynd 2.3 má sjá fjölda lögaðila sem skipt hafa um söluaðila á árunum 2006 til 2012. Fleiri einstaklingar hafa skipt um söluaðila heldur en fyrirtæki á undanförunum árum. Mestir voru flutningarnir meðal einstaklinga árið 2011 eða um 470 alls. Færri flutningar hafa átt sér stað meðal fyrirtækja en flest söluaðilaskipti meðal þeirra áttu sér stað árið 2011 eða um 240. Hér ber þó að hafa það í huga að fyrirtæki hafa oft fleiri en einn afhendingarstað og var til dæmis heildarfjöldi afhendingarstaða hjá fyrirtækjum sem skiptu um raforkusala tæplega 1800 árið 2011 (Netorka, 2013).

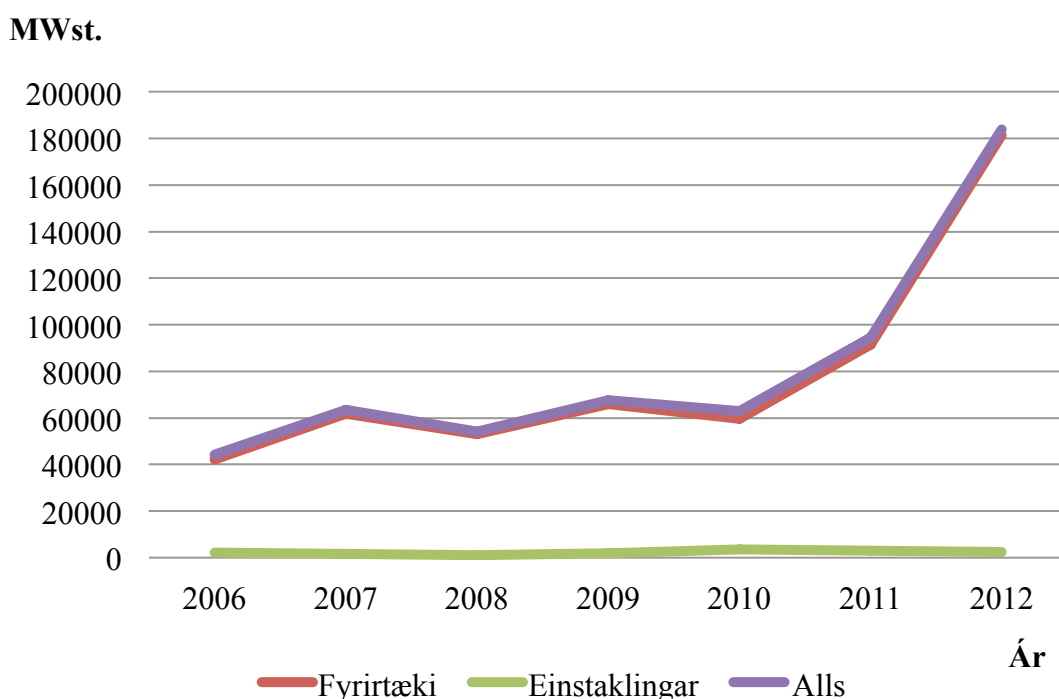
### Fjöldi



Mynd 2.3 Fjöldi lögaðila sem skiptir um söluaðila (Netorka, 2013)

Það getur þó vart talist mikið að 470 einstaklingar skipti um orkusala ef miðað er við heildarfjölda heimila í landinu. Söluaðilaskipti gefa því vart vísbendingu um að mikil samkeppni ríki í raforkusölu til heimilanna. Með því að bera saman raforkuverð á reiknivél Orkustofnunar kemur í ljós að árlegur munur milli raforkusala hleypur á

nokkur þúsund krónum. Það virðist því vera sem að einstaklingar sjái sér lítinn hag í því að skipta um raforkusala þar sem ávinningur er lítill. Það virðist þó vera að fyrirtæki sjái sér frekar hag í því að leita tilboða hjá nýjum söluaðilum. Þó svo að fá fyrirtæki skipti um söluaðila hefur talsvert mikið orkumagn skipt um söluaðila, eins og sjá má á mynd 2.4, og hefur það aukist talsvert á síðast liðnum árum. Það virðist því vera að stórir orkunotendur sjái sér hag í því að leita sér tilboða frá nýjum orkuframleiðendum (Jónas Hlynur Hallgrímsson og Sveinn Agnarsson, 2011).



Mynd 2.4 Orkumagn sem skiptir um söluaðila (Netorka, 2013)

## 2.4 Framleiðslugeta

Árið 2012 kom um 99,9% af allri raforku framleiðslu Íslendinga frá endurnýtanlegum orkugjöfum. Vatnsaflsvirkjanir eru þar veigamestar en þær skiluðu 70,3% af raforkuframleiðslunni og jarðvarmavirkjanir koma þar á eftir með 29,7%.

Raforkuframleiðsla með vindorku er enn vart mælanleg en eldsneyti skilaði 0,02% af raforkuframleiðslunni (Orkustofnun, e.d.).

Nýting endurnýjanlegra orkugjafa er í stöðugri þróun hér á landi og er Ísland orðið leiðandi í útflutningi á jarðvarmaþekkingu í heiminum jafnvel þó svo að

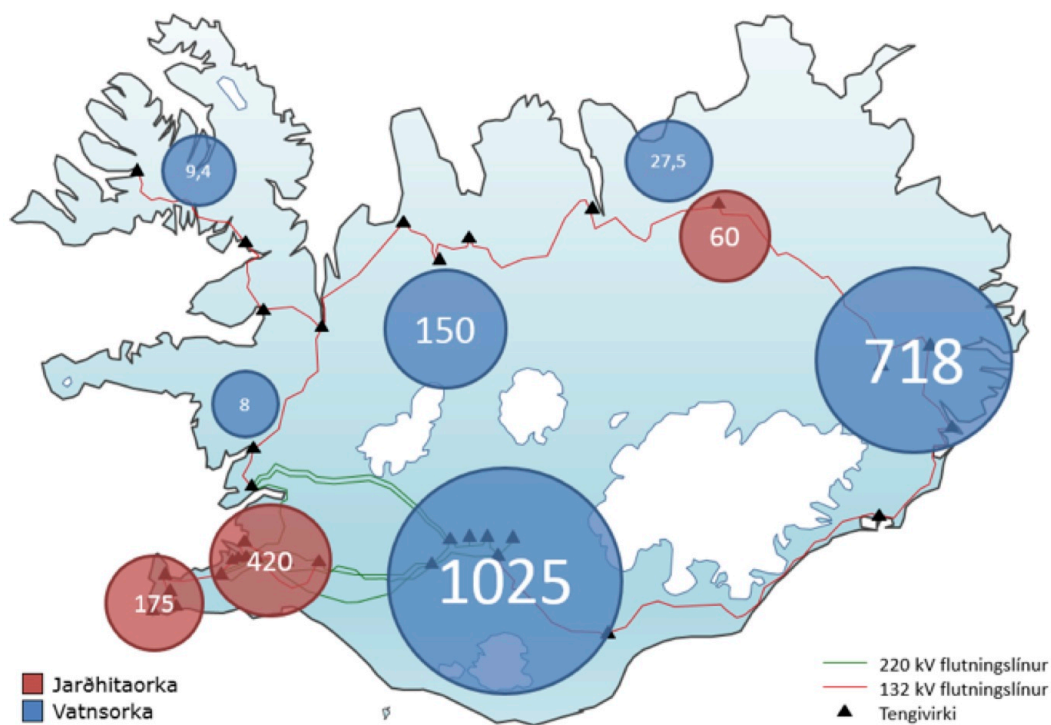
heildarraforkuframleiðsla landsins sé lítil á heimsmælikvarða. Ísland framleiðir þó langmest rafmagn í heiminum ef miðað er við íbúafjölda og framleiddi árið 2010 u.þ.b. helmingi meiri raforku á hvern íbúa heldur en Norðmenn sem koma næstir á listanum (Orkustofnun, e.d.).

Árið 1940 sáu innfluttir orkugjafar landinu fyrir 85% allrar orkunotkunnar þjóðarinnar. Sérstaklega hefur orðið aukning í notkun jarðvarma bæði til húshitunar og rafmagnsframleiðslu. Í dag er aðeins 15% af allri orkunotkun Íslands innflutt. Innflutta orkan er í formi jarðefnaeldsneytis og er 90% nýtt til að knýja fiskiskip og bílaflota landsmanna.

Alls eru um 37 vatnsaflsvirkjanir og 6 jarðvarmavirkjanir á Íslandi og er samanlagt uppsett afl þeirra allra um 2544 MW (Orkustofnun, e.d). Alls framleiða 8 stærstu vatnaflsvirkjanirnar um 90% af þeirri raforku sem framleidd er með vatnsafli en þrjár stærstu jarðvarmavirkjanirnar framleiða um 80% af raforkunni sem jarðvarmavirkjanirnar skila í heild sinni.

## **2.5 Umfang raforkuframleiðslu eftir landshlutum**

Suðurlandið er langstærsti landshlutinn í raforkuframleiðslu en þar voru framleidd rúmlega 50% allrar raforku sem framleidd var á árinu 2012. Raforkan er framleidd bæði með vatnsafli og jarðvarma en margar af stærstu virkjunum landsins eru staðsettar á suðurlandi eins og Búrfellsvirkjun, Hrauneyjafossvirkjun og Sigölduvirkjun svo dæmi séu tekin. Austurland er orðinn annar stærsti landshlutinn í raforkuframleiðslu með tilkomu Kárahnjúkavirkjunar og framleiddi árið 2012 tæplega 30% af heildar raforkuframleiðslunni (um 17,1 TWh). Öll raforka Austurlands er framleidd með vatnsafli og að langstærstum hluta fer framleiðslan fram í Kárahnjúkavirkjun. En árið 2006 var raforkuframleiðslan á austurlandi ekki nema 0,7% af landsframleiðslunni. Þriðji stærsti landshlutinn er svo Reykjanesið með um 7,4% af raforkuframleiðslunni árið 2012, en þar er einungis notast við jarðvarma við framleiðsluna (Orkustofnun, e.d.).



Mynd 2.5 Uppset afl 2014 í MW

## 2.6 Raforkunotkun á Íslandi

Þó svo að stærstur hluti raforkunnar sé framleiddur á Suðurlandi er aðeins 4% hennar notuð í þeim landshluta. Talsverð breyting hefur orðið á notkun raforku eftir landshlutum síðari ár. Notkunin á Austurlandi hefur aukist til muna með tilkomu Fjarðaráls auk þess hefur notkunin aukist talsvert á Vesturlandi.

Á Austurlandi, Vesturlandi og á höfuðborgarsvæðinu var notkunin samtals 88% á árinu 2012 (Orkustofnun, e.d.).

Raforkunotkun almennings hefur hlutfallslega haldist nokkuð stöðug síðastliðin ár fyrir tilkomu Kárahnjúkavirkjunar og nýtti almenningur 18% raforkunnar árið 2012. Notkun stóriðju hefur aukist nokkuð og nýtti stóriðjan 79% hennar sama ár. Nýting skerðanlegrar orku er 3% og hefur aukist nokkuð (Orkustofnun, e.d.).

## 2.7 Mögulegir virkjanakostir

Þegar skoðaðir eru mögulegir virkjanakostir eru ýmsir þættir sem horfa þarf til. Þættir eins og náttúruverndarsjónarmið, nýtingarsjónarmið, hagkvæmissjónarmið, framleiðslugeta og hvort kaupendur af orkunni séu fyrir hendi.

Virkjanagerð og aðrar framkvæmdir í raforkuiðnaðinum hafa alla tíð verið gríðarlega umdeild hér á landi og hafa oft skapast miklar deilur vegna þeirra. Má þar nefna Laxárdeiluna sem stóð frá 1969 til 1973 og snerist um þriðju virkjun Laxár og baráttu landeigenda og ábúenda á bökkum Laxár og Mývatns gegn því. Deilan var mjög hörð og í ágúst 1970 var ein stífla Laxárvirkjunar við Mývatn rofin með sprengiefni, dráttarvélum og handverkfærum. Samkomulag náðist loks eftir erfiðar sáttaumleitanir milli ríkisstjórnarinnar, stjórnar Laxárvirkjunar og Landeigendafélagsins árið 1973. Í samningnum er því lýst yfir að ekki verði stofnað til frekari virkjana í Laxá, umfram þá 6,5 MW virkjun sem þá var unnið að („Stífla sprengd”, 1997). Fjölmörg önnur dæmi eru til um að harðar deilur hafi skapst vegna virkjunarframkvæmda, má þar nefna hörð mótmæli vegna áforma um að reisa uppistöðulón við Eyjabakka sem ekki varð af á endanum. Einnig var því harðlega mótmælt að Kárahnjúkavirkjun yrði reist þó mótmælendur ættu ekki erindi sem erfiði. Þetta eru þó aðeins brot af þeim mótmælum og deilum sem skapast hafa vegna virkjunarframkvæmda hér á landi.

Þessar skiptu skoðanir á því hvort og hvernig nýta eigi auðlindir landsins hafa orðið til þess að ýmis samtök hafa verið stofnuð gagnert til þess að mótmæla og berjast fyrir verndun náttúruauðlinda landsins. Má þar nefna Náttúruverndarsamtök Íslands og Landvernd svo dæmi séu tekin. Markmið þessara samtaka er að vernda íslenska náttúru á landi, til sjós og lofti. Þau berjast því iðulega gegn öllum framkvæmdum bæði virkjunum, uppbyggingu á flutningskerfi raforku og stóriðjuframkvæmdum enda vilja þau halda náttúrunni ósnertri. Þetta eru því veigamikil sjónarmið sem taka verður tillit til við endanlega hönnun og val á landtaki strengsinns. Leita verður samvinnu við þá aðila sem þarna eiga hlut að. Og taka tilliti til þeirra sjónarmiða sem þeir setja fram eins og mögulegt er án þess þó að það komi niður á hagkvæmni verkefnisins fyrir raforkuiðnaðinn og samfélagið þar með.

Einnig þarf að hafa það í huga að raforkuiðnaðurinn og stóriðja eru ekki einu atvinnugreinarnar sem nýta náttúruauðlindir landsins við starfsemi sína. Umfang ferðaþjónustunar hefur aukist mikið á síðastliðnum árum.



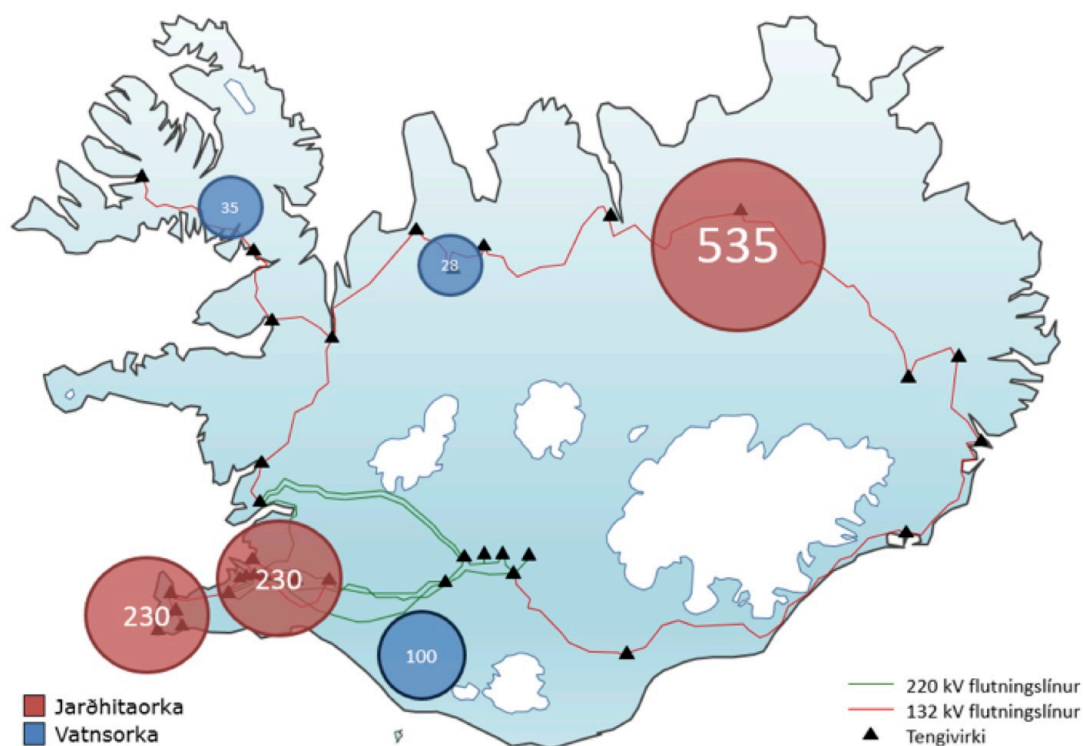
Vinsældir Íslands sem áfangastaðar ferðamanna hefur farið ört vaxandi undanfarin ár en heildarfjöldi erlendra ferðamanna árið 2012 var um 673 þúsund og er það 18,9% aukning frá árinu 2011, en þá var fjöldi erlendra ferðamanna um 565 þúsund (Oddný Þóra Óladóttir, 2013). Mikilvægi ferðaþjónustu fyrir íslenskt samfélag hefur vaxið mikið á undanförunum árum og árið 2012 voru gjaldeyristekjur af ferðaþjónustu um 237,7 milljarðar króna. Hlutfall ferðaþjónustu af gjaldeyristekjum þjóðarinnar hefur farið úr 19,6% árið 2009 og upp í 23,5% árið 2012. Hluttur ferðaþjónustu í landsframleiðslu árið 2010 var um 6% (Oddný Þóra Óladóttir, 2013).

Íslensk náttúra er eitt helsta aðráttarafl landsins. Samkvæmt netkönnun sem Ferðamálastofa fékk MMR (Market and media research) til að framkvæma fyrir sig meðal erlendra ferðamanna á tímabilinu júní 2011 til maí 2012 kemur fram að íslensk náttúra hafi verið áhrifabáttur á ákvörðun að ferðast til Íslands hjá 79,7% sumargesta og 71,3% vetrargesta (Oddný Þóra Óladóttir, 2013). Það er því mikilvægt að kanna hvaða áhrif framkvæmdir kunna að hafa út frá öllum sjónarmiðum og gæta þess að atvinnuvegirnir spilli ekki hver fyrir öðrum.

Það er því í mörg horn að líta þegar kemur að því að finna mögulega virkjunarkosti eins og framangreind umfjöllun gefur til kynna, og er það ein meginástæða þess að rammaáætlun er til komin. Henni er ætlað að svara öllum þeim þáttum sem að málinu koma, og koma þannig málefnum úr farvegi deilna og í farveg þess að stjórn málin kveði úr um málefnið með því að tvinna saman gildismat og hagkvæmni.

Rammaáætlun er áætlun um vernd og orkunýtingu landsvæða. Umhverfis- og auðlindaráðherra í samvinnu við þann ráðherra sem fer með orkumál leggja fram áætlun sem tillögu til alþingis eigi síðar en á fjögurra ára fresti (Lög um verndar- og orkunýtingaráætlun nr. 48/2011). Markmið rammaáætlunar er að leggja mat á helstu virkjanakosti bæði vatnsafls og jarðvarma meðal annars út frá orkugetu, hagkvæmni og annars þjóðhagslegs gildis. Henni er einnig ætlað að leggja mat á og flokka áhrif þeirra á náttúrufar, náttúru og menningarminjar auk hagsmuna allra sem nýta þessi sömu gæði. Út frá þessu mati er lagður grunnur að forgangsörðun virkjanakosta út frá þörfum þjóðarinnar hvað varðar atvinnustarfsemi, varðveislu náttúrunnar, styrkingu byggðarlaga og hagsmuni allra þeirra sem nýta þessi sömu gæði með sjálfbæra þróun að leiðarljósi (rammaáætlun, e.d.). Virkjunarkostirnir eru flokkaðir í þrjár flokka eftir því hversu vel þeir standast skilyrði og markmið

rammaáætlunarinnar. Þessir flokkar eru orkunýtingarflokkur, biðflokkur og verndarflokkur. Í orkunýtingarflokk fara þeir virkjanakostir sem stjórnvöldum er heimilt að veita leyfi tengd orkurannsóknum og orkuvinnslu. Tafla 2.1 hér að neðan sýnir þá virkjunarkosti sem fallið hafa í orkunýtingarflokk. Í Biðflokk falla þeir virkjunarkostir sem talið er að aflu þurfi frekari upplýsinga um og í verndarflokk falla þeir virkjunarkostir sem ekki er talið rétt að ráðast í og landsvæði sem ástæða er talin til að friðlýsa gagnvart orkuvinnslu (Lög um verndar- og orkunýtingaráætlun nr. 48/2011). Stjórnmalaflokkar deila þó enn um hvaða virkjana- kostir falla í hvað flokk rammaáætlunar og enn sér ekki fyrir endanlegri niðurstöðu.



Mynd 2.6 Uppsettafl í nýtingarflokki rammaáætlunar

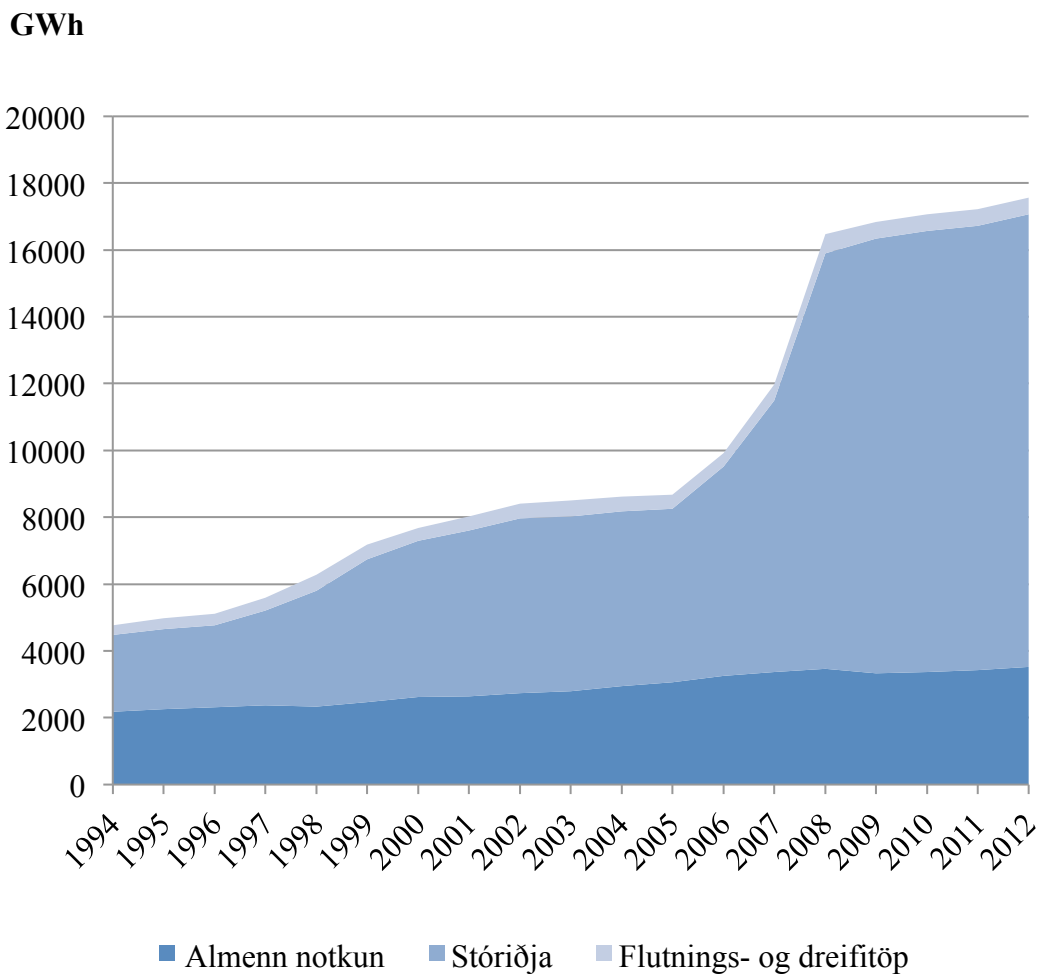
Tafla 2.1. Virkjunarkostir í orkunýtingarflokki samkvæmt þingsályktun um áætlun um vernd og orkunýtingu landsvæða

<b>Virkjunarkostur</b>	<b>Landshluti</b>	<b>Afl út á net MW</b>	<b>Orka GWh</b>
<b>Hvalárvirkjun</b>	Vestfirðir	35	259
<b>Blönduveita</b>	Norðurland	28	180
<b>Reykjanes</b>	Suðvesturland	76	540
<b>Stóra-Sandvík</b>	Suðvesturland	48	394
<b>Eldvörp</b>	Suðvesturland	48	394
<b>Sandfell</b>	Suðvesturland	48	394
<b>Sveifluháls</b>	Suðvesturland	48	394
<b>Meitillinn</b>	Suðvesturland	43	353
<b>Gráuhnjúkar</b>	Suðvesturland	43	353
<b>Hverahlíð</b>	Suðvesturland	86	705
<b>Bjarnarflag</b>	Norðausturland	86	705
<b>Krafla I, stækkun</b>	Norðausturland	38	304
<b>Krafla II, 1. áfangi</b>	Norðausturland	43	353
<b>Krafla II, 2. áfangi</b>	Norðausturland	86	705
<b>Þeistareykir</b>	Norðausturland	171	1.402
<b>Þeistareykir, vestursvæði</b>	Norðausturland	86	705
<b>Samtals</b>		1.013	8.140

## 2.8 Stóriðjan

Nýting raforku til iðnaðar hér á landi hefur farið stigvaxandi allt frá því að álverið í Straumsvík tók til starfa árið 1969. Langstærsti hluti af þeirri stóriðju sem starfrækt er hér á landi er framleiðsla á áli en meðal annarra afurða sem framleiddar eru eru kísiljárn og aflþynnur.

Þróun raforkunotkunar til stóriðju hefur komið í stökkum samhliða því að ný álver hafa verið tekin í notkun. Árið 2012 hafði heildarraforkunotkunin ríflega tvöfaldast frá árinu 2005 og var þá komin upp í tæplega 17,1 TWh. Þessa aukningu má að mestu rekja til stóriðju en hún skýrist af því að Kárahnjúkavirkjun var gangsett og Fjarðaál tók til starfa á tímabilinu. Almenn raforkunotkun hefur vaxið hægt og flutnings- og dreifitöp hafa haldist nær óbreytt á undanförunum árum en sem hlutfall af heildarraforkunotkun hefur heldur dregið úr töpum innan kerfisins, eins og sjá má á mynd 2.7.

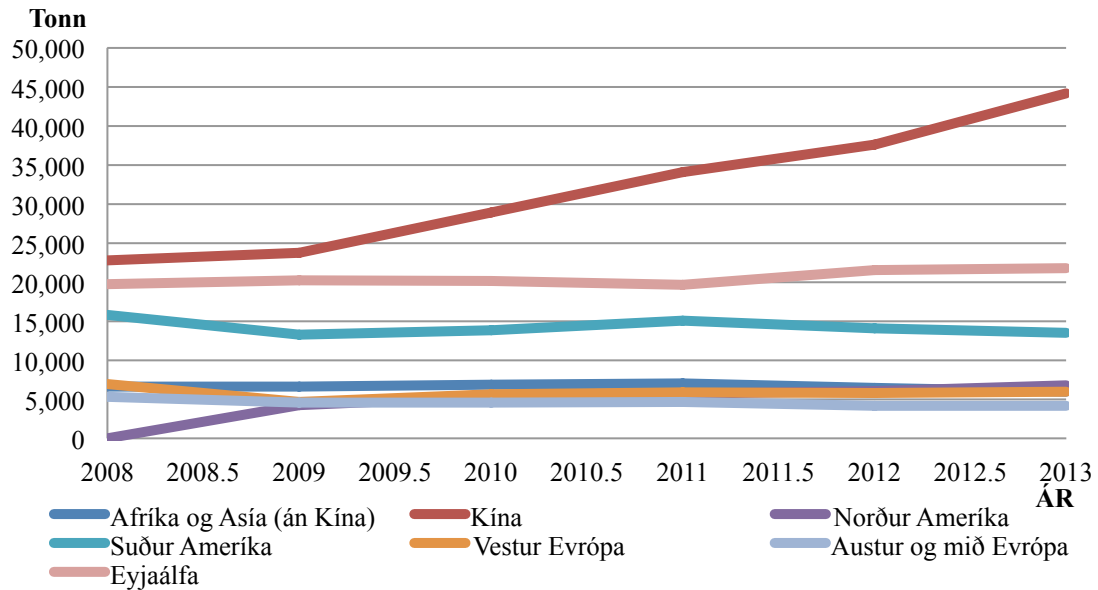


Mynd 2.7 Þróun almennrar notkunar, stóriðjunotkunar og orkutapa í raforkukerfinu Heimild:Orkustofnun

### 2.8.1 Staðan í dag

Heimsmarkaðsverð á áli hefur lækkað mikið að undanfögnu og hefur ekki verið lægra síðan um mitt ár 2009. Ljóst er að lágt verð á áli hefur mikil áhrif á álframleiðendur en álverðið hefur ekki síður mikil áhrif á fyrirtæki sem selja álframleiðendum orku, t.d. Landsvirkjun. Samningar milli fyrirtækjanna eru oft tengdir heimsmarkaðsverði á áli og því sveiflast tekjur fyrirtækjanna með álverðinu þó svo að þau séu að einhverju leyti búin að verja sig fyrir slíkum sveiflum með framvirkum samningum (Guðni Rúnar Gíslason, 2014).

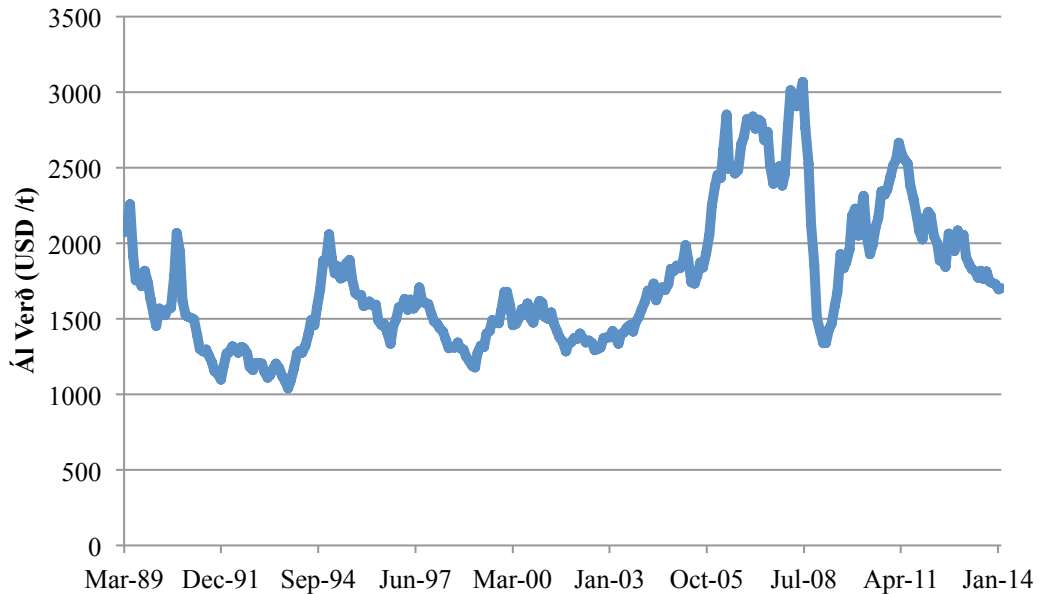
Þessi verðlækkun á áli virðist hafa orðið til þess að dregið hefur úr framleiðslu á áli í heiminum ef Kína er undanskilið eins og sjá má á mynd 2.8.



Mynd 2.8 Álframleiðsla eftir heimshlutum (World aluminum e.d.)

Áhrifin af lágu heimsmarkaðsverði á áli hafa komið berlega í ljós hér á landi þar sem verkefni í áliðnaðinum hafa verið sett á ís. Má þar nefna álver í Helguvík sem stendur hálfklárað og ekki er útlit fyrir að haldið verði áfram með framkvæmdina nema að verð á áli fari hækkandi og verkefnið verði talið arðvænlegt. Þessar aðstæður hafa ýtt enn frekar undir þær hugmyndir að leggja sæstreng þar sem að mögulegt er að fá mun hærra verð fyrir orkuna eins og staðan er í dag.

Verð á áli hefur sveiflast töluvert í gegnum tíðina eins og sjá má á mynd 2.9. Ál er notað í framleiðslu á hinum ýmsu vörum, allt frá snjallsínnum upp í flugvélar. Vegna slæms efnahagsástands í heiminum undanfarin ár hefur dregið úr eftirspurn eftir áli. Það er því líklegt að eftirspurnin muni aukast eftir því sem efnahagsástandið batnar og verð á áli leita aftur upp á við.



Mynd 2.9 Þróun heimsmarkaðsverðs á áli á fljótandi verðlagi (Index mundi e.d.)

Fleiri ástæður liggja þó að baki frestunum á verkefnum eins og tafir við orkuöflun. Þar að auki var árið 2013 heldur slakt vatnsár sem varð til þess að vatnsaflsvirkjanir víða um land skiluðu ekki jafnmikilli orku og við var búist. Þetta kemur til dæmis fram í ársskýrslu Landsvirkjunar árið 2013, en þar segir:

„Vatnsaflskerfið er þannig uppbyggt að á sumrin er bráðnun jökla safnað í miðlunarlón og vatnið nýtt yfir vetrartímann. Þar sem veðurskilyrði á Íslandi eru breytileg en fremur lítill breytileiki á raforkunotkun innan ársins lendir drjúgur hluti vatns því á yfirfalli á hefðbundnu ári.

Árið 2013 var rennsli til miðlana og lóna Landsvirkjunar nokkuð frábrugðið rennsli fyrri ára. Sumarið var kalt og þurr og leysing frá jöklum var því undir meðallagi. Í lok sumars vantaði nokkuð upp á að lón fylltust á Þjórsár- og Tungnaárvæðinu og Blöndusvæðinu. Á Austurlandi fylltist Háslón í lok ágúst og var fullt í þrjár vikur.” (Landsvirkjun, 2013).

### 3 Straumar og stefnur í orkumálum í Evrópu

Raforkuframleiðsla í Evrópu fer að miklu leyti fram með óendurnýjanlegum orkugjöfum eins og kolum, gasi og fleiri kolefnislosandi aðferðum auk kjarnorku. Evrópa er þó ekki sjálfum sér næg með raforku og því er gríðarlegt magn af jarðgasi flutt inn frá Rússlandi sem nýtt er bæði til húshitunar og raforkuframleiðslu. Talið er að notkun á jarðgasi uppfylli um 24% af orkuþörf Evrópu. Það er því ljóst að ef Rússar teldu sig þurfa að minnka gasflæðið yrðu orkumál í miklu uppnámi í Evrópu.

Vandi óendurnýjanlegra orkugjafa er sá að framboð þeirra er takmarkað og þeir munu á endanum klárast. Þegar slíkir orkugjafar brenna lostnar kolefni út í andrúmsloftið, sem eykur á gróðurhúsaáhrif og hlýnun jarðar.

Evrópa hefur oft og tíðum orðið fyrir skakkaföllum og þurft að glíma við stórar áskoranir er varða raforku. Sveiflur í verði á olíu, kolum og gasi, óstöðugt framboð frá löndum utan Evrópu og erfið innganga nýrra aðila á markaðinn eru áskoranir sem Evrópa hefur þurft að glíma við. Því hafa orkumál í auknu mæli orðið að forgangsatríði í stefnumótun. Stefnumótunin nær til ýmissa sviða eins og (Europa, e.d.):

- Að auka öryggi aðfanga orku og eldsneytis.
- Að tryggja samkeppnishæfni hagkerfis Evrópu og að orka sé tiltæk á viðráðanlegu verði.
- Að hvetja til þróunar innri samkeppnismarkaðar á sviði orkumála.
- Og að settir séu lágmarksskattar á orku.

#### 3.1 Orkugjafarnir

Notkun orkugjafa í Evrópu sem eru helst kol, olía, gas og kjarnorka er gríðarlega umdeild og mismunandi skoðanir ríkjandi um áhrif notkunnar þeirra á milli landa. Flestir eru þó sammála um að kol sé slæmur kostur en þau eru stærsti orkugjafinn í öllum heiminum og eru talin losa um 30% alls kolefnis út í andrúmsloftið samkvæmt Alþjóðaorkustofnuninni. Kolin hafa það þó fram yfir jarðgasið að þau má finna víða, bæði innan og utan Evrópu, og auðveldara er að flytja þau á milli staða og geyma.

Jarðgasið þykir ekki heldur álitlegur kostur þó svo að gasið hafi það fram yfir kolin að það myndar ekki sótt við bruna og því mengar það minna. Ýmsir ókostir fylgja þó notkun jarðgass en til að mynda þarf að leggja langar leiðslur til þess að flytja gasið. Einnig er það áhyggjuefni hve mikið magn af jarðgasi er flutt til Evrópu frá Rússlandi, eins og fram hefur komið, sem gerir Evrópu mjög háða Rússum um sína orkunotkun. Þessar aðstæður gefa Rússum ákveðið kverkatak á Evrópu sem getur verið áhættusamt ef til milliríkjadeilna kemur, líkt og nú standa yfir, og getur þá verið auðvelt fyrir Rússa að skrúfa fyrir gasleiðslurnar til að setja pressu á Evrópu.

Kjarnorka er annar orkugjafi sem Evrópa reiðir sig mikið á en er þó gríðarlega umdeildur. Helsti kosturinn við að nýta kjarnorku til raforkuframleiðslu er sá að hún losar engin kolefni út í andrúmsloftið. Akkilesarhæll kjarnorkunnar er þó sá að geislavirkur úrgangur myndast við framleiðsluna, sem brotnar gríðarlega hægt niður og honum þarf að koma fyrir í þar til gerðum geymslum. Það má því segja að kjarnorka sé græn orka en hún er þó ekki endurnýjanleg. Ef slys verða í kjarnorkuverum geta afleiðingarnar orðið skelfilegar eins og raunin varð í Tsjernobyl. Enn þann dag í dag eru afleiðingarnar að koma í ljós í formi krabbameins og vansköpunar hjá fólki sem orðið hefur fyrir geislun eftir slysið sem átti sér stað árið 1986. Því er ekki að undra að fólk óttist slík slys og hefur það áhrif á viðhorf fólks til kjarnorku. Einnig má í því sambandi benda á nýlegt slys sem varð í Japan í kjölfar mikils jarðskjálfta.

### **3.2 20-20-20 markmiðin**

Í kjölfar aukinnar meðvitundar meðal fólks um þau áhrif sem losun gróðurhúsalofttegunda hefur á umhverfið hafa ríki Evrópu farið að huga meira að því hvernig hægt sé að draga úr losun þeirra. Þau hafa því stefnt að því að draga úr notkun kolefnislosandi orkugjafa og í staðinn auka notkun endurnýjanlegra orkugjafa bæði vegna umhverfisáhrifa og til þess að draga úr því hversu háð Evrópa er Rússum með gas.

Árið 2009 var sett fram stefna fyrir lönd evrópusambandsins, sem samþykkt var og varð að bindandi lögum, sem eru þekkt undir nafninu 20-20-20 markmiðin. Þessi



stefna um loftslags og orkumál felur í sér eftirfarandi markmið sem Evrópusambandsríki þurfa að uppfylla fyrir árið 2020 (European Union, e.d.):

- Að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda um 20% miðað við losun árið 1990.
- Að minnsta kosti 20% af vergri endanlegri orkunotkun ESB komi frá endurnýjanlegum orkugjöfum.
- Að 10% af orkunotkun samgangna komi frá endurnýjanlegum orkugjöfum.
- Að draga úr grunn orkuþörfinni um 20% samanborið við áætlanir, með því að auka skilvirkni innan orkukerfissins.

Það er þó mjög mismunandi milli landa hversu stór hluti orkunnar komi frá endurnýjanlegum orkugjöfum. Til dæmis kom aðeins 1.1% orkunnar sem notuð var á Möltu árið 2012 frá endurnýjanlegum orkugjöfum á meðan 60% orkunotkunarinnar í Svíþjóð kom frá endurnýjanlegum orkugjöfum (Eurostat, e.d.). Það er því heldur ólíklegt að 20% orkunotkunnar allra þjóða Evrópusambandsins muni koma frá endurnýjanlegum orkugjöfum árið 2020, enda er markmiðið að heildarorkunotkun Evrópusambandsins í heild muni koma frá endurnýjanlegum orkugjöfum.

Það getur verið vandasamt að uppfylla þessi markmið og mismunandi leiðir sem Evrópusambandsríki hafa hugsað sér að fara til þess. Til að mynda eru uppi hugmyndir á þeim markaði, sem við myndum tengjast, að beita fyrirkomulagi sem kallað er “feed-in tariffs” til að laða að endurnýjanlega orku. Þetta fyrirkomulag myndi skuldbinda raforkusala til að kaupa raforku af framleiðendum endurnýjanlegrar orku undir stöðluðu fyrirkomulagi þar sem tilgreint er verð, skilmálar og skilyrði. Þessi stöðlun einfaldar kaupferlið, veitir framleiðendum örugga innkomu og dregur úr kostnaði þeirra við fjármögnun verkefna (Hempling, Elephant, Cory, og Porter, 2010). Þetta er þó ekki tæmandi lýsing á fyrirbærinu en gefur þó einhverja mynd af því hvernig þjóðir hyggjast koma til móts við framleiðendur endurnýjanlegrar orku. Evrópusambandið miðar einnig að því að fjármagna, styrkja eða styðja við verkefni, sem ýta undir betri orkunýtingu og framleiðslu endurnýjanlegrar orku. Þessir styrkir eru þó aðeins veittir löndum innan Evrópusambandsins og rynnu því til þess lands sem Ísland myndi tengjast (Paulou o.fl., 2014).

### 3.3 Eftirspurn eftir orku

Eins og komið hefur fram hefur Ísland ákveðna sérstöðu þegar kemur að raforkuframleiðslu, en landið er mjög ríkt af endurnýjanlegum náttúruauðlindum sem henta vel til raforkuframleiðslu. Aukin meðvitund um skaðleg áhrif útbláastur koltvísýrings á náttúruna og umhverfið auk þess sem Evrópusambandið hefur sett sér markmið hvað útblástur slíkra lofttegunda varðar hefur leitt til þess að heimsmarkaðsverð á endurnýjanlegri orku hefur farið hækkandi. Þetta hefur einnig leitt til þess að eftirspurn eftir orku sem framleidd er með endurnýjanlegum orkugjöfum hefur aldrei verði meiri og mikill áhugi hefur skapast á lagningu sæstrengs frá Íslandi til Evrópu.

National Grid ásamt fleiri fjárfestum hafa sýnt mikinn áhuga og vilja til þess að leggja streng milli landanna (Kristján Már Unnarsson, 2013). Um 10% af raforkunotkun Breta er framleidd með vindmyllum og stefna þeir á að auka enn frekar þá framleiðslu til þess að draga úr útblæstri koltvísýringinags. Vindorkuver eru þó engin draumalausn á orkuvanda Breta þar sem þau eru bæði kostnaðarsöm og óstöðugur orkugjafi. Alltaf þarf annarskonar orkugjafi að vera tiltækur svo að hægt sé að grípa til hans þegar að vind lægir. Þegar nóg er af vindi þarf að vera hægt að safna orkunni. Þetta eru vandamál sem vatnsaflsvirkjanir geta leyst að hluta með því að safna vatni í uppistöðulón þegar nægjur vindur er. Nú þegar eru Bretar með tengingar við önnur Evrópulönd sem flytja 3,5 GW en hafa hug á því að bæta töluvert fleiri tengingum við. Til að mynda eru uppi hugmyndir að tengingum við Frakkland, Belgíu, Noreg, Danmörku og Ísland (Trichakis, Parail, og Patel, 2013).

## 4 Hagrænar aðstæður í framleiðslu flutningi og sölu raforku.

### 4.1 Hlutfallslegir yfirburðir og raforkuframleiðsla

Framangreind umfjöllun gefur til kynna að Ísland sé stórveldi í raforkuframleiðslu og hentar einkar vel til raforkuframleiðslu. Þar eru að verki verkfræðilegar og hagrænar aðstæður sem vert er að gera grein fyrir. Til er kenning sem segir að þjóðir sem geti framleitt með lágum kostnaði muni framleiða og selja þá vöru og flytja út og flytja inn vörur sem þær eru síður hentugar til framleiðslu á. Það er kenningin um hlutfallslega yfirburði og vert er að gera aðeins grein fyrir henni.

Ein af grundvallarkenningum í þjóðhagfræði er kenningin um hlutfallslega yfirburði. Breski hagfræðingurinn David Ricardo sem var uppi snemma á 19. öld setti kenninguna fram en samkvæmt kenningunni eiga þjóðir að framleiða og flytja út þær vörur og þjónustu sem þær hafa hlutfallslega yfirburði í framleiðslu á og flytja inn þær vörur og þjónustu sem aðrar þjóðir hafa hlutfallslega yfirburði í framleiðslu á. Sá sem hefur lægri fórnarkostnað er sagður hafa hlutfallslega yfirburði (Mankiw og Taylor, 2011).

Til að bregðast við skorti reiða einstaklingar og þjóðir sig á sérhæfingu og viðskipti. Þjóðir stunda viðskipti sín á milli vegna þess að sérhæfing og viðskipti auka velferð almennings. Röksemdir Ricardo er ef til vill best að skýra með stuttu dæmi: Ef að í heiminum væri aðeins til tvær vörur, kartöflur og kjöt. Og aðeins tveir aðilar, kartöflubóndi og nautgripabóndi, sem báðir vildu borða bæði kartöflu og kjöt. Það tekur kartöflubóndann 15 mínútur að framleiða 1 kg. af kartöflum, en nautgripabóndann 10 mínútur. Kartöflubóndinn er 60 mínútur að framleiða 1 kg. af kjöti en nautgripabóndinn 20 mínútur. Á 8 klukkustundum getur kartöflubóndinn framleitt 32 kg. kartöflum eða 8 kg. af kjöti. Á sama tíma gæti nautgripabóndinn framleitt 48 kg. af kartöflum eða 24 kg. af kjöti. Ef bændurnir vissu ekki hver af öðrum, gætu þeir aðeins neytt eigin framleiðslu. Ef þeir eyddu jafn miklum tíma í framleiðslu á kjöti og kartöflum væri neysla kartöflubóndans 16 kg. af kartöflum og 4 kg. af kjöti en nautgripabóndans 24 kg. af kartöflum og 12 kg. af kjöti. Ef að kartöflubóndinn sérhæfir sig í kartöflurækt og þeir hafa svo viðskipti, þar sem

kartöflubóndinn lætur af hendi 15 kg. af kartöflum en fær 5 kg. af kjöti frá nautgripabóndanum í staðin, stendur kartöflubóndinn uppi með 17 kg. af kartöflum og 5 kg. kjöti. Hann er því 1 kg. betur settur af kartöflum og 1 kg. af kjöti heldur en ef engin viðskipti ættu sér stað. Ef að nautgripabóndinn ákveður að framleiða 18 kg. af kjöti og lætur kartöflubóndann fá 5 kg., stendur hann uppi með 13 kg. Hann ræktar svo 12 kg. af kartöflum og fær 15 kg. frá kartöflubóndanum og endar því með 27 kg. af kartöflum. Nautgripabóndinn er því 1 kg. betur settur af kjöti og 3 kg. af kartöflum heldur en ef engin viðskipti ættu sér stað. Þeir eru því báðir betur settir ef þeir stunda viðskipti sín á milli. Ólíkur kostnaður við framleiðsluna ákvarðar, hver ætti að framleiða hvað og umfang viðskiptana. Sá sem hefur meiri framleiðni í framleiðslu ákveðinnar vöru hefur algera yfirburði. Framleiðandi sem þarf að kosta til færri aðföngum fyrir tiltekið magn framleiðslu er sagður hafa algera yfirburði í framleiðslu afurðarinnar. Það tekur nautgripabóndann 20 mínútur að framleiða 1 kg. af kjöti en kartöflubóndann 60 mínútur. Nautgripabóndinn er 10 mínútur að framleiða 1 kg. af kartöflum en kartöflubóndinn 15 mínútur. Nautgripabóndinn hefur því algjöra yfirburði í framleiðslu á báðum vörum. Framleiðandi er sagður hafa hlutfallslega yfirburði þegar fórnarkostnaður hans er minni í samnburði við fórnarkostnað annarra framleiðenda sömu vöru. Fórnarkostnaður nautgripabóndans við að framleiða 1 kg. af kartöflum er 0,5 kg. af kjöti. Fórnarkostnaður kartöflubóndans við að framleiða 1 kg. af kartöflum er hins vegar 0,25 kg. af kjöti. Fórnarkostnaður nautgripabóndans við að framleiða 1 kg. af kjöti eru 2 kg. af kartöflum en fórnarkostnaður kartöflubóndans er 4 kg. af kartöflum. Nautgripabóndinn hefur hlutfallslega yfirburði í framleiðslu á kjöti vegna þess að hann þarf að fórna minna af kartöflum til að framleiða kjöt en kartöflubóndinn. Hann hefur því minni fórnarkostnað við að framleiða kjöt en kartöflubóndinn. Af sömu ástæðum hefur kartöflubóndinn hlutfallslega yfirburði í framleiðslu á kartöflum. Hlutfallslegir yfirburðir og ólíkur fórnarkostnaður mynda grundvöll fyrir sérhæfingu í framleiðslu og viðskipti. Þegar fórnarkostnaður aðila er ólíkur munu báðir aðilar hagnast af viðskiptum. Það eru því hlutfallslegir yfirburðir sem skipta mestu máli í viðskiptum en ekki algjörir yfirburðir (Mankiw og Taylor, 2011).

Grundvallaratriði til þess að viðskipti verði milli landa er að mismunandi framleiðslugeta milli landana sé til staðar. Mismunandi framleiðslugeta er svo ástæða þess að hlutfallslegir yfirburðir myndast milli landa og hægt er að stunda viðskipti

sem allir hagnast á. Með viðskiptunum verður til verðmæti og þar af leiðandi batna lífskjör landana sem taka þátt í þeim (Mankiw og Taylor, 2011).

Ef framleiðslutækninn er sú sama og þar af leiðandi sama framleiðnin milli landa geta framleiðsluþættir orðið grundvöllur fyrir sérhæfingu. Þannig að ef afkastagetan er sú sama milli landa eru það framleiðsluþættir landana sem geta orðið grunnvöllur viðskipta þeirra á milli (Mankiw og Taylor, 2011).

Á Íslandi eru mikið af fallvötnum og jarðvarma sem gerir Ísland að mjög hentugum stað til framleiðslu á svokallaðri hreinni orku eða raforkuframleiðslu sem mengar ekki umhverfið eða andrúmsloftið. Bretar búa ekki jafn vel og þurfa því að leita annara leiða til þess að sjá þjóð sinni fyrir raforku. Þær leiðir eru bæði verri fyrir umhverfið og andrúmsloftið. Þar sem að Evrópusambandið hefur gefið út tilskipanir þess efnis að þjóðir innan þess skuli minka losun gróðurhúsalofttegunda um 20% fyrir árið 2020, vinna Bretar nú að því að minka útbláastur gróðurhúsalofttegunda meðal annars með því að framleiða raforku á náttúruvænni máta. Það má því segja að Ísland hafi hlutfallslega yfirburði yfir Bretum í framleiðslu á raforku vegna þess að Ísland er ríkara land af auðlindum sem henta vel til framleiðslu á umhverfisvænni raforku.

## 4.2 Mögulegur ábati af sæstreng

Þegar menn greina ábata viðskipta er oft litið til hugtaka sem nefnd eru neytenda- og framleiðendaábat, sem gera grein fyrir ávinningi aðila af viðskiptum. Hugtökin neytenda- og framleiðendaábat lýsir því hvernig ábati myndast við markaðsjafnvægi.

Neytandi sem staddur er í verslun og íhugar kaup á ákveðinni vöru, er ekki ólíklegur til að telja að varan sé of hátt verðlögð. Á sama tíma gæti framleiðandi vörunnar talið vöruna ekki nógu hátt verðlagða. Þetta ætti ekki að koma á óvart, þar sem megin reglan er sú að neytendur vilja alltaf borga minna en þeir gera og framleiðendur vilja alltaf fá meira borgað en þeir fá. Þá vaknar spurningin um hvort það sé til eitt samfélagslega rétt verð.

Jafnvægispunktur framboðs og eftirspurnar á markaði, hámarkar heildarhagnað neytenda og framleiðenda. Á mynd 5.1 hér að neðan má sjá framboðs- og eftirspurnarferla þar sem ásarnir tákna magn og verð. Eftirspurnarferill er

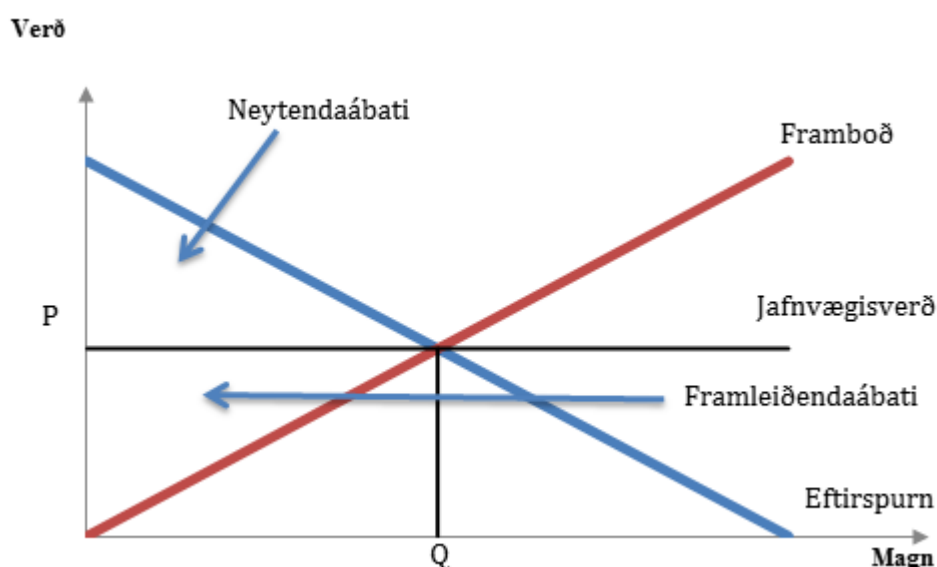
niðurhallandi og tákna vilja neytenda, þar sem vilji neytenda til kaupa fer minnkandi eftir því sem verðið fer hækkandi. Öfugt við eftirspurnarferla er framboðsferillinn upphallandi þar sem að vilji framleiðenda til að framleiða vörur sínar fer vaxandi eftir því sem verðið er hærra. Jafnvægisverð og jafnvægis magn myndast svo þar sem þessi tveir ferlar skerast eða í punkti  $P$  og  $Q$  á myndinni og því er magn  $Q$  framleitt á verði  $P$  í þessu tilfalli.

Neytendaáhati (**e. consumer surplus**) er sú fjárhæð sem neytendur eru tilbúnir til að greiða fyrir vöru eða þjónustu umfram jafnvægisverðverð vörunnar eða þjónustunnar. Við metum neytendaáhata út frá mismuninum á greiðsluvilja eða því hámarksverði sem neytandi er tilbúinn að greiða fyrir vöruna eða þjónustuna og markaðsverði eða því jafnvægisverði sem ríkir á markaðnum. Neytendaáhati er nátengdur eftirspurnarfallinu í þeim skilningi, að það er þetta hugtak sem ákveður hvar neytendur raðast á eftirspurnarfallið og þannig getum við notað eftirspurnarfallið til að mæla neytendaáhata. Ef verð á vöru eða þjónustu lækkar eykst neytendaáhati. Verðlækkun ætti að leiða af sér fjölgun kaupenda, þar sem verðið liggur nú innan marka greiðsluvilja fleiri neytenda.

Hvað mælir neytendaáhati? Markmiðið með hugtakinu áhati er að mynda staðlað viðmið á ágæti markaðsútkomu. Þar sem neytendaáhati sýnir okkur hag neytenda á viðskiptum, eins og neytandinn sjálfur upplifir hann, er hægt að segja að neytendaáhati sé góður mælikvarði á efnahagslegari velferð út frá sjónarhorni neytenda. Ef við göngum út frá því að neytendur séu skynsamir er þetta góð leið til að mæla efnahagslega velferð.

Framleiðendaáhati (**e. producer surplus**) er markaðsverð vöru eða þjónustu að frádreginni lágmarks fjárhæð sem framleiðendur myndu setta sig við sem greiðslu fyrir vöruna eða þjónustuna. Framleiðendaáhati er metin út frá mismuninum á markaðsverði eða þeirri upphæð sem framleiðandinn fær greitt og kostnaði eða virði alls þess sem framleiðandinn þarf að fórna til að framleiða vöruna eða þjónustuna. Með öðrum orðum er framleiðendaáhati verð vörunnar eða þjónustunnar að frádregnum fórnarkostnaði sem fylgir því að selja vöruna eða þjónustuna. Rétt eins og neytendaáhati að þá er framleiðendaáhati mjög tengdur framboðsfallinu. Á sama hátt og verðlækkun olli aukningu á neytendaáhata, þá veldur verðhækkun aukningu á framleiðendaáhata.

Með því að nota hugtökin neytenda- og framleiðandaábati leitumst við eftir því að svara grundvallarspurningunni um hvort úthlutun auðs af markaðnum sé æskileg. Með því að leggja saman neytendaábata og framleiðendaábata fáum við út heildarábata (Mankiw og Taylor, 2011).



Mynd 4.1 Ábati neytenda og framleiðenda

Þessa hagfræðikenningu er hægt að yfirfæra á flutning raforku með þeim hætti að kanna áhrif viðskipta á ábata framleiðenda og neytenda. Svo að samtenging markaða sé möguleg þarf flutningskerfið að hafa nægjanlega mikla flutningsgetu, bæði sæstrengurinn sjálfur og flutningskerfið sem skilar raforkunni inn í sæstrenginn, sem þannig brýtur upp hina hefðbundnu uppbyggingu raforkukerfisins. Ávinningur af samtenginu raforkukerfa mun skila sér í sparnaði á einu eða fleiri af eftirfarandi atriðum:

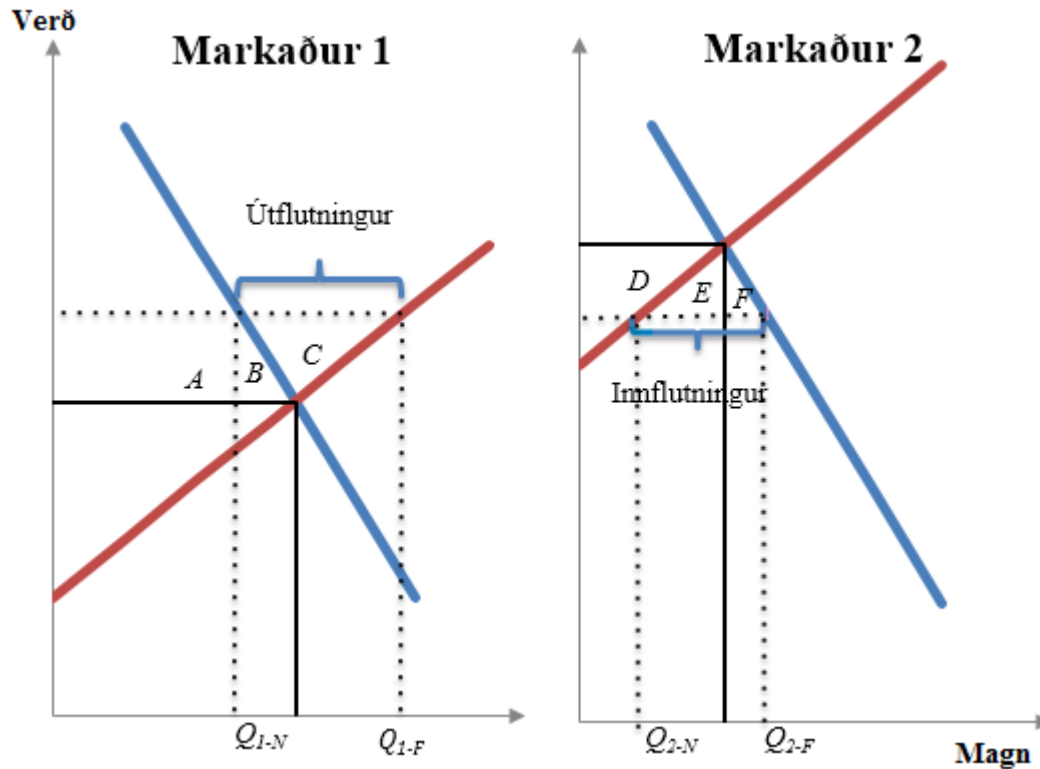
- Frestun nýrra verkefna í raforkuvinnslu
- Minni þörf fyrir varaafli
- Lækkun eldsneytis og annars breytilegs rekstrarkostnaðar með notkunn hagkvæmari framleiðsluaðferðum á raforku og þannig verður til ávinningur fyrir þá aðila sem búa yfir hagkvæmustu framleiðsluaðferðunum.
- Minni kostnaður við reiðuafli.

Svo lengi sem flutningsgeta sæstrengsins verður nægjanlega mikil til þess að hafa áhrif á raforkuverð í öðruhvoru landinu munu verða breytingar á neytenda- og framleiðendaábötunum (Turvey, 2006).

Nokkrir þættir hafa áhrif á það hversu mikill ábatinn verður í viðskiptum milli landa. Þar má nefna framboð og eftirspurn, ef land hefur teygjanlegt framboðs og eftirspurnarfall verður ábatinn af viðskiptunum meir en ef framboðs og eftirspurnarföllin eru ótegin. Framboð framleiðsluþátta, alþjóðaviðskipti byggjast á sérhæfingu og sérhæfing landa er háð framboði framleiðsluþátta. Ásamt góðri nýtingu á auðlindum og framleiðsluþáttum. Það er þó megin skilyrði fyrir því að ábati myndist við samtengingu raforkukerfa að raforkuverð sé mismunandi í löndunum áður en af samtengunni verður.

Það munu verða breytingar á neytenda- og framleiðendaábötum ef að flutningsgeta sæstrengsins er nægjanlega mikil til þess að hafa áhrif á raforkuverð í öðruhvoru landinu. Þetta kemur til viðbótar við þann ávinning sem hlýst af minnkaðri notkun eldsneytis og lækkun annars rekstrarkostnaðar (Turvey, 2006). Á mynd 5.2 má sjá áhrif samtengingar tveggja raforkukerfa þar sem áður voru mismunandi raforkuverð. Gert er ráð fyrir ótakmarkaðri flutningsgetu og eins og sjá má kemst á sama verð á mörkuðunum tveim. Samskonar niðurhallandi eftirspurnarfall er á báðum mörkuðum. Framleiðslukostnaður er hærri á markaði tvö og því eru framboðsföllin ekki eins á mörkuðunum. Þegar samtengingu milli markaðanna hefur verið komið á myndast sameiginlegt raforkuverð en það er herra en raforkuverð á markaði eitt og lægra en á markaði tvö fyrir samtenginguna. Á markaði eitt verður framleidd raforka þar til ekki er hagkvæmt að framleiða meira eða í punkti  $Q_{1-F}$  sem er meira heldur en áður var framleitt. Neytendur markaðarins munu hinsvegar aðeins nýta sér raforku að punktinum  $Q_{1-N}$  sem er minna magn en áður. Útflutningur á raforku mun því verða mismunurinn á  $Q_{1-F}$  og  $Q_{1-N}$ . Á markaði tvö mun framleiðsla raforku dragast saman en á sama tíma munu neytendur nýta meira magn raforku. Innflutningur á raforku mun verða jafn útflutningi af markaði eitt en hann mun því verða mismunurinn á  $Q_{2-N}$  og  $Q_{2-F}$ .





Mynd 4.2 Breyting á neytenda- og framleiðendaábata við samtengingu markaða

Framleiðendaábatinn mun aukast um  $A+B+C$  á markaði eitt sem flytur út raforku en minnkar um  $D$  á markaði tvö sem flytur inn raforku. Neytendaábatinn minnkar um  $A+B$  á markaði eitt og eykst um  $D+E+F$  á markaði tvö. Þar afleiðandi eykst heildarábatinn á markaði eitt um  $C$  en um  $E+F$  á markaði tvö, og samanlagt um  $C+E+F$  á mörkuðunum báðum (Turvey, 2006).

Aðstæður hér á landi til raforkuframleiðslu eru ekki ósvipaðar þeim aðstæðum sem ríkja á markaði eitt á mynd tvö hér að ofan. Þar sem að Ísland hefur hlutfallslega yfirburði yfir Bretland í framleiðslu raforku og raforkuverð er lægra hér á landi myndi Ísland aðallega selja raforku frá landinu og Bretar flytja inn raforku. Við það er líklegt að raforkuverð á Íslandi geti hækkað eitthvað en það er þó ekki líklegt að raforkuverð í löndunum verði það sama eins og sýnt er á mynd 5.2, þar sem að sæstrengurinn myndi hafa takmarkaða flutningsgetu auk þess sem einhver flutningskostnaður og annar óþægindakostnaður mun alltaf leggjast á verðið sem kaupendurnir munu þurfa að greiða. Það má því vera að lagning sæstrengs frá Íslandi til Bretlands líti ekki mjög álitlega út fyrir íslenska neytendur þar sem

rafmagnsreikningur heimilana mun hækka við samtenginguna. Þó svo að ábati neytenda muni minnka mun ábati framleiðenda aukast meira en sem nemur minnkun á ábata neytenda og þar af leiðandi verður heildarábatinn af tengingu jákvæður. Þar sem að Landsvirkjun sem er lang- stærsti raforkuframleiðandi Íslands og er 100% í eigu íslenska ríkisins ætti að vera hægt að finna leiðir til þess að bæta íslenskum neytendum verðhækkanirnar upp til dæmis með niðurgreiðslum á rafmagni eða skattalækkunum. Neytendur þyrftu þó að fá einhverskonar tryggingu fyrir slíkum aðgerðum, þannig að þeir geti treyst því að þær séu ekki bara innantóm loforð stjórnámálanna.

### 4.3 Heckcher & Ohlin kenningin (Theory of Relative Factor

#### Proportions)

Áður var fjallað um það hvernig ólíkur fórnarkostnaður býr til grundvöll fyrir viðskipti. Nú er það hins vegar svo að í hinum tæknivæddu löndum Vesturlanda er framleiðslutækni mjög svipuð. Á þeim grundvelli verður fórnarkostnaðurinn eins og því lítil tækifæri á ábata af viðskiptum. Til er kenning sem sem fjallar um það hvernig ólíkar aðstæður í úthlutun framleiðsluþátta og auðlinda býr til viðskiptatækifæri og ábata af viðskiptum, það er kenning Heckcher & Ohlin.

Bertil Ohlin var sænskur hagfræðingur sem hlaut Nobelsverðlaun í hagfræði árið 1977 fyrir rannsóknir sínar í alþjóðaviðskiptum og alþjóðlegum fjármagnshreyfingum. Ohlin þróaði kenningu í alþjóðaviðskiptum sem kölluð er lögmál Heckscher-Ohlin, ásamt læriföður sínum Eli Hecksher. Lögmálið sem samtvinnar lögmál David Ricardo um hlutfallslega yfirburði, segir að lönd muni flytja út vörur sem þau geta framleitt á hagkvæman hátt en flytja inn vörur sem er óhagkvæmara að framleiða. Þeir framleiðsluþættir sem land hefur hlutfallslega yfirburði í mun stjórna því hvað landið flytur inn og hvað það flytur út. Heckscher-Ohlin kenningin segir að lönd munu sérhæfa sig í iðnaði þar sem þeir geta nýtt auðlindir sínar með mestri hagkvæmni. Samkvæmt kenningunni ættu lönd sem hafa mikið af vinnuafli en lítið fjármagn að flytja út vinnuafsfrekar vörur eins og klæðnað en flytja inn fjármagnsfrekar vörur eins og vélbúnað.

Lögmál Hecksher-Ohlin hefur haft mikil áhrif og mótað kenningar í alþjóðaviðskiptum. Mörg dæmi sýna fram á það að lögmálið stenst vel í raunveruleikanum. Til að mynda er ekki óalgengt að fjölmenn og þéttbýl lönd framleiði vinnuafsfrekar vörur eins og vefnaðarvörur á meðan önnur lönd sem eru ríka af öðrum auðlindum notfæra sér þær, til dæmis hafa norðmenn bæði fallvötn, sem þeir nýta í raforkuframleiðslu, og olíulindir.

Annað lögmál sem fellur út úr greiningu þeirra Ohlin og Heckscher er lögmálið um jöfnun framleiðsluþáttaverðs fyrir tilstilli utanríkisviðskipta. Samkvæmt lögmálinu leiða opin viðskipti milli landa til þess að land sem ríkt er af vinnuafli og selur vinnuafsfrekar vörur ættu laun sjálfkrafa að hækka og verða jöfn launum í viðskiptalöndunum.

Jöfnun framleiðsluþáttaverðs er kenning sem Paul A. Samuelson setti fram árið 1948, þar sem segir að verð á sömu framleiðsluþáttum, svo sem launahlutfall, eða arðsemi fjármagns, verður jafnaði milli landa vegna alþjóðlegra viðskipti með vörur.

Kenningin gerir ráð fyrir að það séu tvær vörur og tveir framleiðsluþættir, til dæmis fjármagn og vinnuafli. Aðrar lykilforsendur kenningarinnar eru að hvert land búi við sama vöruverð, vegna frjálstra viðskipta með vörur, noti sömu tækni við framleiðslu, og framleiði báðar afurðirnar. Þessar forsendur leiða það af sér að verð framleiðsluþátta muni jafnast milli landa án þess að hreyfanleiki framleiðsluþátta sé þörf, svo sem flæði vinnuafli og fjármagns milli landa (Ásgeir Jónsson, 2013).

Einföld skýring á lögmálinu er að þegar verð á framleiðsluvöru verður jafnt í löndum fyrir tilstilli frjálstra viðskipta, þá mun verðið á aðföngum eins og vinnuafli og fjármagni einnig verða jafnt í löndunum (Samuelson, 1948).

Þó svo að þetta lögmál liggi ekki jafn beint fyrir og fyrra lögmálið og margir fleiri þættir hafi áhrif á efnahagslega framgöngu þjóða, eins og viðskiptaumhverfi, erlend fjárfesting og margt fleira, eru til mörg dæmi um lönd sem náð hafa miklum efnahagsbata fyrir tilstilli opinna viðskipta milli landa. Skýrustu dæmin um þetta eru margar Asíuþjóðir eins og Hong Kong og Taiwan, en áður var helsta auðlind þeirra ódýrt vinnuafli. Í dag er þó tíðin önnur og njóta þessar þjóðir nú sambærilegra lífskjara og vestrænar þjóðir. Þessi þróun getur þó tekið langan tíma og margir þættir sem spila inni en þessi dæmi sína þó að kenningin á stoð í raunveruleikanum.

Ísland framleiðir mest af raforku í heiminum ef miðað er við höfðatölu. Því mætti segja að Ísland væri mjög ríkt af fallvötnum og jarðvarma og ætti því samkvæmt kenningum Heckscher og Ohlin að einbeita sér að framleiðslu raforku og stunda viðskipti við önnur lönd. Þar sem að raforkukerfi Íslands er ekki tengt raforkukerfum annara landa er ekki hægt að selja raforkuna beint úr landi. Til þess að selja raforkuna úr landi þarf því að fara aðrar leiðir og er stóriðja eins og álver mjög álitlegur kostur. Álframleiðsla krefst mikillar raforkunotkunar en á sama tíma heldur lítils magns af vinnuafli og því má segja að álframleiðsla passi vel við þá framleiðsluþætti sem Ísland hefur uppá að bjóða. Ísland er ríkt af raforku en um leið er Ísland fámennit land og hefur því ekki mikið vinnuafli fram að færa. Álframleiðsla krefst einnig mikilla fjármuna sem eru að mestu fluttir inn frá alþjóðlegum fjármagnsmörkuðum. Áliðnaðurinn á Íslandi er því skýrt dæmi um virkni Heckscher-Ohlin lögmálsins þar sem sala á áli til annara landa er sambærilegt við það að flytja raforkuna beint út.

Samkvæmt kenningum þeirra Heckscher og Ohlin ætti raforku verð hér á landi að verða það sama og það verð sem Bretar búa við með tíð og tíma. Það er þó líklegt að það muni alltaf verða einhver munur á verði milli landa þar sem að flutningskostnaður, kostnaður vegna orkutaps við flutninginn og annar óþægindakostnaður mun alltaf leggjast ofan á verðið sem kaupandi raforkunnar mun búa við (Ásgeir Jónsson, 2013).

#### **4.4 Kostnaðar-ábatagreining (Cost-benefit analysis)**

Hér að framan hefur verið fjallað um það hvernig ábati neytenda og framleiðenda verður fyrir áhrifum við utanríkisviðskipti. En í raunveruleikanum er það að öllum líkindum svo að myndin er ekki jafn einföld og greint hefur verið frá að framan. Það eru margir aðilar sem verða fyrir ábata og aðrir aðilar sem verða fyrir kostnaði. Við stefnumörkun sem er jafn stór og hér er fjallað um, þarf að fara í umfangsmikla greiningu þar sem skoðaður er kostnaður og ábati allra aðila er verða fyrir áhrifum af verkefninu. Í því samhengi má benda á að til er aðferðarfræði sem hentar vel til slíkrar greiningar og kallast kostnaðar-ábatagreining.

Eins og fram hefur komið hefur mikilvægi ferðaþjónustunnar vaxið mikið á undanförunum árum og er það að miklu leyti náttúru landsins að þakka. Líklegt er að

ef af lagningu sæstrengs verður þarf að auka raforkuframleiðslu hér á landi og nýta til þess náttúruauðlindir. Það má því segja að hagsmunir beggja atvinnuvega stangist á að einhverju leyti. Við slíkar aðstæður er mikilvægt að veða og meta hvernig best er að nýta auðlindir landsins þannig að heildarábatinn sé hámarkaður.

Kostnaðar-ábatagreining er kerfisbundin aðferð sem notuð er til þess að bera saman kosti og galla verkefna, ákvarðana eða stefnu. Markmiðið með kostnaðar-ábatagreiningu er annarsvegar að ákvarða hvort það sé hagkvæm fjárfesting eða ákvörðun að fara út í verkefni og hinsvegar að veita grundvöll til að hægt sé að bera saman verkefni. Það felur í sér að bera saman væntan heildarkostnað við hvorn valkost gegn væntum heildar ávinningi, til að átta sig á því hvort að ávinningur vegi þyngra en kostnaður, og hversu mikið.

Ríkisstjórnir og aðrar stofnanir nýta sér oft kostnaðar-ábatagreiningu til þess að leggja mat á það hvort æskilegt sé að fara út í tiltekið verkefni. Þá er lagt mat á væntan ábata og væntan kostnað, auk allra valmöguleika og óbreytts ástands. Kostnaðar-ábatagreining hjálpar til við að spá fyrir um það hvort ábati verkefnis vegi þyngra en kostnaður sem hlýst af því, og hve miklu munar samanborið við aðra valkosti. Almennt séð skilgreinir kostnaðar-ábatagreining valkosti sem auka velferð út frá heildarábata. Það er þó mjög erfitt að framkvæma fullkomna úttekt á öllum nútíðar og framtíðar ábata og kostnaði sem fylgt getur verkefni. Því getur kostnaðar-ábatagreining aðeins lagt fram vel upplýst mat á það hvaða valkostur er bestur (Mankiw og Taylor, 2011).

Með því að framkvæma kostnaðar-ábatagreiningu er reynt að mæla jákvæðar og neikvæðar afleiðingar verkefnisins. Það getur falið í sér áhrif á notendur og þátttakendur og þá sem eru hvorki notendur né þátttakendur, ytri áhrif, gildi valkosta og annar samfélagslegur ábati. Svipaðri greiningu er beitt þegar umhverfið er skoðað út frá efnahgslegu gildi. Bæði kostnaður og ávinningur geta verið mjög ólíkir, til dæmis peningalegur ávinningur fyrir lakara útsýni. Fjárhagskostnaður er mest notaður í kostnaðar-ábatagreiningum vegna þess að oft eru tiltölulega aðgengilegar upplýsingar um hann fyrir hendi. Nettó ávinningur verkefnis getur falið í sér lækkun kostnaðar eða vilja hagsmunaaðila til að taka á sig aukin kostnað í skiptum fyrir aukna velferð sem hlýst af verkefninu eða taka við bótum fyrir að umbera ókosti sem af verkefninu geta hlotist. Það sem þarf að hafa í huga þegar lagt er mat á ávinning er

að skrá alla hagsmunaaðila sem verða fyrir áhrifum af íhlutun og bæta upp, jákvæð og neikvæð áhrif, oft peningaleg, sem talin eru til velferðar þeirra. Algengt ágreiningsefni er, hvernig meta á áhrif framkvæmda á náttúruna og umhverfið gagnvart fjárhagslegum ávinningi (Campbell, 2003).

## 5 Rafstrengur sem viðskiptahugmynd

Hugmyndin að lagningu sæstrengs til Bretlands og tengja þannig raforkukerfi Íslands við raforkukerfi Evrópu, er ekki ný af nálinni en hún kom upphaflega fram fyrir meira en 60 árum síðan. Reglulega hefur hagkvæmni slíkrar tengingar verið könnuð á undanförunum árum og áratugum. Þrátt fyrir að vera talin tæknilega framkvæmanleg hafa niðurstöðurnar verið á þá leið að það hefur ekki verið talið hagkvæmt. Nýlegar athuganir hafa þó sýnt aðrar niðurstöður og virðast benda til þess að verkefnið kunni að vera hagkvæmt. Megin ástæður þess eru breyttar markaðsforsendur og aukin áhersla á endurnýjanlega orkugjafa í Evrópu. Strengurinn yrði lengsti neðansjávar strengur sem lagður hefur verið og yrði um eða yfir 1000 km. langur.

Verð á raforku í Bretlandi er mun hærra en hér á landi. Þess vegna gætu raforkuframleiðendur hagnast verulega á samtengingu raforkukerfa landanna. Með slíkri tengingu væri unnt að fullnýta afl vatnsaflsvirkjananna hér þegar raforkuverðið í Bretlandi er hátt til að mynda á háanna tímum á daginn og kvöldin. Að sama skapi væri unnt að flytja inn raforku þegar raforkuverð þar er lágt, til að mynda að næturlagi og safna vatni í miðlunarlónin ef þess er kostur.

Ein ástæða þess að menn hafa svo mikinn áhuga á því að skoða þann möguleika að leggja sæstreng milli Íslands og Bretlands er sú að með því að tengjast raforkukerfi Bretlands væri hægt að nýta þá umframorku sem verður til í raforkukerfi Íslendinga. Þessi umfram orka verður til vegna þess að þegar uppistöðulón virkjananna eru byggð þarf alltaf að gera ráð fyrir að árferðið verði ekki hentugt fyrir virkjunina og því eru uppistöðulónin gerð stærri til þess að virkjunin geti haldið áfram raforkuframleiðslu þó svo að árferðið sé óhagstætt. Þess vegna er þessi umframorka ekki nýtt nema í undantekningar tilvikum en ráðgjafa fyrirtækið McKinsey taldi hana vera um 15% í raforkukerfinu (McKinsey og Company, e.d.).

Óvissan er þó alltaf mikil um það hversu mikil umframorkan verður og þá sérstaklega í vatnsaflsvirkjunum þar sem treysta þarf á hagstæð veðurskilyrði og fleiri óviðráðanlega þætti til þess að uppistöðulónin fyllist.

Alla jafna leiða samtengingar raforkumarkaða til aukinnar hagkvæmni í vinnslu og dreifingu orku. Megin ástæður þess eru að tengingar geta leitt til frestunar á

fjárfestingu í vinnslu, minni þörf er fyrir varaafli, betri nýting raforku og minni kostnaðar við stjórnun kerfisins.

Margir hagrænir þættir hafa áhrif á þau þjóðhagslegu áhrif sem lagning sæstrengs frá Íslandi myndi hafa. Fjárfesting í sæstreng frá Íslandi er stór á íslenskan mælikvarða þó svo að erlendir fjárfestar muni standa undir stórum hluta hennar. Þó svo að stór hluti fjárfestingarinnar muni falla til erlendis frá eru miklar fjárfestingar sem leggjast þyrfti í hérlendis og má þar nefna fjárfestingar í virkjunum, umbreytistöðvum og í flutningskerfinu.

Þau áhrif sem sæstrengur mun hafa eru annars vegar tímabundin og hins vegar varanleg. Tímabundnu áhrifin geta komið fram á framleiðslu og vinnumarkaði, þar sem framkvæmdunum mun fylgja aukin eftirspurn eftir vinnuafli, auk þess sem byggðaáhrif geta komið fram. Hin varanlegu áhrif geta komið fram í aukinni framleiðslu, betri nýtingu náttúruauðlinda, kostnaði vegna náttúruauðlinda, kostnaði vegna ábyrgða hins opinbera og aukins afhendingaröryggis orku (Jónas Hlynur Hallgrímsson, Marías H. Gestsson, og Gunnar Haraldsson, 2013).

Eins og fram hefur komið nýtir stóriðjan stóran hluta þeirrar raforku sem framleidd er hér á landi og er álframleiðslan þar langveigamest. Ekki er laust við það að heimili landsins hafa notið góðs af stóriðjunni að því leyti að raforkusala til stóriðjunnar hefur gert mönnum kleift að nýta stærri og hagkvæmari virkjunarkosti, sem skilar sér til heimila í lægra raforkuverði. Auk þess sem stóriðjan hefur leitt til uppbyggingar stærra og öruggara dreifikerfis. Það er þó áhættusamt að binda svo stóran hluta raforkusölnunnar við eina atvinnugrein og fá fyrirtæki innan hennar. Þar að auki hefur það tíðkast í samningum við álver að raforkuverð sé tengt við þróun heimsmarkaðsverðs á áli. Tenging við álverð gerir það að verkum að raforkuframleiðandinn tekur á sig hluta af rekstraráhættu álframleiðanda með því að taka á sig hagnað eða tap af verðþróun í sveiflukennendum málmiðnaði.

Álver eru mjög stöðugir orkunotendur að magninu til en tekjur af þeirri orku sem seld er til þeirra eru heldur óstöðugar. Orkuframleiðendur geta þó keypt áhættuvarnir til þess að verja sig fyrir þessari áhættu að einhverju leyti en því fylgir alltaf einhver kostnaður (Ásgeir Jónsson, 2013). Sala á raforku í gegnum sæstreng myndi draga úr rekstraráhættu fyrir orkuframleiðendur þar sem að það myndi draga úr vægi



áliðnaðarins í heildar orku sölu þeirra. Það virðist því vera að lagning sæstrengs muni bæði auka ábata og draga úr áhættu orkuframleiðenda hér á landi.

Ávinningur neytenda og framleiðenda er ólíkur með tilkomu sæstrengs. Til að mynda dregst ábati neytenda saman ef raforkuverð hækkar en að sama skapi eykst ábati framleiðenda. Heildarábati af lagningu sæstrengs yrði þó jákvæður og því væri mögulegt að bregðast við samdrætti í neytendaábata með til dæmis skattaívilnunum, niðurgreiðslu á raforkuverði til neytenda eða með öðrum hætti.

Eins og fram hefur komið er líklegt að lagning sæstrengs muni hafa áhrif á raforkuverð til íslenskra heimila. Ef til vill hafa ekki margir rýnt í rafmagnsreikninginn sinn til þess að skoða hvernig hann greinist niður. Honum má skipta niður í þrjá þætti sem eru framleiðsla, flutningur og dreifing og svo skatta. Samtenging raforkumarkaða með sæstreng myndi aðeins hafa áhrif til hækkunar í framleiðsluþætti reikningsins og eins og sjá má á eftirfrandi dæmi sem sett var fram í skýrslu Gam Management hf þar sem fjallað er um hag heimila af lagningu sæstrengs, yrðu þau áhrif hugsanlega ekki veruleg. Íslensk heimili nota að meðaltali um 7.000 kWst af raforku á ári og greiða fyrir það um 7.000 kr. á mánuði ef miðað er við árið 2011. Um þriðjungur reikningsins eða um 2.500 kr. renna til raforkuvinnsluaðila, um helmingur reikningsins eða um 3.600 kr. renna til Landsnets annarsvegar, sem sér um langlínuflutninga raforkunnar, og hinsvegar dreifiveitu fyrir flutning raforkunnar eftir lægra spennnum línum til jaðarsvæða. Skattar til ríkisins eru svo 17% af heildarreikningnum eða um 1.200 kr.. Ef gert er ráð fyrir að bæði flutningskostnaður og dreifikostnaður sé fastur og að meðal skatthlutfall sé fast myndi 10% hækkun á heildsöluverði raforku aðeins hækka meðalrafmagnsreikning heimila um 4,6% eða 340 kr. á mánuði að meðaltali og þar af færu um 60 kr. í skatta.

Raforkunotkun íslenskra heimila er þó mjög breytileg eftir búsetu og aðgengi að heitu vatni til húshitunar og því getur verið varasamt að horfa aðeins á meðaltöl. Þau hús sem ekki hafa heitt vatn til húshitunar hita hús sín með raforku og því er raforkunotkun þeirra heimila langtum meiri en þeirra sem nýta heitt vatn til húshitunar, en raforkunotkun þeirra heimila sem notast við rafhitun er um 34.000 kWst. á ári eða um 7 sinnum meiri en hjá þeim heimilum sem notast við hitaveitu og nota um 4.900 kWst á ári (Ásgeir Jónsson, 2013).

Hversu háar eða lágar sem hækkar á raforkureikningum heimila verða er ljóst að það verður að bæta þeim þær upp. Eins og sýnt er á mynd 5.2 hér að framan minnkar ábati neytenda um  $A$  og  $B$  þó svo að heildarábati aukist um  $C$ . Til þess að tryggja það að almennir íslenskir neytendur beri ekki skertan hlut frá borði þarf að tryggja það að þeim verði bættur upp sá ábati sem tapast við samtenginguna eða sem nemur  $A$  og  $B$  á mynd 5.2. Auk þess sem hugsanlega stór partur af  $C$  ætti einnig að renna til almennra neytenda. Hægt er að fara ýmsar leiðir að því að bæta neytendum upp tapaðan ábata (verðhækkun sem varð við samtengingu markaða). Til að mynda er mögulegt að gera það í gegnum skattkerfið með skattalækkunum til íslenskra heimila. Einnig er mögulegt að niðurgreiða raforkuna, og jafnvel væri hægt að hreinlega gefa íslenskum heimilum raforkuna þar sem að þau nýttu aðeins 5% raforkunnar hér á landi árið 2012 (Orkustofnun, e.d.). Það hlutfall myndi minnka enn frekar með tilkomu sæstrengs.

## 5.1 Eignarhald og framkvæmanleiki strengs

Almennt eru raforkuflutningar innan Evrópu í höndum sérstakra fyrirtækja sem í flestum tilvikum eru í eigu ríkisins. Hér á landi er þetta hlutverk í höndum Landsnets hf. eins og fram hefur komið. Landsnet hf. er ekki í beinni eigu ríkisins, en eigendurnir er þó allt orkufyrirtæki í opinberri eigu. Þau eru Landsvirkjun (64,73%), RARIK (22,51%), Orkuveita Reykjavíkur (6,78%) og Orkubú Vestfjarða (5,98%) (Landsnet, e.d.).

Ef svipuð leið yrði farin með eignarhald á streng milli Íslands og Bretlands og farin hefur verið með strengi milli Noregs annar svegar og Hollands og Danmerkur hins vegar yrði Landsnet hf. hluthafi í strengnum. Þannig eru til að mynda raforkuflutningsfyrirtækin Statnett sem er norskt og Tenne T sem er Hollenskt sameigendur af raforkusæstrengnum NorNed sem liggur á milli Noregs og Hollands. NorNed er í dag lengsti raforkusæstrengur sem lagður hefur verið, en hann er um 580 km. langur. Sæstrengur á milli Íslands og Bretlands yrði þó töluvert lengri en hann yrðu líklega 1000 km. eða lengri.

Kostnaðurinn við að leggja slíkan sæstreng yrði gríðarlega mikill. Auk þess sem kostnaður vegna uppbyggingar á flutningskerfinu til að flytja raforku að strengnum bætist þar við. Ásamt kostnaði við byggingu nýrra virkjana og framkvæmda til að

auka framleiðslugetu núverandi virkjana. Rekstur strengsins yrði einnig talsvert áhættusamur til að mynda vegna mögulegra bilana sem eru bæði tímafrekari í viðgerð en orkuflutningsleiðir á landi og þar að auki mun dýrari bæði í viðgerðinni sjálfri og tapaðri orkusölu. Því verður að teljast ólíklegt að Landsnet hf, Landsvirkjun eða önnur íslensk fyrirtæki yrðu eigendur að strengnum. Fjármögnunin gæti reynst þeim erfið og reksturinn of áhættusamur. Raunhæfari kostur gæti verið að stórt erlent fyrirtæki ætti strenginn. Það gæti til að mynda verið raforkuflutningsfyrirtækið í Bretlandi, National Grid eða öflugir fjárfestingasjóðir.

## 5.2 Útflutningur raforku

Í dag flytja Íslendingar út raforku í formi afurða álvera. Hægt væri að halda áfram á þeirri braut í stað þess að flytja út raforku um streng. Ljóst er að bæði kostir og gallar fylgja hvorum möguleika fyrir sig. Það er líklegt að lagning sæstrengs kalli á eitthvað minni virkjanaframkvæmdir heldur en uppbygging stóriðju hér á landi sökum þess að með sæstrenginum er mögulegt að nýta umframorkuna í kerfinu, en sá möguleiki er ekki fyrir hendi ef raforkukerfið tengist ekki erlendum raforkumarkaði. Sæstrengur myndi því kalla á eitthvað minni fjárfestingu en stóriðjan vegna minni virkjanaframkvæmda. Einnig má gera ráð fyrir því að nettó tekjur af sölu raforku um sæstrenginn verði töluvert meiri en tekjur af sölu til stóriðju. Svo dæmi sé tekið var meðalraforkuverð á Íslandi til stóriðjufyrirtækja (með flutningi) 2.934 kr/MWst árið 2012 (Landsvirkjun, e.d.) á meðan raforkuverð til stórfyrirtækja í Bretlandi sama ár var um 15.600 kr/MWst (100 eur) á gengi þess árs (Eurostat, e.d.). Fleiri störf myndu þó skapast með stóriðju auk þess sem að ýmis önnur atvinnustarfsemi á það til að þrífast vel í kringum stóriðju og því getur hún haft mikil áhrif á atvinnulífið og samfélagið þar sem hún er starfrækt, og þá sérstaklega í smærri byggðarlögum.

Tafla 5.1 Samanburður sæstrengs og stóriðju

	Nýting umframorku	Fjárfesting	Tekjur af raforkusölu	Störf sem skapast	Afleidd atvinnustarfsemi
<b>Sæstrengur</b>	Betri	Minni	Meiri	Færri	Minni
<b>Stóriðja</b>	Verri	Meiri	Minni	Fleiri	Meiri

## 6 Niðurstöður

Ísland er ríkt af fallvötnum, jarðhita og vindum. Þessar auðlindir gera það að verkum að Ísland hefur hlutfallslega yfirburði í raforkuframleiðslu. Allt frá því að fyrst var farið að beisla orku fallvatna til raforkuframleiðslu hér á landi snemma á 20. öld, hafa ýmiskonar deilur fylgt uppbyggingu raforkukerfissins. Framan af voru deilur milli þéttbýlis og dreifbýlis áberandi þar sem tekist var á um hvernig lífsgæðunum væri skipt. Með tilkomu stóriðjunnar fóru deilumál að snúast um þjóðernisleg sjónarmið og efasemdir um ágæti þess að fá erlent fjármagn til landsins. Undir lok aldarinnar voru náttúruverndarjónarmið orðin mjög áberandi og eru það enn þann dag í dag. Stóra spurningin í dag er því hvernig á að nýta auðlindir landsins.

Þar sem að Ísland er eyja og raforkukerfið ekki tengt öðrum raforkukerfum hefur ekki verið mögulegt að selja raforku beint úr landi hingað til. Því hafa verið farnar aðrar leiðir í að nýta auðlindirnar þar sem stóriðja hefur verið drifkraftur uppbyggingar raforkukerfisins, og er þar álframleiðsla lang veigamest. Að undanfögnu hafa aðstæður til áframhaldandi uppbyggingar í áliðnaði ekki verið eins og best væri á kosið. Heimsmarkaðsverð á áli hefur ekki verið lægra síðan um mitt ár 2009 og hafa fyrirhuguð verkefni hér á landi verið sett á ís.

Þessar aðstæður í áliðnaði ásamt fleiru hafa orðið til þess að aukin áhugi hefur skapast á því að tengja raforkukerfi landsins við raforkukerfi annara landa með lagningu sæstrengs. Breyttar aðstæður á raforkumarkaði í Evrópu og markmið sem Evrópusambandið hefur sett sér í losun koltvísýrings hafa gert það að verkum að sæstrengur til evrópu er nú orðið álittegra verkefni en það hefur áður verið talið.

Mikil hagnaðarvon er fólgin í lagningu sæstrengs fyrir bæði raforkuframleiðendur og íslenska hagkerfið. Raforkuverð í Evrópu er töluvert mikið hærra en raforkuverð hér á landi. Því væri mögulegt að fá hærra verð fyrir raforkuna ef hún yrði seld í gegnum sæstreng en raforkuframleiðendur fá fyrir hana á Íslandi í dag. Lagningu sæstrengs myndi einnig fylgja áhættudreifing fyrir raforkuframleiðendur sem selja í dag langstærstan hluta raforkunar til fárra álfyrirtækja.

Reynsla af rekstri svona sæstrengs er engin hér á landi og verðum við að taka tillit til þess að bilanir á sæstreng geta orðið og eru þær nokkuð kostnaðarsamar. Lagning sæstrengs er gríðarlega umfangsmikið verkefni og því ólíklegt að Ísland geti borið

fjárhagslega áhættu af því eitt og sér. Það er því alger forsenda fyrir verkefninu að erlendir fjárfestar komi að því. Mikill áhugi er í Bretlandi á að tengjast raforkukerfi Íslands og annara landa. Bretar vinna að því að draga úr útblæstri koltvísýrings til að ná markmiðum Evrópusambandsins og hafa aukið raforkuframleiðslu með vindmyllum töluvert. Vindmyllur eru óstöðugur orkugjafi og því þarf að hafa annan orkugjafa til taks þegar að vind lægir og eins þarf að vera hægt að safna orkunni þegar nóg er af vindi. Vatnsaflsvirkjanir á Íslandi gætu leyst þetta vandamál að einhverju leiti.

Raforkuverðið sem að söluaðili raforku um strenginn þarf að fá er í fyrsta lagi það innkaupsverð sem samið verður um við Landsvirkjun og Landsnet. Myndun raforkuverðsins þarf að gera ráð fyrir því að kostnaður hljótist af viðgerðum á strengnum. Einnig þarf að taka tillit til tapa í raforkuflutningi eftir strengnum auk annars rekstrarkostnaðar þegar verðið er skoðað. Þar að auki þarf að afskrifa kostnað við lagningu og framleiðslu strengsins á ákveðnum árafjölda, til dæmis á 40 árum, sem og meta viðeigandi arðsemi strengsins fyrir fjárfesta. Þegar að nauðsynlegar upplýsingar liggja fyrir er hægt að skoða það hversu sterk samningsstaða eigenda sæstrengsins er við hugsanlega raforkukaupendur. Út frá þessum kostnaðarliðum sem hér hafa verið nefndir er fundið út orkuverð sem sýnir samningsstöðu orkuseljenda. Hér hefur ekki verið tekið tillit til atriða sem hafa jákvæð áhrif á það að sæstrengur verði lagður. Má þar nefna hugsanleg raforkukaup ef þess gerðist þörf. Einnig má benda á að með tilkomu strengsins er komin nýr grundvöllur fyrir verðmyndun raforkuverðs innanlands til dæmis í samningum við stóra orkunotendur.

Óvissuþættir eru þó margir, t.d. þróun verðs á raforkumörkuðum Bretlands og Evrópu, óvissa um kostnað við lagningu strengsins og hversu mikið þarf að auka raforkuframleiðslu hér á landi o.s.frv. Það er því þónokkur vinna eftir áður enn hægt er að taka ákvörðun um hvort rétt sé að fara í þessa framkvæmd, þó það virðist vera álitlegt fyrir bæði Íslendinga og Breta.

## Heimildarskrá

Axel Hall, Friðrik Már Baldursson, Gunnar Haraldsson og Kirstín Flygenring. (2008).

*Verðlagning á flutningi raforku á Íslandi*. Reykjavík: Rannsóknarstofnun í fjármálum við Háskólan í Reykjavík og Hagfræðistofnun Háskóla Íslands.

Ásgeir Jónsson. (ritstjóri). (2013). *Sæstrengur og hagur heimila*. Reykjavík: Gam Management hf.

Campbell, H. F. (2003). *Benefit-Cost Analysis: Financial and Economic Appraisal Using Spreadsheets*. Cambridge University Press.

Europa. (e.d.). *European energy policy*. Sótt 2. apríl 2014 af

[http://europa.eu/legislation\\_summaries/energy/european\\_energy\\_policy/index\\_en.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/energy/european_energy_policy/index_en.htm)

European Union. (e.d.). *Tilskipun 2009/28/EC*. Sótt 5. apríl 2014 af [http://eur-](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32009L0028)

[lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32009L0028](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32009L0028)

Eurostat. (e.d.). *Electricity generated from renewable sources*. Sótt 5. apríl 2014 af

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/graph.do?tab=graph&plugin=1&language=en&pcode=tsdcc330&toolbox=type>

Eurostat. (e.d.). *Electricity prices for industrial consumers, from 2007 onwards - bi-annual data*. Sótt 20. apríl 2014 af

<http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>

Guðni Rúnar Gíslason. (2014, 10. febrúar). Álverð heldur áfram að lækka.

*Viðskiptablaðið*. Sótt 15. Apríl 2014 af <http://www.vb.is/frettir/101664/>

Hallgrímsson, J. H., Gestsson, M. H., og Haraldsson, G. (2013). *Þjóðhagsleg áhrif sæstrengs* (No. C 13:0 3). Hagfræðistofnun Háskóla Íslands. Sótt 20. apríl

2014 af [http://hhi.hi.is/sites/hhi.hi.is/files/C-Series/2013/C13\\_03.pdf](http://hhi.hi.is/sites/hhi.hi.is/files/C-Series/2013/C13_03.pdf)

- Hempling, S., Elefant, C., Cory, K., og Porter, K. (2010). *Renewable Energy Prices in State -Level Feed-in Tariffs: Federal Law Constraints and Possible Solutions*. National renewable energy laboratory. Sótt 6. mars 2014 af <http://www.nrel.gov/docs/fy10osti/47408.pdf>
- Index mundi. (e.d.). *Aluminum monthly price – US dollars per metric ton*. Sótt 28. apríl 2014 af <http://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=aluminum&months=300>
- Jón Hlynur Hallgrímsson og Sveinn Agnarsson. (2011). *Fyrirtækjaaðskilnaður á rafmagnsmarkaði*. Reykjavík: Hagfræðistofnun Háskóla Íslands.
- Jón Vilhjálmsson. (2010). *Þróun raforkuverð 2005-2010*. Reykjavík: Efla Verkfræðistofa.
- Kristján Már Unnarsson. (2013, 4. desember). Vilja sæstrenginn fyrir 2020, fjárfestar mjög áhugasamir. *visir*. Sótt 20. apríl 2014 af <http://www.visir.is/vilja-saestrenginn-fyrir-2020,-fjarfestar-mjog-ahugasamir/article/2013131209548>
- Landsnet. (e.d.). Sótt 15. apríl 2014 af <http://www.landsnet.is/landsnet/>
- Landsvirkjun. (e.d.). Sótt 15 apríl 2014 af <http://www.landsvirkjun.is/>
- Landsvirkjun. (e.d.). *Saga*. Sótt 3. mars 2014 af <http://www.landsvirkjun.is/fyrirtaekid/saga>
- Landsvirkjun. (2013) *Landsvirkjun - Ársskýrsla 2013: Orkuvinnsla og viðskiptatækifæri*. Reykjavík: Höfundur.
- Lög um verndar- og orkunýtingaráætlun Nr. 48/2011.
- Mankiw, N. G. og Taylor, M. P. (2011). *Economics*. United States. South-Western.

- McKinsey og Company. (e.d.). *Charting a Growth Path for Iceland*. Sótt 22. mars 2014 af [http://www.mckinsey.com/locations/copenhagen/our\\_work/how\\_we\\_work/~media/images/page\\_images/offices/copenhagen/iceland\\_report\\_2012.ashx](http://www.mckinsey.com/locations/copenhagen/our_work/how_we_work/~media/images/page_images/offices/copenhagen/iceland_report_2012.ashx)
- Netorka. (2013, febrúar). *Fjöldi afhendingarstaða sem skiptir um söluaðila 1.1.2006-1.2.2013*. Sótt 2. apríl 2014 af <http://www.netorka.is/upload/files/1%C3%B6ga%C3%B0ilar%20fram%20til%202013%2002%2001.pdf>.
- Netorka. (2013, febrúar). *Orkumagn (MWh) sem skiptir um söluaðila 1.1.2006-1.2.2013*. Sótt 2. apríl 2014 af <http://www.netorka.is/upload/files/orkumagn%20fram%20til%202013%2002%2001.pdf>
- Oddný Þóra Óladóttir. (2013). *Ferðapjónusta á Íslandi í tölum*. Reykjavík: Ferðamálastofa.
- Orkustofnun. (e.d.). Almenn notkun, stóriðja og töp Sótt 6 maí 2014 af <http://www.os.is/yfirflokkur/raforkutolfraedi/almenn-notkun-storidja-og-tod?CacheRefresh=1>
- Orkustofnun. (e.d.). Raforkuframleiðsla eftir landshlutum Sótt 7 maí 2014 af <http://www.os.is/yfirflokkur/raforkutolfraedi/raforkuframleidsla-efir-landshlutum?CacheRefresh=1>
- Orkustofnun. (e.d.). Raforkunotkun eftir notkunarflokkum Sótt 6 maí 2014 af <http://www.os.is/yfirflokkur/raforkutolfraedi/raforkunotkun-efir-notkunarflokkum>



- Orkustofnun. (e.d.). Raforkunotkun, stóriðja, almenningur og skerðanleg notkun Sótt 7 maí 2014 af <http://www.os.is/yfirflokkur/raforkutolfraedi/raforkunotkun-storidja-almenningur-og-skerdanlega-notkun>
- Orkustofnun. (e.d.). Raforkuvinnsla á hvern íbúa árið 2010 Sótt 7 maí 2014 af <http://www.os.is/yfirflokkur/raforkutolfraedi/raforkuvinnsla-a-hvern-ibua-arid-2010>
- Orkustofnun. (e.d.). Raforkuvinnsla eftir uppruna árið 2012. Sótt 7 maí 2014 af <http://www.os.is/yfirflokkur/raforkutolfraedi/raforkuvinnsla-efrir-uppruna>
- Orkustofnun. (e.d.). Uppsett afl í virkjunum eftir uppruna árið 2012. Sótt 7 maí 2014 af <http://www.os.is/yfirflokkur/raforkutolfraedi/uppsett-afl-i-virkjunum-efrir-uppruna-arid-2012>
- Paulou, J., Lonsdale, J., Jamieson, M., Neuweg, I., Trucco, P., Maio, P., Blom, M., Warringa, G. (2014). *Financing the energy renovation of buildings with Cohesion Policy funding*. European Commission. Sótt 15. mars 2014 af [http://ec.europa.eu/energy/efficiency/studies/doc/2014\\_guidance\\_energy\\_renovation\\_buildings.pdf](http://ec.europa.eu/energy/efficiency/studies/doc/2014_guidance_energy_renovation_buildings.pdf)
- Raforkulög nr.65/2003.
- Rammaáætlun. (e.d.). *Mótun rammaáætlunar á Íslandi*. Sótt 9. mars 2014 af <http://www.rammaaetlun.is/um-rammaaetlun/orkukostir-og-orkunotkun/>
- Samuelson, P. A. (1948). International Trade and the Equalisation of Factor Prices. *The Economic Journal*, 58(230), 163. doi:10.2307/2225933
- Sigrún Pálsdóttir. (ritsjóri). (2005). *Landsvirkjun 1965 – 2005 Fyrirtækið og umhverfi þess*. Reykjavík: Hið íslenska bókmenntafélag.

Stífla sprengd og maurasýra á vélar. (1997, 20. júlí). Morgunblaðið, bls. 21.

Trichakis, P., Parail, V. og Patel, I. (2013). *Impacts of further electricity*

*interconnection on Great Britain* (1.0). Department of energy and climate change (DECC). Sótt 17. mars af

[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/266307/DECC\\_Impacts\\_of\\_further\\_electricity\\_interconnection\\_for\\_GB\\_Redpoint\\_Report\\_Final.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/266307/DECC_Impacts_of_further_electricity_interconnection_for_GB_Redpoint_Report_Final.pdf)

Turvey, R. (2006). Interconnector economics. *Energy Policy*, 34(13), 1457–1472.

doi:10.1016/j.enpol.2004.11.009

World aluminum. (e.d.). *Aluminum production*. Sótt 28. apríl 2014 af

<http://www.world-aluminium.org/statistics/alumina-production/#linegraph>

Þórður Friðjónsson. (2002). Skipulag og samkeppni á íslenska raforkumarkaðnum.

*Fjármálatíðindi*, 49(1), 42-46.

# Viðauki 1

## Uppsett afl 2014

Landsvirkjun			
#	Aflstöðvar	uppsett afl MW	Gangsett
	<i>Vatnsafl</i>	<i>1.892</i>	
1	Fljótsdalsstöð	690	2007
2	Búrfellsstöð	270	1969
3	Hrauneyjafossstöð	210	1981
4	Blöndustöð	150	1991
5	Sigöldustöð	150	1977
6	Sultartangastöð	120	1999
7	Búðarhálsvirkjun	95	2014
8	Vatnfellsstöð	90	2001
9	Írafossstöð	48	1953
10	Steingrímsstöð	26	1959
11	Ljósafossstöð	15	1937
12	Laxárstöð III	14	1973
13	Laxárstöð II	9	1953
14	Laxárstöð I	5	1939
	<i>Jarðgufa</i>	<i>63</i>	
15	Kröflustöð	60	1977
16	Bjarnarflagsstöð	3	1969
	<b>Samtals</b>	<b>1.955</b>	

Orkuveita Reykjavíkur			
#	Aflstöðvar	uppsett afl MW	Gangsett
	<i>Vatnsafl</i>	<i>11,2</i>	
1	Andakilsárvirkjun	8	1947
2	Elliðaárstöð	3,2	1921
	<i>Jarðgufa</i>	<i>423</i>	
3	Hellisheiðarvirkjun	303	2006
4	Nesjavallavirkjun	120	1990
	<b>Samtals</b>	<b>434,2</b>	

HS Orka			
#	Aflstöðvar	uppsett afl MW	Gangsett
	<i>Jarðgufa</i>	<i>175</i>	
1	Reykjanesvirkjun	100	2006
2	Svartsengi	75	1976
	<b>Samtals</b>	<b>175</b>	

**Orkusalan**

#	Aflstöðvar	uppsett afl MW	Gangsett
	<i>Vatnsafl</i>	36,94	
1	Grímsárvirkjun	2,8	1958
2	Rjúkandavirkjun	0,84	1954
3	Lagarfossvirkjun	27,2	1975
4	Skeiðafossvirkjun 1 og 2	4,8	1976 virkjun 2
5	Smyrlabjargaárvirkjun	1,3	1969
<b>Samtals</b>		<b>36,94</b>	

**Orkubú Vestfjarða**

#	Aflstöðvar	uppsett afl MW	Gangsett
	<i>Vatnsafl</i>	13,234	
1	Mjólkársvirkjun vél 2	5,7	1975
2	Mjólkársvirkjun vél 1	2,4	1958
3	Þverárvirkjun	2,2	2001(1953)
4	Tungudalsvirkjun	1	2006
5	Fossavatnsvirkjun	0,6	1937
6	Nónhornsvatnsvirkjun	0,56	1946
7	Reiðhjallavirkjun	0,514	1992(1958)
8	Blævardalsvirkjun	0,2	2005
9	Mýrarárvirkjun	0,06	1965
<b>Samtals</b>		<b>13,234</b>	

**Fallorka ehf.**

#	Aflstöðvar	uppsett afl MW	Gangsett
	<i>Vatnsafl</i>	2,7	
1	Djúpadalsvirkjun 1	1,8	
2	Djúpadalsvirkjun 2	0,9	
<b>Samtals</b>		<b>2,7</b>	

**Orkuveita húsavíkur**

#	Aflstöðvar	uppsett afl MW	Gangsett
	<i>Jarðgufa</i>		
1	Orkustöð á Hrísmóum	1,7	Er ekki í rekstri

**Allir framleiðendur**

Aflstöðvar	uppsett afl MW
<i>Vatnsafl</i>	1.956,074
<i>Jarðgufa</i>	487,700
<b>Samtals</b>	<b>2.443,774</b>