

# HAGFRÆÐISTOFNUN

VINNUPAPPÍRAR

V18:06

Desember 2018

Rafmagn til heimila og útflutnings á markaði

Elías Elíasson

Póstfang:

Elias Eliasson <eliasbe@simnet.is>

# Rafmagn til útflutnings og heimila á markaði

Elías Elíasson

## Ágrip

Raforkugeiranum á Íslandi, orkunotkun, skipulagi og auðlindir sem enn eru ónýttar er lýst og gefið stutt yfirlit yfir orkuspár sem eru helstu forsendur orkuhönnunar og aflspár sem eru forsendur aflhönnunar raforkukerfa. Íslenska raforkukerfið er orkuhannað vatnsaflskerfi, sem merkir í samanburði við bílakaup, að fyrst er athugað hvort tankurinn rúmar nóg eldsneyti til að komast milli bensínstöðva, en síðan er athugað hvort vélaraflið sé nóg til að komast up bröttustu brekkurnar. Hið samtengda Evrópska orkukerfi er á hinn bóginn nánast alveg eldsneytisknúið og aflhannað, sem merkir í samanburði við bílinn, að aðeins er litið á vélaraflið, en eldsneytismarkaðir tryggja, að nægilega stutt sé milli bensínstöðva.

Gefið er yfirlit yfir þá rafmarkaði sem settir hafa verið upp fyrir orkukerfi Evrópu og fyrirkomulagi þeirra lýst og hvernig þeir virka til verðákvörðunar. Lýst er skilyrðum þess að slíkir markaðir virki til hagsbóta fyrir notendur. Gerður er samanburður við Íslenskar aðstæður og fundið að sams konar markaður virkar illa hér að óbreyttu og fæli auk þess í sér vissar hættur fyrir notendur. Sæstrengur með aðgang að raforkumarkaði þar sem magntakmörkun á flutningi milli landa og innlendur forkaupsréttur er hvort tveggja bannað samkvæmt EES samningum, mundi breyta áhættumynstrinu og skapa verulega hættu fyrir þjóðarbúið. Aðalhættan er mikil hækkun raforkuverðs og orkuskortur í kjölfar vatnspurrðar í lónum. Enginn lagaheimild er í EES samningunum til að geyma öryggisforða í miðlunarlónum til að takmarka þá áhættu innanlands þótt mikill efnahagslegur hvati myndist til að framleiða sem mest og flytja út.

## Summary

In this article an overview is given of the Icelandic energy sector, energy demand, the sectors organization and unused energy resources. The Icelandic power system is designed to provide secure energy from insecure energy resources while the emphasis in the European power system is on secure power for transmitting energy from secure fossil fuel energy supply.

The electric power markets used in Europe are described as well as their price forming functionality. The conditions for the proper efficiency of such markets for the benefit of the users is analyzed. Comparison to Icelandic conditions shows that such market will not perform efficiently under present conditions and would expose users to certain risk. An electric submarine cable would alter the risk structure and create a large risk for the national economy. A submarine power cable to markets where limitations on export to secure local supply is illegal as stipulated in the EES contracts would alter the risk structure and expose the Icelandic economy to grave risk. The main risk factors are from increased power prices and energy shortage caused by empty reservoirs. There are no provisions in the EES contracts allowing minimum reservoir levels to secure domestic energy supply although there are large economic incentives to produce energy for export.

# 1 Inngangur

Undanfarið hafa umræður um raforkumál verið nokkrar á Íslandi. Rafmagn er orðið ein af undirstöðupörfum þjóðfélags á borð við fæði og klæði. Venjulegt fólk er vant því, að rafmagnið sé til staðar í innstungunni á veggnum, þekkir lítt til afleiðinganna ef það bregst og treystir orkufyrirtækjunum og yfirvöldum til að sjá um fullnægjandi öryggi.

Öryggi er mikilvægasti eiginleiki rafmagns sem markaðsvöru og markaðir eru hannaðir með það fyrst og fremst fyrir augum, að öryggið sé tryggt. Sú hugsun yfirgnæfir allt annað. T. d. eru þessi öryggimál stöðugt til umræðu í North American Electric Reliability Council (NERC) Hossein-Zadeh (2005).

Rafmagnsverðið kemur svo þar á eftir í mikilvægi. Fyrirtæki sem ekki fá risið undir verðinu leggja upp laupana eða flytja til annarra landa og það rýrir hagvöxt. Efnahagsleg áhrif þessara þátta eru mikil, NET\_1 (2011).

Eiginleikar rafmagns sem markaðsvöru eru mjög flóknir og meðal annars háðir því úr hvaða hráorku rafmagnið er unnið. Þeir eru því lítt þekktir meðal almennings og annarra sem ekki eru sérhæfðir í að fjalla um rafmagn og rafmarkaði. Erlenda markaðstilhögun má því ekki taka upp hér án gaumgæfilegrar athugunar. Hér á eftir verður reynt að skýra nokkur þeirra flóknu atriða sem horfa þarf til þegar menn hugleiða þessa hluti.

## 2 Raforkugeirinn á Íslandi

---

### 2.1 Rafmagnsnotkun og vinnsla

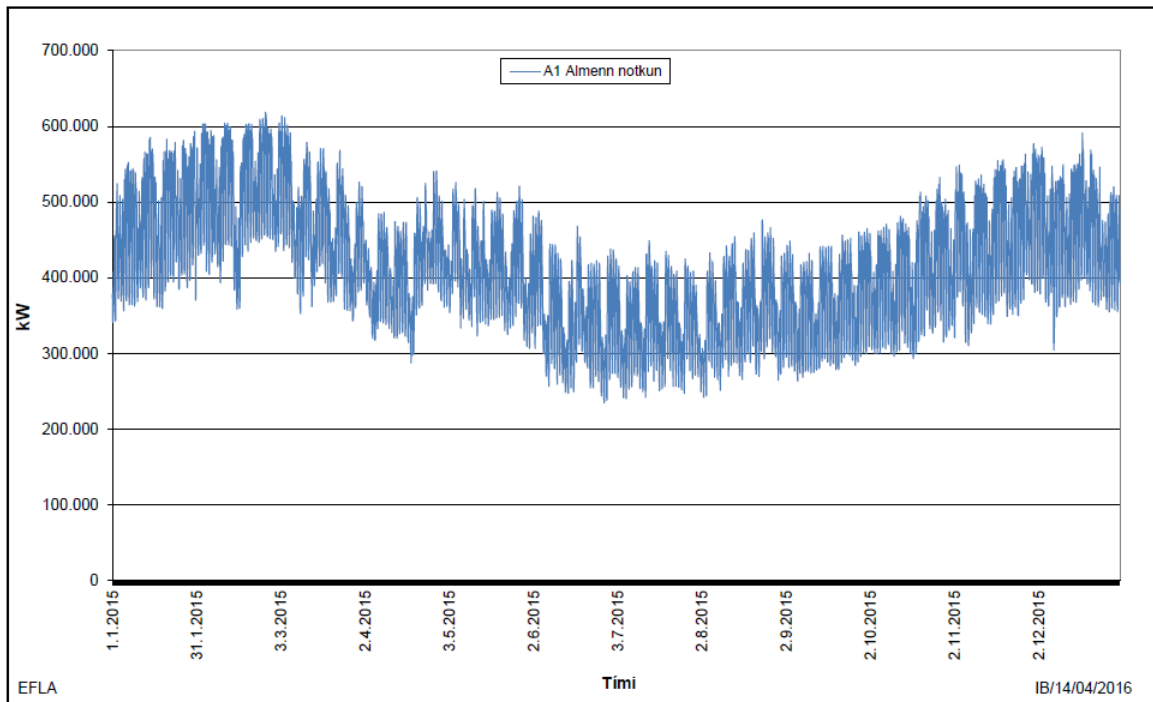
Mynd 1 sýnir afl almennrar rafmagnsnotkunar á Íslandi 2015 NET\_2 (2018), hámark og lágmark hvers dags í kW, mælt sem meðal afl hversrar klukkustundar dagsins, eins og það kemur frá flutningskerfinu. Mesta álagið, afltoppurinn mældist 618,5 MW eina stund í lok febrúar og orkunotkunin þá klukkustundina var þá 618,5 MWh. Með því að leggja saman allar stundir ársins fæst ársnotkunin 3140 GWh, sem er 365 MW að meðaltali yfir árið. Afltoppurinn, 618,5 MW lýsir því vélarafli sem þarf til að sinna almenna markaðnum, en hlutfallið  $365/618,5 = 59\%$  lýsir því hvað vélaraflið nýtist vel á sama markaði.

Ofan nefndar tölur sýna úttekt veita frá flutningskerfinu, en í dreifikerfunum töpuðust um 200 GWh árið 2015, áður en almennir neytendur fengu sitt.

Ef við berum þetta saman við orku til stóriðju, þá fékk hún afhend 1686 MW árið 2015 og notaði samtals 14.356 GWh. Nýting þessa afls varð því rúm 97%.

Til viðbótar við þessar tölur þurfa raforkufyrirtækin að framleiða orku, sem tapast í flutningskerfi og nýtist í virkjununum til reksturs þeirra. Þannig varð heildarvinnsla raforku 18799 GWh árið 2015, eða 1303 GWh meira en stóriðja og almennur markaður samtals.

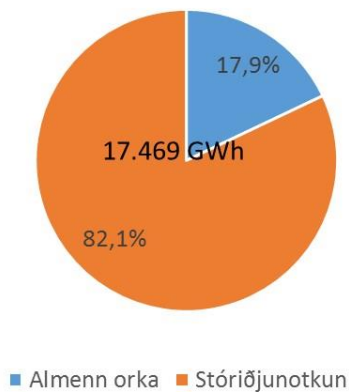
Kerfið þarf ætíð að hafa tiltækt varaafli í gangi svo öllu öryggi sé fullnægt. Fyrir þessa notkun ársins 2015 þurfti orkuvinnslukerfið því lauslega áætlað, að hafa tiltæk milli 2650 MW 2750 MW af upp settu vélarafli. Samkvæmt Orkustofnun var stærð vinnslukerfisins árið 2013 innan þessara marka. Innan við 5% af þessu afli eru í olíurafstöðvum, sem aðeins eru til vara. Íslenska raforkukerfið hefur þannig óvenju takmarkað afl umfram þarfir miðað við það sem sést erlendis.



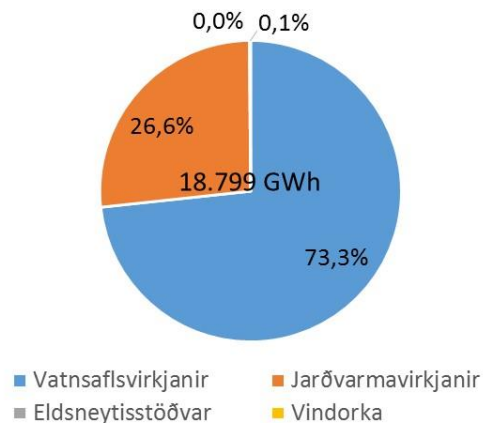
Mynd 1 Almenn notkun rafmagns á Íslandi 2015 í kW (1000 kW = 1 MW)(NET\_3 (2018))

Mynd 2 sýnir hlutfallslega skiptingu raforkunnar á bæði notkunarhlíð og vinnsluhlíð. Mjög stór hluti notkunar er hjá stóriðjufyrirtækjum og vatnsafl er ráðandi í orkuvinnslu á vinnsluhlíð. Hvort tveggja er óvenjulegt í alþjóðlegum samanburði. Að jarðefna eldsneyti sé næstum ekki notað til raforkuvinnslu er nánast einsdæmi.

Notkun mæld frá flutningskerfi 2015



Orkuvinnsla 2015



Mynd 2 Notkunar- og vinnsluhlíð íslenska orkukerfisins

Frá OS: Raforkuspá 2016 – 2050

Íslenska orkukerfið er um margt óvenjulegt í alþjóðlegum samanburði. Það merkir, að hvatar til hagræðingar og verðlagningar orku eru um margt ólíkir því sem gerist í öðrum vestrænum ríkjum, bæði að gerð og virkni. Við getum því ekki nýtt okkur gagnrýnilaust reynslu annarra þjóða við stefnumörkun, fyrirkomulag markaða og skipulag raforkugeirans. Sjá nánari umfjöllun í kafla 5.

## 2.2 Raforkuspár

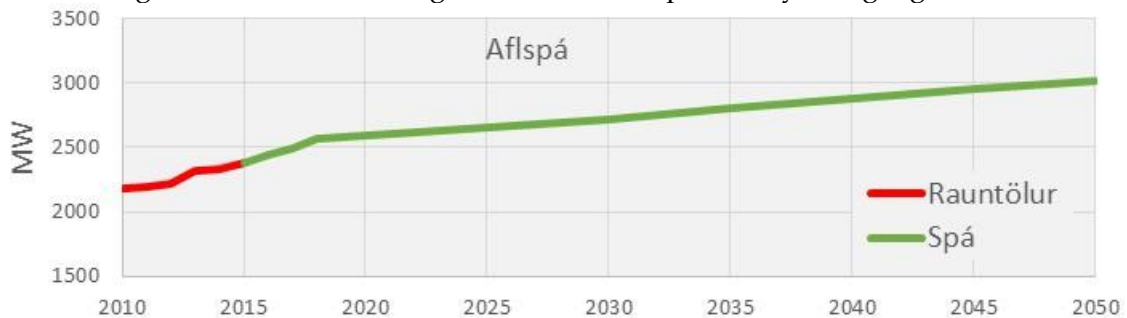
Raforkuspár leggja grunn undir alla áætlunargerð er varðar tekjur, fjárfestingar og rekstur í raforkugeiranum. Mikilvægi þeirra verður seint ofmetið.

Mynd 3 sýnir orkuspá fyrir Ísland frá 2015 til 2050. Samkvæmt þessu er áætlað, að raforkunotkun hér á landi vaxi um rúmlega 4 TWh (= 4000 MWh) fram til 2050, en þar af er um 1½ TWh komin fram strax 2018 vegna uppbyggingar stóriðju á tímabilinu. Eftir það sýnir spáin jafnan og hægan vöxt almenna markaðarins fram til 2050, og er þá reiknað með vaxandi notkun rafbíla á tímabilinu.



Mynd 3 Orkuspá Orkuspárnefndar 2015 - 2050 (NET\_3 (2018))

Mynd 4 sýnir aflspá fyrir Ísland frá 2015 til 2020, það er að segja þann afltopp sem áætlað er að verði árlega tekinn út frá flutningskerfinu ef orkuspáin á Mynd 3 gengur eftir.



Mynd 4 Aflspá Orkuspárnefndar 2015 - 2050 (NET\_3 (2018))

Oft er talað um, að íslenska raforkukerfið sé orkuhanað. Það merkir, að fyrst er litið á orkuspána og athugað hvort hægt sé að tryggja virkjunum nægt vatn eða jarðgufu til að orkupörf sé fullnægt allan ársins hring. Síðan er athugað hvort virkjanir kerfisins hafi ekki nægt afl samanlagt fyrir aflspána. Í rafkerfum sem byggja á jarðaefnaeldsneyti er aðeins aflið athugað en trygging orkunnar kemur þar ekki við sögu, sú trygging er hlutverk eldsneytismarkaða.

## 2.3 Skipulag geirans og viðskiptaumhverfi

Rafmagnsfyrirtæki, bæði vinnslufyrirtæki og veitur, uxu úr grasi sem opinber þjónustufyrirtæki fram til 2003, þegar ný raforkulög voru sett. Landsvirkjun var þó að hluta undantekning, því í samningum við stóriðju skyldu viðskiptaleg sjónarmið ráða, þannig að orkusamningar við þá aðila máttu ekki valda verðhækkun til almennra notenda. Landsvirkjun var við stofnun gerð að framleiðanda til þrautavara sem skyldi ætíð tryggja nægt framboð raforku. Þannig fékk markaðurinn tryggingu gegn skömmtun og orkuskorti í árum með litlu vatnsrennsli.

Með nýju raforkulögunum 2003 gerðist Ísland aðili að innri raforkumarkaði Evrópu og fyrirtækjunum var breytt í hlutafélög, þar sem skilið var milli vinnslu, flutnings, sölu og dreifingar, eins og reglugerðir ESB mæla fyrir um. Raforkulögin mæla einnig fyrir um frjálsan markað með raforku, en hann hefur ekki komist á að fullu enn sem komið er.

Í raforkulögunum segir:

*„Markmið laga þessara er að stuðla að þjóðhagslega hagkvæmu raforkukerfi og efla þannig atvinnulíf og byggð í landinu. Í því skyni skal:*

*Skapa forsendur fyrir samkeppni í vinnslu og viðskiptum með raforku, með þeim takmörkunum sem nauðsynlegar reynast vegna öryggis raforkuafhendingar og annarra almannahagsmuna.*

- 1. Stuðla að skilvirkni og hagkvæmni í flutningi og dreifingu raforku.*
- 2. Tryggja öryggi raforkukerfisins og hagsmuni neytenda.*
- 3. Stuðla að nýtingu endurnýjanlegra orkugjafa.*
- 4. Taka tillit til umhverfissjónarmiða.“*

Það vekur athygli, að hér er það raforkukerfið sjálft sem á að vera þjóðhagslega hagkvæmt og öruggt. Það er hins vegar erfitt að túlka lögin með þeim hætti, að tryggja skuli nægt framboð raforku til notenda eða hóflega verðlagningu raforkunnar. Hvort tveggja hefur áhrif á samkeppnistöðu innlends atvinnulífs gagnvart útlöndum og getur þannig varðað almannahag. Þessi lög eru enda samin þannig, að ekki stangist á við lög og reglur ESB, en þar er raforkumörkuðum ætlað að tryggja nægt framboð afls, en mörkuðum fyrir jarðefnaeldsneyti ætlað að tryggja nægt framboð orku til raforkukerfisins. Engir markaðir tryggja nægt framboð vatns eða jarðgufu frá hinum íslensku auðlindum og enginn framleiðandi til þrautavara er nefndur. Svo virðist sem lögin geri ekki ráð fyrir að þörf sé á slíkri tryggingu.

Raforkulög skilgreina eftirfarandi einingar:

Vinnslufyrirtæki: *„Fyrirtæki sem stundar vinnslu á raforku eða hefur fengið virkjunarleyfi.“* Fyrirtækin selja rafmagn í innbyrðis samkeppni. Það þarf virkjanaleyfi til að reisa virkjun, og hægt að binda það skilyrðum er varða öryggi virkjunarinnar sjálfar og flutningskerfisins. Erfitt er að finna í lögunum eitthvað sem getur skyldað öll fyrirtækin til þess samreksturs lóna sem tryggt getur nægar birgðir vatns og þar með orku á viðunandi hátt, enda annast eldsneytismarkaðir hliðstæða tryggingu í löndum ESB.

Flutningsfyrirtæki: *„Fyrirtæki sem stýrir rekstri flutningskerfisins og annast kerfisstjórnun.“* Landsnet rekur megin flutningskerfið, sem hefur náttúrulega einokunarstöðu og tekur gjald fyrir þjónustu af heildsöluverði eftir gjaldskrá. Í orkulögum segir: *„Viðskiptavinir flutningsfyrirtækisins skulu vera dreifiveitur, stórnotendur, virkjanir og þeir aðilar sem hafa leyfi samkvæmt lögum þessum til að stunda viðskipti með raforku.“* Ráðherra hefur með reglugerð sett fram þá staðla er gilda um öryggi og gæði rafmagns, sem fer um flutningsnetið og flutningsfyrirtækinu ber að fara eftir.

Rarik hefur einnig flutningskerfi og flytur orku á lægri spennu til dreifbýlis samkvæmt sérstakri heimild og tekur gjald fyrir samkvæmt gjaldskrá.

Þá stendur í lögunum: *„Flutningsfyrirtækið má ekki stunda aðra starfsemi en þá sem því er nauðsynleg til að geta rækt skyldur sínar samkvæmt lögum þessum eða samkvæmt öðrum lögum.“* Því er þó heimilt að reka raforkumarkað og þannig er frjálsur raforkumarkaði markaður bás í raforkugeiranum hjá aðila sem ekki er framleiðandi sjálfur.

Enn segir í lögunum: *„Ef ófyrirséð og óviðráðanleg atvik valda því að framboð raforku fullnægir ekki eftirspurn ber flutningsfyrirtækinu að grípa til skömmtnar raforku til dreifiveitna*

og notenda. Við skömmtnun skal gæta jafnræðis og byggja á málefnalegum sjónarmiðum sem nánar skulu útfærð í reglugerð.“

Ef hráorku, t. d. rennsli til virkjana, brestur í kerfinu er hægt að heimfæra það undir þessa tilvitnuðu grein, eða skilgreina sem vá, það er „Atburður sem ógnar almannahag, öryggi fólks, mannvirkja og starfsemi, og kallar á að neyðarstjórnun verði gerð virk. Atburðurinn getur valdið stórfelldum truflunum á raforkuflutningi, framleiðslu eða dreifingu raforku á tilteknu svæði.“ Einu viðbrögðin sem lögin heimila þegar hráorku brestur virðast vera skömmtnun, annaðhvort undir stjórn Landsnets eða neyðarstjórnar. Hins vegar hafa vinnslufyrirtækin afmarkaðar heimildir til skömmtnunar í einhverjum orkusamningum, en engar almennar lagaheimildir eru fyrir hendi þar um.

Meðal skyldna flutningsfyrirtækisins er að: „Sjá til þess að fyrir liggja spá um raforkuþörf og áætlun um uppbyggingu flutningskerfisins.“ Raforkuspá er unnin af Orkuspárnefnd á grundvelli gagna frá Landsneti (NET\_3 (2018)).

Aðrar skyldur eru m.a.: „Greiða þeim dreifiveitum bætur sem verða fyrir langvarandi skerðingu á raforkuafhendingu.“ Hér virðist löggjafinn ekki hafa litið til þess, að það er tæplega hægt að setja ábyrgðina af hráorkubresti hjá vinnslufyrirtækjunum á flutningsfyrirtækið.

**Sölufyrirtæki:** „Fyrirtæki sem selur raforku eða annast raforkuviðskipti, hvort sem er í heildsölu eða smásölu.“ Þau geta skipt við mörg vinnslufyrirtæki, kaupa rafmagn í heildsölu, frá flutningskerfinu, selja til notenda, annast uppgjör og vinna úr mælingum. Um sölufyrirtæki segir í orkulögum:

„Sölufyrirtæki er m.a. skylt að [...] Útvega þá raforku sem er nauðsynleg til að unnt sé að standa við orkusölusamninga.“ Það liggur í hlutarins eðli, að íslensk sölufyrirtæki útvega ekki þá orku, sem hráorkubrestur í formi vatnsskorts hindrar að í boði sé.

**Dreifiveita:** „Fyrirtæki sem hefur leyfi til dreifingar raforku á afmörkuðu svæði.“

Þessar veitur skulu annast mælingar á afhendingu og tryggja öryggi síns veitukerfis á svipaðan hátt og flutningsfyrirtækið. Þær skulu einnig: „greiða þeim notendum bætur sem verða fyrir langvarandi skerðingu á raforkuafhendingu.“, sem er hliðstætt bótaskyldu flutningsfyrirtækisins.

Almennir notendur, fá orku gegnum dreifiveitur og geta valið hvaða sölufyrirtæki þeir skipta við. Stærri almennir notendur bjóða oft út viðskipti sín.

Stórnotendur geta gert langtíma heildsölusamninga við vinnslufyrirtæki og tengst flutningskerfinu beint.

Til viðbótar þessum einingum eru mikilvægar stuðningsstofnanir.

**Orkustofnun** hefur víðtækt stjórnarsýslu og ráðgjafahlutverk í orkumálum. Hlutverk stofnunarinnar samkvæmt heimasíðu hennar er:

- Orkustofnun fer með stjórnarsýslu í orkumálum og aflar þekkingar á nýtingu orkulinda og annarra jarðrænna auðlinda.
- Safnar gögnum og heldur gagnagrunn um nýtingu orkulinda og annarra jarðrænna auðlinda.
- Stendur fyrir rannsóknum á nýtingu orkulinda og annarra jarðrænna auðlinda og öðrum viðfangsefnum á sviði orkumála.
- Vinnur að áætlanagerð til langs tíma um orkubúskap þjóðarinnar.
- Er ríkisstjórn til ráðuneytis um orkumál og aðra auðlindanýtingu.
- Fer með leyfisveitingar vegna rannsókna og nýtingar á auðlindum og orkuvinnslu.

- Annast stjórnáætlun sem stofnuninni er falin með lögum, svo sem auðlindalögum, vatnalögum, raforkulögum, lögum um eignarrétt íslenska ríkisins að auðlindum hafsbotsins og lögum um kolvetni.
- Annast eftirlit með framkvæmd raforkulaga, sérstaklega sérleyfishluta þeirra, flutningi og dreifingu raforku, sem og framangreindum sérlögum á sviði auðlindamála.
- Fer með umsýslu Orkusjóðs, jarðhitaleitaráttaks, niðurgreiðslna vegna húshitunar og sér um vettvang um vistvænt eldsneyti sem og Orkusetur.

Orkuspárnefnd starfar innan vébanda Orkustofnunar og gerir reglulega spá un notkun raforku, og annarrar orku

Rammaáætlunarnefnd flokkar virkjunarkosti eftir náttúruverndargildi, leggur tillögur þar um fyrir ráðherra, sem fer með þær áfram til samþykkis fyrir Alþingi.

Samkeppnistofnun hefur eftirlit með hegðun fyrirtækjanna á raforkumarkaði.

Tilgangur orkulaganna frá 2003 var meðal annars sá, að skipuleggja raforkugeirann þannig að hér mætti koma á frjálsum markaði með rafmagn. En þó heildarskipulagið leyfi það út af fyrir sig og lögin geri ráð fyrir slíkum markaði, þá hefur honum enn ekki verið formlega komið á. Margar ástæður liggja til, að erfitt er að móta slíkan markað, en tvær taldar hér.

- Erfitt er að sjá hvernig jarðvarmastöðvar geta keppt á jafnréttisgrunni við vatnsaflíð, sem tæknilega er mun sveigjanlegra til vinnslu og leggur fram verðmætari þjónustu á markaði. Munur vatnsafls og jarðvarma sést vel í rammaáætlun, en þar er vatnsaflíð yfirleitt áætlað með 65% til 79% nýtingu á upp settu afli, en jarðvarmastöðvar með 90% til 96% nýtingu. Ef hvort tveggja væri áætlað fyrir sömu nýtingu mundu jarðvarmastöðvar hækka verulega í kostnaðarsamanburðinum. Samanburður rammaáætlunar á hagkvæmni þessara auðlinda til rafmagnsvinnslu byggir raunverulega á því, að vatnsaflíð leggi fram þá þjónustu á markaði að tryggja varaafli án endurgjalds.
- Landsvirkjun, sem ræður yfir obbanum af vatnsafl landsins, hefði vegna stærðar sinnar markaðsráðandi stöðu. Samkeppnistofnun leyfir til dæmis ekki, að Landsvirkjun eigi hlut í sölufyrirtæki.

Landsvirkjun var á sínum tíma stofnuð til að hafa hér eitt fyrirtæki sem réði við það hlutverk, að virkja stærstu virkjunarkosti landsins, gera þá orkusamninga sem þurftu að vera fyrir hendi til þess að í þær yrði ráðist og fjármagna framkvæmdirnar á alþjóðlegum fjármagnsmörkuðum. Stóru kostirnir hafa nú flestir verið virkjaðir og þessu sérstaka hlutverki fyrirtækisins er nú því sem næst lokið.

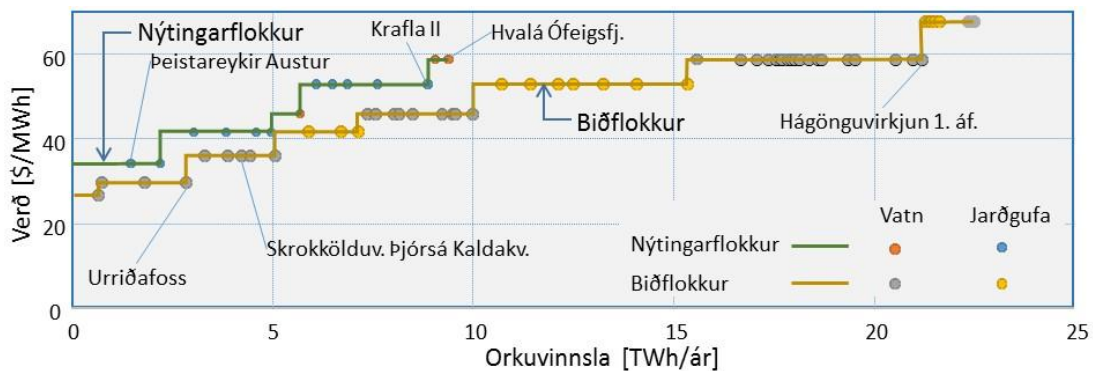
### 3 Auðlindin

Stærð auðlindarinnar er takmörkuð af tveim höfuðþáttum, sem eru verndargildi og virkjunarkostnaður. Mynd 5 sýnir þá orku sem eftir er að virkja á landinu þegar kostunum er raðað upp eftir kostnaðarverði orku þeirra. Verndarflokkur er sleppt. Kostnaðarverð orku frá



Þessum virkjanakostum verður að skoðast sem vísbending auk þess sem það er alltaf háð ríkjandi efnahagsástandi.

Eins og myndin sýnir eru þeir kostir sem eftir er að virkja flestir smáir. Virkjanir sem eru hagkvæmastar og svo stórar, að þær verða ekki byggðar án fastra langtíma samninga hafa þegar verið reistar. Þannig eru aðeins fáir kostir eftir sem gefa af sér meir en 1 TWh/ár og þar af tveir merktar á myndinni, Þeistareykir og Urriðafoss. Nokkrir aðrir kostir hafa verið til umræðu og sumir merktir inn á myndina. Þar er meðal annars Hvalárvirkjun, sem virðist nokkuð dýr. Þetta er virkjun sem ber kostnað af langri tengilínu, en mundi bæta rafmagnsöryggi á Vestfjörðum mikið. Svo gæti verið um fleiri kosti, að hagkvæmni þeirra eykst ef litið er til staðbundinna áhrifa.



Mynd 5 Nýtingarflokkur og biðflokkur rammaáætlunar sumarið 2016

Verð eru endanlega háð hönnun, gengi, vöxtum og fleiru.

Þeir virkjanakostir sem teknir eru til meðferðar í Rammaáætlun eiga að vera sá hluti íslenskra virkjunarkosta sem hagkvæmast er að virkja. Á Mynd 5 sjást kostnaðarverð upp í tæplega 70 \$/MWh og dæmið um Hvalá sýnir, að sá samanburður virkjanakosta sem þar er segir ekki alla sögu.

Engu að síður vaknar sú spurning, hvað af þessum kostum séu nægilega hagkvæmir til að hægt sé að virkja þá og ná eðlilegri arðsemi með orkusölu frá þeim. Þarna eru einhver kostnaðarmörk, sem takmarka stærð auðlindanna. Kostnaðarmörkin eru aftur háð því hvað menn telja vera samkeppnishæft raforkuverð. Með öðrum orðum, þá er óvissa um hvað orkulindin sé stór.

Tökum sem dæmi, að við núverandi aðstæður, teljist kostnaðarmörkin 45 til 50 \$/MWh eðlileg fyrir stóriðjumarkað. Upp að þeim mörkum höfum við val um það hvort við virkjum fyrir almenna notkun eða stóriðju. Þar fyrir ofan er einungis um það að ræða, að virkja fyrir almenna markaðinn, en fyrir heimili landsins og þjónustugreinar er raforkan slík nauðsyn, að þar er greitt hvaða verð sem er, jafnvel verð sem nægir olíustöðvum.

Sé miðað við kostnaðarmörkin 50 \$/MWh og ef helmingur biðflokks fer í nýtingarflokk eigum við ekki eftir að virkja nema um 11 TWh/ár af auðlindinni, sem er um helmingur núverandi raforkunotkunar á landinu. Sæstrengur, til dæmis tæki drjúgan hluta þeirrar orku.

Jarðvarmi til raforkuvinnslu gæti verið of áætlaður á Mynd 5. Eins og kunnugt er, þá endast gufuver skemur en vatnsorkuver. Það er ekki vegna þess að mannvirkin endist endilega skemur, heldur hitt að jarðvarmasvæðin sem eru virkjuð kólna og þorna upp svo virkja verður á nýjum stað. Reynsla undanfarinna ára bendir til, að þetta gerist hraðar en ætlað var. Rannsóknir benda til, að galli sé í aðferðafræðinni sem notuð hefur verið við þessar áætlanir og sú skoðun heyrir, að jarðvarminn sé um helmingi til þrefalt minni en áætlanir gera ráð fyrir. Reynist þetta rétt minnkar auðlindin samkvæmt Mynd 5 verulega. Af áður

nefndum 11 TWh/ár eigum við þá ekki eftir nema um 4 til 7 TWh/ár, sem hagkvæmt gæti verið að virkja fyrir stóriðju. Við þurfum þá að geyma nokkuð af auðlindinni til endurnýjunar eldri virkjana í stað þeirra sem standa á þverrandi svæðum og höfum ekki næga orku fyrir sæstreng.

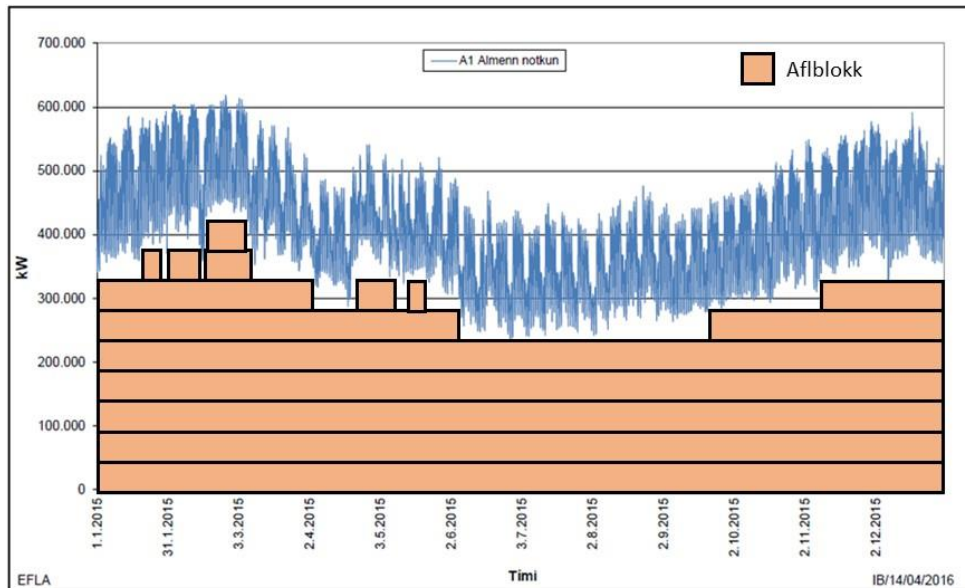
Það er því full ástæða til að staldra við og athuga hvernig þeirri orku sem eftir er verður ráðstafað á sem hagkvæmasta hátt fyrir þjóðina. Spyrja má, eigum við að koma auðlindinni í verð eins hratt og hægt er og taka þannig í raun stærri hluta hennar til stóriðju og beins útflutnings og skilja almenna markaðinn eftir fyrir dýrari hlutann. Þarna kemur margt til athugunar, svo sem uppbygging atvinnutækifæra, rafvæðing bílaflotans og skipastólsins, eldsneytisframleiðsla, og efalaust fleira. Allt þetta þarf að skoða frá þjóðhagslegu sjónarmiði. Sú óvissa sem er á stærð auðlindarinnar gerir það ókleyft, að svara þessum spurningum nú.

## 4 Frjáls raforkumarkaður

### 4.1 Aflblökkir

Aflblökkir eru fyrir kaupandann réttur til að taka út afl af orkukerfinu í tiltekinn tíma og fyrir það greiðir hann afgang í formi tímagjalds (formúla: afl x tími = orka). Blökkirnar geta verið af mismunandi tímalengd, allt frá einni klukkustund upp í mörg ár. Kaupandinn þarf að sjá fyrir sveiflur í kaupum sínum og raða upp aflblökkum til samræmis.

Mynd 6 sýnir hvernig raða má aflblökkum þeirra sem kaupa rafmagn frá megin flutningkerfinu til endursölu á almennan markað. Neðst eru fastir samningar til fleiri ára, síðan eins árs samningar og styttri, allt niður í viku. Dagsblökkir og styttri eru ekki sýndar.



Mynd 6 Dæmi um aflblökkir.

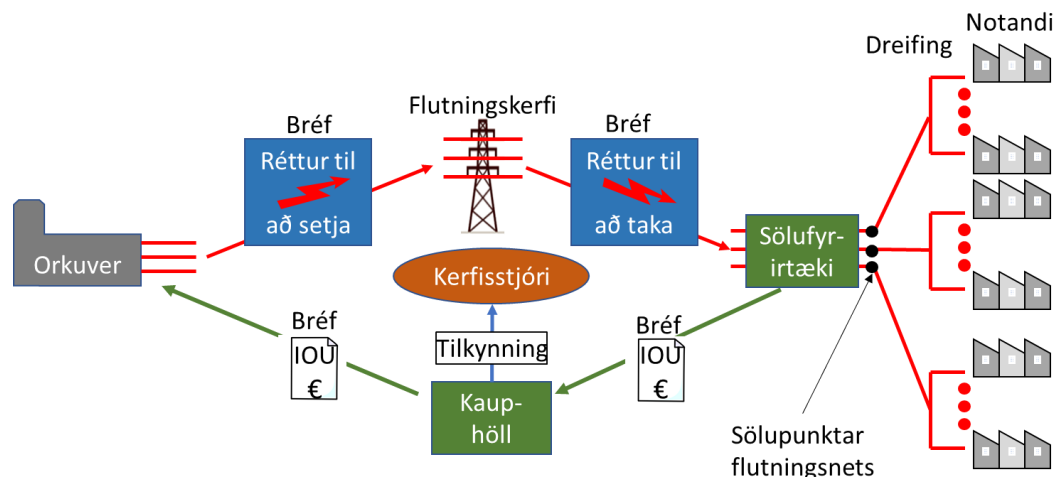
Blokkir ein vika eða lengri, sem raðað er upp undir aflnotkun eins og varð á almenna markaðnum árið 2015

Dagsblökkir geta hentað sumum notendum, en viðskipti með klukkustundablokkir fara yfirleitt fram á stundamörkuðum daginn fyrir ætlaða notkun.

## 4.2 Fyrirkomulag frjálsra viðskipta

Öll viðskipti með rafmagn á hinum svokallaða frjálsa markaði nágrennalanda okkar eru framvirk viðskipti með afluðum, þar sem menn kaupa fyrir fram tiltekið afl yfir ákveðið tímabil og greiða fyrir orkuna (samkvæmt  $\text{afl} \times \text{tími} = \text{orka}$ ). Þessi viðskipti fara fram í kauphöllum eins og Nordpool gegnum tölvur. Sá sem kaupir fær kaupréttarbréf upp á að hann hafi rétt til að taka ákveðið afl [MW] út af flutningskerfinu á tilgreindu tímabili og skuldbindur sig með skuldabréfi til að greiða fyrir. Sá sem selur fær vinnsluréttarbréf upp á að hann hafi rétt til að setja ákveðið afl inn á flutningskerfið á ákveðnu tímabili og fær skuldaviðurkenningu fyrir andvirðinu (Mynd 7). Öll eru þessi bréf handhafabréf og hægt að endurselja í kauphöllinni þar til rétt áður en afhending hefst. Öll viðskipti með rafmagn eru tilkynnt kerfisstjóra með hæfilegum fyrirvara áður en til framkvæmda samninga kemur

Telji kerfisstjóri, að öryggi kerfisins sé ógnað getur hann þvingað fram viðskipti með vinnsluréttar- og kaupréttarbréfin þar til flutningur verður öruggur. Þetta sérstaka fyrirkomulag er bein afleiðing af að orku þarf að framleiða í sama takti og hún er notuð, og það gerist ekki nema nauðsynlegt afl sé tiltækt í kerfinu. Brestur á þessu getur orsakað kerfishrun (blackout)..



Mynd 7 Viðskipti með rafmagn eru framvirk.

Í gegnum kauphöll er skipst á bréfum og tilkynning send kerfisstjóra með þeim fyrirvara sem hann þarf til að tryggja örugga flutninga.

Að lokinni afhendingu eru mælingar gerðar upp á grundvelli markaðsverðs. Mælar mæla úttekt orku á hverjum klukkutíma og sýna þannig hvort rétt hafi nýttir sér rétt sinn að fullu eða um of. Sá sem ofnýttir réttinn verður að greiða markaðsverð að viðbætti þóknun og sá sem vannýttir fær greitt markaðsverð að frá dreginni þóknun.

Kauphöllin annast uppgjör og því þarf hver viðskiptavinur að vera þar með reikning. Kauphöllin starfar því sem fjármálastofnun og hefur öll leyfi, sem löggilt fjármálafyrirtæki, en það liðkar fyrir eftirmarkaði með áður nefnd bréf, sem er mikilvægur hluti markaða.

Framvirkir samningar og langtíma samningar geta haft eigin ákvæði um viðmiðunarverð í uppgjöri, en fyrir aðra gildir markaðsverð sem myndast á stundamarkaði.

## 4.3 Undirmarkaðir

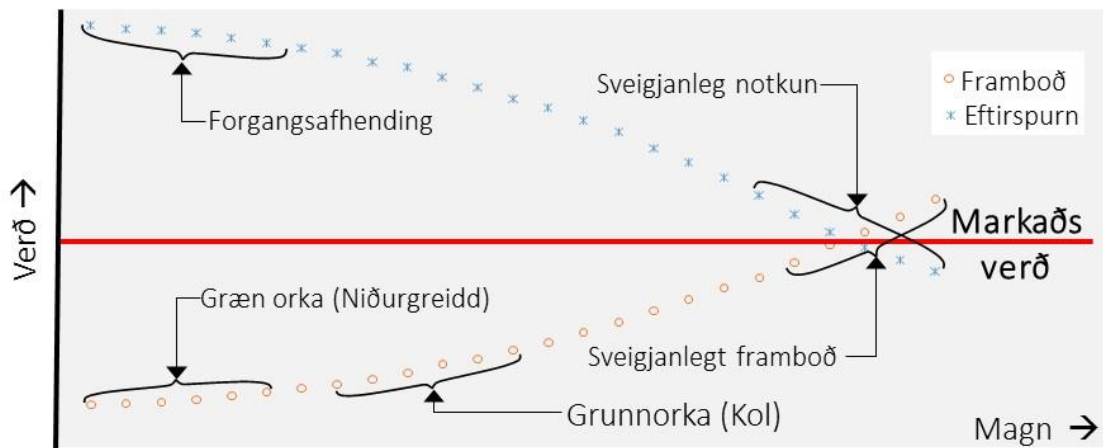
### 4.3.1 Stundamarkaður

Stundamarkaðurinn er grundvallandi fyrir frjáls viðskipti með rafmagn og uppbyggingu raforkukerfisins og sá sem mest er talað um. Markaðurinn er markvisst hannaður til að gegna sem best ákveðnum hlutverkum, sem eru:

- Að vera eðlilegur vettvangur samkeppni.
- Að ákvarða, í samskiptum kaupanda og seljenda, hæfilegt öryggi frá markaðslegu sjónarmiði.
- Að mynda markaðsverð, sem:
  - Nota má í uppgjöri milli þeirra sem versla gegnum kauphöllina.
  - Myndar þá hvata sem valda hagræðingu í notkun hinna ýmsu tegunda jarðefnaeldsneytis til raforkuvinnslu.
  - Myndar hvata til fjárfestinga í nýjum aflstöðvum.
  - Markar samkeppnistöðu gagnvart beinni notkun eldsneytis, til dæmis á svæðum þar sem gaslagnir liggja í hús.

Kauphöllin vinnur síðan og birtir þær upplýsingar sem viðskipta aðilar þurfa til að taka ákvörðun um viðskipti á rafmarkaðnum.

Mynd 8 sýnir stundamarkað. Seljandi býður fram orku á lágmarksverði sem hann vill fá, en kaupandi býður hámarksverð sem hann er tilbúinn að greiða. Tilboðum er síðan raðað upp svo framboðsferill og eftirspurnarferill myndast. Skurðpunktur þeirra skilgreinir markaðsverðið, sem verður grundvöllur viðskipta.



Mynd 8 Framboð og eftirspurn á stundamarkaði

Myndin sýnir einnig hvernig boðunum er raðað til að mynda ferlana.

Ódýrust er boðin svokölluð græn orka, sem ríkið greiðir niður og aflar fjár til með álögum sem enda á notendum rafmagns með einhverjum hætti. Næst koma grunnafstöðvar með háan stofnkostnað og ódýrt eldsneyti, eins og stórar kolastöðvar, sem geta illa flókt með framboð sitt og þurfa að gera ráð fyrir mjög hárrí nýtingu yfir árið. Síðast koma sveigjanlegar stöðvar með dýrt eldsneyti, eins og gastúrbínur, enda gera þær ráð fyrir lítilli nýtingu yfir árið. Vatnsafl með góðri vatnsmiðlun á greiðan aðgang hvar sem er á framboðsferlinum.

Í eftirspurninni bjóða þeir hæst, sem þurfa mest afhendingaröryggi, en lægst bjóða þeir sem þurfa ekki að halda vinnslu sinni gangandi jafnt og þétt og geta misst rafmagnið að hluta

við og við án þess að vinna truflist. Fyrirtæki sem þurfa háa nýtingu á tækjum sínum hafa lítið svigrúm til að bjóða í þetta afl. Sveigjanleg notkun af þessu tagi sparar fjárfestingar í aflstöðvum og því er hvatt til hennar.

#### 4.3.2 Verðmyndun á stundamarkaði

Sá stundamarkaður sem Mynd 8 sýnir virkar vel, þar sem eldsneytisstöðvar eru nægilega ráðandi í framboði afsls.

Verðmyndun á þessum markaði er mjög háð álaginu og því hvaða tækni hentar best hverju álagssviði Mynd 9 sýnir hvernig þessi atriði spila saman. Þar er langæislína orkuverðs sýnd til vinstri, en þá er tekið hæsta verð ársins og sett á tímaás eins árs lengst til vinstri. Síðan er tekið næst hæsta verð og sett við hliðina þar til allt árið er komið og þannig mynduð langæislína. Hægra megin eru sýnd dæmi um aflstöðvar af mismunandi tækni.

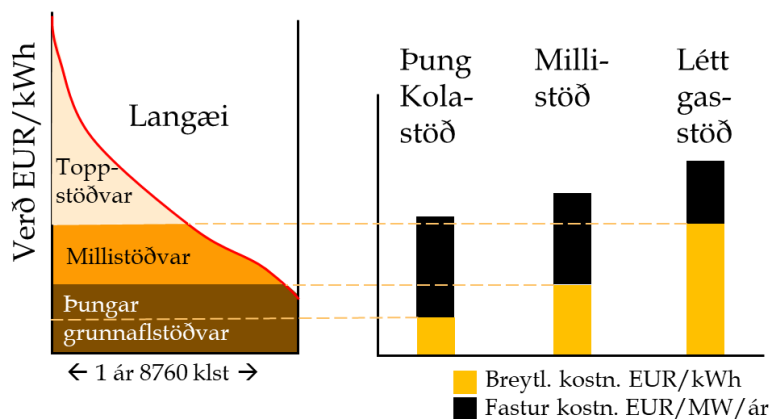
Ódýrustu aflstöðvarnar á orkueiningu eru stórar og aflmiklar kolastöðvar. Þær geta því gengið allt árið og fá þann tíma til að ná inn föstum kostnaði. Hins vegar tekur dag eða meir að slökkva á þeim, kæla niður, kveikja aftur og hita, þannig að þær geta illa tekið sveiflukennt álag. Markaðsverðið fer því lægst niður að eldsneytiskostnaði þeirra, en flatarmálið undir langæislínunni og yfir eldsneytiskostnaðinum er það sem þessar stöðvar hafa upp í fastan kostnað og arð.

Millistöðvar, minni kolastöðvar og blandaðar gasstöðvar, CCGT (Combined Cycle Gas Turbines) eru fljótari út og inn, eldsneytiskostnaður er heldur hærri. Þær henta því fyrir tiltölulegar hægar sveiflur eins og dagsveifluna. Þær fara að koma inn þegar markaðsverð hækkar upp fyrir eldsneytiskostnað þeirra, en hafa minna upp í fasta kostnaðinn, sem er töluvert lægri en þungu kolastöðvanna.

Léttar gasstöðvar ráða á toppnum. Þær eru snöggar inn, hafa hæsta eldsneytiskostnaðinn og lægstan fastan kostnað sem þær ná inn á stuttum tíma. Þær komast líka að á stuttum dagtoppum.

Eldsneytiskostnaður vatnsorkuvera er enginn og því henta þau á öllum þessum sviðum. Þau bregðast líka hratt við álagsbreytingum og þykja sérlega eftirsóknarverð fyrir toppálag. Miðluð vatnsorkuver eiga auðvelt með að nýta sér markaðinn, jafnvel misnota ef þau eru hæfilega ráðandi.

Uppröðun mismunandi aflstöðva á markaði



Mynd 9 Tækni og eldsneytiskostnaður stýra orkuverði

#### 4.3.3 Framvirkir markaðir

Þó allir raforkusamningar séu í eðli sínu framvirkir er heitið framvirkur markaður notað yfir samninga milli kaupenda og seljenda sem ná lengra fram í tímann en 1 dag og geta varað í

lengri tíma. Kauphöllin annast einnig viðskipt með slíka samninga og gerir upp á grundvelli þess markaðsverðs sem myndast á stundamarkaði.

Mynd 7 hér að framan lýsir fyrirkomulagi viðskipta kauphallar með framvirka samninga. Þessi viðskipti eru oft gerð það tímanlega, að það getur myndast eftirmarkaður með þau bréf sem þar er skipst á, það eru skuldaviðurkenningar, bréf upp á réttinn til að setja afl inn á flutningsnetið og bréf upp á réttinn til að taka afl út af flutningsnetinu. Bæði kaupendur og seljendur geta minnkað áhættu sína með viðskiptum á framvirkum markaði.

Ef framvirkir samningar eru gerðir beint, þá þarf aðkomu flutningsnetsins og kerfisstjóra til að gera þá virka.

#### 4.3.4 Langtíma samningar

Stór fyrirtæki sækjast efir því til að minnka áhættu sína á raforkumarkaði með beinum samningum við orkusala. Slíkir samningar geta verið og eru yfirleitt hér á landi, samningar um kaup á aflblokk til margra ára. Í samningunum geta verið ákvæði um orkuverð, hvernig uppgjöri skuli háttað, afhendingarskilmálar, heimildir til skerðingar á afhendingu orku eða afls og fleira sem almennt finnst í viðskiptasamningum.

Þessir samningar fara því ekki gegnum kauphöll. Í þeim geta því verið ákvæði um uppgjör á öðrum verðum en markaðsverð stundamarkaðar. Kerfisstjóri þarf að taka tillit til þessara samninga þegar hann ákvarðar öryggi kerfisins og handhafar slíkra samninga geta einnig þurft að hafa samninga við flutningskerfið.

Þar sem hér er um mjög stór fyrirtæki er að ræða, þá gæti mikil athafnasemi af þeirra hálfu á stundamarkaði eða framvirkum markaði truflað markaðinn verulega.

#### 4.3.5 Yfirafl og varaafli

Stysta aflblokkinn sem verslað er með á markaðnum hefur verið ein klukkustund, en jafnvel innan þess tíma er verulegt flökt á notuðu afl. Því verður að hafa verulegt yfirafl í gangi og tengt við kerfið svo flöktið valdi ekki truflunum í kerfinu. Þar til viðbótar þarf einnig að gera ráð fyrir fyrirvaralausum bilunum. Því þarf að vera tryggt, að ætíð sé hæfilega mikið af vélum í tómgangi tengt við kerfið og einnig vélar sem hægt er að gangsetja með litlum fyrirvara í stað þeirra sem bila.

Vaxandi hreyfing er í þá átt að stytta þær aflblokkir sem verslað er með, allt niður í 5 mínútur. Þetta kann að vera betra fyrir vindafl og sólarþil, þar sem veðurbreytingar geta valdið snöggum breytingum á vinnslunni. Það er einnig lögð áhersla á að auka samninga um rofheimildir hjá kaupendum, þar sem afl er skert um skamma stund í einu, en slíkir samningar milli kaupenda og seljenda geta lækkað verð kaupenda og minnkað áhættu seljenda.

Kerfisstjóri hefur með höndum viðskipti með yfirafl, varaafli og annað sem þarf til skammtíma öryggis. Þessi viðskipti fara fram eftir að lokað er fyrir tilboð á stundamarkað næsta dags.

Vinnsla aflvéla sem hafa hlutverk sem varafl er gerð upp á grundvelli markaðsverðs frá stundamarkaði.

## 4.4 Notkunarmynstur

Rétt eins og aflstöðvum hentar það notendum misjafnt að spila á hvert markaðsform. Hægt er að greina ákveðin mynstur í notkun einstakra notenda og skilgreina tegundir vöru sem hverjum og einum hentar, en flestir hafa blandaðar þarfir og ógerlegt fyrir söluaðila að greina það allt. Það er einmitt undir slíkum kringumstæðum sem markaðir virka vel, þegar notendur geta sjálfir valið þá vöru sem þeir vilja kaupa. Tafla 1 sýnir nokkur slík mynstur.



Tafla 1 Nokkur mynstur rafmagnsnotkunar.

Nr.	Mynstur*	Einkenni
1	Grunnafl	Rafmagn sem tekið er jafnt mestan hluta ársins.
2	Milliálag	Jafnt álag yfir hluta dagsins.
3	Toppálag	Álagstoppar vara stutt og koma tilviljunarkennt.
4	Víxlálag	Notandi getur valið milli raforku og annarra orkuforma. a. Valið á grundvelli verðs eingöngu (eldsneyti) b. Valið eftir aðgengi (sól, vindur)
5	Skerðanlegt álag	Hægt að rjúfa afhendingu um lengri eða skemmri tíma. a. Afgangorka. Seljandi hefur rofheimild ef birgðastaða hráorku er slök (staða miðlunarlóna). b. Flutningsnet hefur rofheimild vegna öryggissjónarmiða,

Á Íslandi er mynstur 1 grunnafl, meira áberandi í álaginu en gengur og gerist annarstaðar. Ástæðan er hlutfallslega mikil stóriðja, sem tekur rafmagnið jafnt yfir árið. Þessi orka er ódýrari til vinnslu en önnur orka, en minna afl þarf til að framleiða sömu orku og því deilist fjármagnskostnaður vinnslunnar á fleiri kílóvattstundir. Hér á landi er fjármagnskostnaður mest allur kostnaður vinnslunnar. Algengt er að stóriðjufyrirtæki sjái sér hag í að taka hluta orku sinnar sem afgangorku (mynstur 5.a) gegn lægra verði. Það er líka vinnslufyrirtækinu í hag, þar sem það getur haft minni miðlun á móti og skuldbundið sig til að afhenda meiri orku. Afgangorka í þessu formi þekkt ekki í raforkukerfum sem byggja á jarðefnaeldsneyti þar sem eldsneytismarkaðurinn sér um að hafa ætíð næga orku tiltæka og hráorkukostnaðurinn er ekki núll eins og í vatnsaflskerfum.

Í varmaorkukerfum er hins vegar hvatt til kaupa á afgangsafl, sem er svipað og flokkur 5.b, nema kaupandi semur um afslátt gegn því að heimila rof af öryggisástæðum eða sjálfvirkt rof ef orkuverð fer upp fyrir ákveðin mörk.

Mynstur 2, milliorka, er til dæmis orka til verksmiðju sem vinnur á daginn en er lokuð um nætur og helgar. Þann hluta orku sinnar sem er stöðugur yfir daginn getur notandinn samið um við vinnslufyrirtæki með föstum samningi, en til að koma til móts við markaðssveiflur á sölu afurðar sinnar getur notandinn nýtt sér framvirka samninga með eða án milligöngu kauphallar.

Mynstur 3, toppálag verður þegar einstök tæki eru sett í gang og stöðvuð aftur eftir skamma stund. Þar sem notendur eru margir leggst þetta álag saman á tilviljunarkenndan hátt og verður sveiflukennt álag svipað og það sem sýnt er á Mynd 1 Almenn notkun[...]. Söluvyrirtæki getur þá keypt hluta þessarar orku af vinnslufyrirtæki sem grunnorku og selt notendum á stundamarkaði eða eftir gjaldskrá.

Mynstur 4, víxlálag er álag þar sem notandinn velur hvaðan hann tekur orku til sinna nota. Mynstur 4 a. þekkt hér á landi í fiskmjölsverksmiðjum sem hafa rafmagnskatla og olíukatla hlið við hlið og nota eftir því hvort er hagkvæmara fyrir þær hverju sinni. Mynstur 4 b. sést til dæmis ef notandi setur upp hjá sér vindrafstöð og tekur frá henni ef vindur blæs, annars af netinu. Í báðum tilfellum er um að ræða allmikla fjárfestingu af hálfu notanda.

Hugtökin forgangsorka og sveigjanleg orka eru ekki notuð yfir mynstur í samhengi við töflu hér að ofan (Tafla 1).

Hugtakið forgangsorka lýsir því, að rafmagn skuli ætíð afhent eftir þörfum viðskiptavinar. Ef orkusamningur segir að um forgangsorku sé að ræða, þá má seljandi ekki

þjóða fram orku til annarra nema víska sé fyrir því, að hann geti uppfyllt samninginn. Það merkir að hann skuli ætíð hafa nægt afl tiltækt og geta útvegað það eldsneyti sem til þarf í tíma með því öryggi sem eldsneytismarkaðurinn býður upp á. Sé litið til vatnsorkukerfa, þá verður seljandi að meta áhættuna af ótryggu vatnsrennsli og eðlilegt að kaupanda sé gerð grein fyrir því mati. Geri seljandi síðan aðra samninga við aðra kaupendur getur sú spurning vaknað hvort nýju samningarnir hafi áhrif á öryggi afhendingar til handhafa hinna fyrri. Sama spurning getur vaknað, ef seljandi breytir einhverju í áhættumati sínu.

Hugtakið forgangsorka getur átt við öll notkunarmynstur nema 5 a. afgangorku. Þörf notanda fyrir forgangsorku getur átt rót í bæði samkeppni á þeim markaði þar sem hann selur afurð sína og þeim tryggingum sem honum er nauðsyn að veita viðskiptavinum sínum, sem hann hefur gert við framvirka sölusamninga. Þessi þörf getur þannig bæði verið viðvarandi eða tímabundin. Þeir sem þurfa forgangsorku og kaupa á stundamarkaði þjóða því hátt verð til að tryggja afhendingu. Bæði heimili og þjónustugreinar eru talin þurfa forgangsorku.

Hugtakið afgangorka, mynstur 5 a er í vatnsorkukerfum tengt hugtakinu forgangsorka. Afgangorka er afhent þegar nóg vatn er í miðlunarlónum. Seljandi hefur heimild til að skerða afhendingu afgangorku að vissu marki til að minnka hættu á vatnsskortri í framtíðinni og tryggja þannig órofa afhendingu forgangsorku. Frjálsir raforkumarkaðir í eldsneytiskerfum hafa ekki það hlutverk að tryggja afhendingu orku, þeir tryggja aðeins afl. Afgangorka er því ekki verslunarvara í kerfum sem byggja á notkun eldsneytis og samrýmist illa frjálsum stundamarkaði sem byggir alfarið á skammtímasjónarmiðum.

Hugtakið sveigjanleg orka lýsir því, þegar rætt er um notkun, að notandi getur hnikað notkun sinni til í tíma, án þess að það valdi honum teljandi óþægindum eða kostnaði. Sveigjanleg orka getur átt við öll notkunarmynstur, en yfirleitt er ekki rætt um afgangorku sem sveigjanlega orku héraendis. Notandi getur samið um notkun með rofheimildum (flokkur 5 a og 5 b), en þá er notkun hans skert fyrir en annarra og hann getur fengið lægra verð, bæði frá vinnslu og flutningsaðilum. Notandi sem þarf sveigjanlega orku býður lágt verð á stundamarkaði og sættir sig síðan við að fá ekki afhent, ef markaðsverð kemur út hærra en hann bauð.

Sveigjanleg orkunotkun á yfirleitt við notkun sem hægt er að færa til innan dags, en notkun afgangorku hefur í för með sér lengri rof, vikur eða mánuði og getur þannig haft veruleg áhrif á nýtingu fjárfestingar notanda.

Ekki er ljóst hve mikið af orkunotkun héraendis er sveigjanleg orka og heldur ekki ljóst hve vel þau fyrirtæki sem hana nota mundu þola verðsveiflur sem yrðu á stundamarkaði.

## 4.5 Heildarmarkaður

Ekki er að fullu ljóst hvernig heildarmarkaðurinn myndi skiptast milli hinna einstöku undirmarkaða hér á landi. Þó er ljóst, að stóriðjan mun ætíð sækjast eftir því afkomuöryggi sem felst í föstum samningum, enda góð nýting framleiðslugetu fyrirtækjanna mikilvæg fyrir samkeppnistöðu þeirra á markaði. Stóriðjan hefur fasta samninga í dag og líklegt að svo verði áfram.

Tilvist sölufyrirtækja á almenna markaðnum auðveldar notkun framvirkra kaupsamninga í heildsölu, en í þeim felast einnig gagnkvæmar afkomuþryggingar. Í dag þjóða stærri fyrirtæki út framvirka orkusamninga og Landsvirkjun hefur staðlað nokkrar afluþlokkir til birtingar á heimasíðu sinni sem henta til framvirkra viðskipta. Frjáls framvirkur markaður með afluþlokkir lengri en einn dagur er því fyrir hendi, en kauphallarviðskipti eru ekki komin á. Ekki liggja fyrir upplýsingar um skipulegan eftirmarkað.



Stóriðjusamningar ná nú yfir um 80% af heildarmarkaðnum og framvirkir samningar taka verulegan hluta af því sem eftir er. Í okkar fámenna landi yrði stundamarkaðurinn mjög grunnur og gæfi tæplega marktæka mynd af þróun orkuverðs, sérstaklega ekki með framboð vatnsorku eins breytilegt og raun ber vitni. Væntanlegur fjárfestir með stóriðjufyrirtæki verður því að tryggja stöðu sína með löngum orkusölusamningum og vill að auki hafa væntingar um að geta framlengt þá með samkeppnishæfu orkuverði. Óvissa um stærð auðlindar, vekur upp spurningar um það, til hve langs tíma hægt er byggja þær væntingar á raunhæfu mati, en ef væntingarnar minnka fellur fjárfesting hans í verði. Markaðsóvissa á raforkmörkuðum, til dæmis í tengslum við sæstreng hefur sömu áhrif og minnkar greiðsluvilja þessara fjárfesta.

## 4.6 Langtíma öryggi notenda

Á frjálsum markaði er stundamarkaðurinn öflugastur við að mynda þá fjárfestinga hvata sem tryggja langtíma öryggi afhendingar. Hvatarnir eflast með hækkandi orkuverði vegna vaxandi eftirspurnar. Fjárfestar áætla markaðshlutdeild og sjá hvenær tímabært er að fjárfesta í aflstöðvum. Þannig tryggir frjáls markaður nægt afl til vinnslu raforku, ef markaðurinn er nógu djúpur og vex nógu hratt til tryggja samfelldar fjárfestingar og samkeppni margra aðila í einu.

Í vatnsorkukerfi eins og því íslenska verður viðvörunin um að langtíma öryggi sé að rýma sú, að orkuskortis fer að gæta tímabundið á hverju ári þegar vatnsár er slakt og þrýstir upp verði á skammtímamarkaði. Þá minnkar notkun fyrst í mynsturflokkum 4a. (notandi ræður skerðingu) og 5a. (orkusali ræður skerðingu). Góð vatnsár fela þessa viðvörun og því verður að greina áhrif hennar á virkni alls orkukerfisins með líkindafræðilegum greiningum. Sú greining er ekki á færi neins eins fyrirtækis í raforkugeiranum, því hún krefst upplýsinga, um öll vinnslufyrirtækin og flutningsnetið, sem ekkert einstakt fyrirtæki hefur. Markaðurinn á Íslandi hefur aðeins rúm fyrir eina sæmilega stóra aflstöð á 3 til 4 ára fresti. Það verður því aðeins einn fjárfestir á hverjum tíma svo samkeppnin virkar illa eða alls ekki til að tryggja öryggi á sama hátt og gerist í Evrópu.

Því getur frjáls rafmarkaður ekki tryggt langtíma öryggi hér á landi.

Fyrir mjög stóra notendur er langtíma öryggið eitt af því sem ræður úrslitum þegar þau velja stað fyrir starfsemi sína. Sjái þeir ekki fram á, að fjárfesting þeirra haldi verðgildi sínu minnkar greiðsluvilji þeirra. Standist öryggið ekki væntingar geta þeir þurft að leggja starfsemina niður eða flytja annað og það sama getur gerst hjá smærri notendum.

Stjórnvöld fylgjast hvarvetna með öryggi notenda og tryggja það með þeim ráðum sem þeim eru tiltæk, helst með markaðsráðum, en grípa líka inn í markaðinn telji þau þörf á. Dæmi um slíkt er það sem Bretar nefna „Capacity Market“, en á þeim markaði býður ráðuneyti orkumála út fjárfestingarstyrki til stórra eldsneytisstöðva fyrir grunnafl og aflar fjár til þess með álögum á sölu til notenda. Þetta gerist í Bretlandi vegna þess, að vindorka hefur forgang á markaði og getur truflað rekstur þessara grunnaflstöðva svo þær fá ekki næga hlutdeild í markaði til að ná inn föstum kostnaði sínum.

# 5 Virkni markaða og áhrif tenginga við útlönd

## 5.1 Forsendur góðrar markaðsvirkni

Hér að framan hefur rafmagnsmörkuðum verið lýst, hvernig þeir eru settir upp og hver virkni þeirra er. Fáir hafa meiri reynslu í uppsetningu slíkra markaða en ESB og í tilskipun framkvæmdastjórnarinnar nr. 72 frá 2009 er þessari reynslu lýst á lagamáli með þeirri þróuðu rökhugsun sem einkennir lagasmíð ESB. Í 6. gr. formála þessarar tilskipunar er því lýst í tveim setningum hvernig virkni verði að krefjast af rafmörkuðum til að þeir geti náð þeim tilgangi sínum að vera til hagsbóta fyrir notendur. Erfitt er að endurspegla vel á Íslensku þá faglegu hugsun rafmagnsmanna sem ofin hefur verið inn í lagamálið og því valið að setja greinina hér fram á Ensku.

*„A well-functioning internal market in electricity should provide producers with the appropriate incentives for investing in new power generation, including in electricity from renewable energy sources, paying special attention to the most isolated countries and regions in the Community's energy market. A well-functioning market should also provide consumers with adequate measures to promote the more efficient use of energy for which a secure supply of energy is a precondition.“*

Fyrri setningin lýsir þeim áhrifum sem markaðurinn þarf að hafa í heimi fjárfesta, en þeir verða að fá hæfilega (hvorki meiri né minni) hvatningu frá markaðnum til að festa fé sitt í aflvélum til að breyta annarri orku í raforku með þeim áherslum sem samrýmist stefnu ESB.

Sú áhersla sem er lögð á einangruð svæði í setningunni er leiðbeinandi fyrir uppbyggingu tenginets Evrópu sem sæstrengur hingað yrði hluti af, en þar sem slík tenging veldur hækkun raforkuverðs og lakari samkeppnisstöðu iðnaðar hér gagnvart Evrópu gæti þessi áhersla skaðað okkur.

Fyrri hluti síðari setningarinnar segir, að vel virkir markaðir þurfi að leggja notendum til nægar ráðstafanir til að ýta undir skilvirka (frá fjárhagslegu og umhverfislegu sjónarmiði) notkun hráorku og raforku. Þetta sýnir líka, að verð raforkunnar þarf að taka mið af skammtíma framleiðslukostnaði þeirra orkuforma sem þá stundinna hafa það hlutverk að bregðast við breytingu á eftirspurn.

Í síðari hluta setningarinnar er sagt að öruggt framboð (hrá-) orku sé skilyrði þess að hægt sé að ná fram um ræddri virkni sem fyrri hlutinn skilgreinir. Slíkt öryggi tryggja eldsneytismarkaðir.

Með öðru tungutaki segir þetta, að framboð orku verði ætíð að vera umfram eftirspurn, enda er orkuskortur dýr og hækkar orkuverð, sem er ekki til hagsbóta fyrir notandann. Þarna kemur fram sú hættu sem vofir yfir ef við innfærum markaðsform ESB til að stýra raforkumarkaði hér, án þess að hafa áður sett upp auðlindastjórnun til að tryggja framboð hráorku sem náttúran hér leggur fram án allra trygginga. Jafnframt þarf löggjöf sem tryggir að hægt verði að grípa til gagnráðstafana ef eitthvað fer úrskaiðis í stjórnun auðlindanna eða á markaðnum.

Það sem síðan ræður úrslitum um hve markaðir Evrópu virka vel er, að öryggis vegna er og verður alltaf að vera offramboð á afli, en það er eins og áður er komið fram tryggt sérstaklega á viðskiptalegan hátt. Þannig er tryggt, að raforkumarkaður ESB heldur verði eins og heildarkostnaður fjárfesta ásamt rekstri gefur tilefni til.

Annað mikilvægt atriði er, að misjafnar gerðir eldsneytisstöðva henta misjafnlega til að sinna þörfum markaða. Hægt er til einföldunar að skipta rafmarkaði upp eftir álagi eftirspurnar og hvaða tegund aflstöðvar hentar hverju álagssviði eins og Mynd 9 sýnir. Skoðað

frá þessu sjónarmiði sést, að stöðvar sömu gerðar keppa hver á sínu sviði, en stöðvar sömu gerðar hafa allar svipaðan stofnkostnað og svipaðan eldsneytiskostnað. Samkeppnin á markaðnum er því að stórum hluta keppni á milli jafningja.

Þau atriði sem standa upp úr eru þá:

- A. Krafa fyrir frjálstan markað. Markaðurinn myndi hæfilega hvata til að stýra fjárfestingum á hagkvæman hátt.
- B. Krafa fyrir frjálstan markað. Markaðurinn tryggir að skammtíma jaðarkostnaður ráði vali milli tegunda hráorku og framleiðenda.
- C. Forsenda. Aðföng hráorku séu trygg.
- D. Trygging fyrir virkni til hagsbóta fyrir notendur. Offramboð af fls af öryggisástæðum.
- E. Trygging fyrir eðlilegri samkeppni. Samkeppni á jafnstöðugrunni.

Öll eru þessi atriði til þess fallin, að halda orkuverðinu þannig, að notandinn fái orku á sem næst kostnaðarverði og öryggi hans sé tryggt. Ástæða þess, að setja verður upp frjálstan raforkumarkaði á þennan hátt, sé það á annað borð gert er sú, að í rafvæddum þjóðfélögum er notandinn bundinn, hann verður að fá raforku og borga fyrir það verð sem býðst, ella býr hann við skert lífsskilyrði ef um einstakling er að ræða og fyrirtæki verða annað hvort að leggja upp laupana eða flytja sig þangað sem raforkan er ódýrari. Frjálst markaður þar sem ofan nefnd atriði A - E standast tryggir því ákveðið jafnvægi milli framleiðenda og notenda.

## 5.2 Vegið áhættumat - Auðlindastýring

Auðlindastýring vatnsorkukerfis felur í raun í sér vegið áhættumat á hverri einustu ákvörðun sem tekin er um ráðstöfun vatns úr lónum orkukerfisins. Til þess notar Landsvirkjun aðferð sem er almennt í heiminum talin skara fram úr, það er að reikna vatnsgildi (Egill B Hreinsson (1994)). Aðferðin byggir á tölfræðigreiningu rennslisraða langt aftur í tímann. Þessi reikniaðferð er talin veita nákvæmustu upplýsingar um orkugetu fyrirtækisins (Elias B Elíasson, Skúli Jóhannsson, (2009)), það er hve miklar skuldbindingar um afhendingu orku fyrirtækið getur lagt á sínar eigin herðar og verið samt hæfilega öruggt um að vatn sé ávallt tiltækt þegar á þarf að halda.

Samkvæmt þessari aðferð áætla fyrirtækið kostnað viðskiptavina sinna af því að fá ekki afhenta þá orku sem þeir eiga rétt á samkvæmt samningum. Við þetta getur fyrirtækið bætt kostnaði vegna sölutaps og álitshnekkis standi það sig ekki og öðrum kostnaði sem það telur viðeigandi. Úr þessu fæst kostnaður/verð á orkuveiningu sem nefnist skortkostnaður/-verð og sýna má í kr./MWH. Þennan kostnað leggur fyrirtækið til grundvallar áhættumati. Þegar fyrirtækið tekur síðan ákvarðanir um afhendingu orku eða fjárfestingu getur það á hverjum tíma reiknað áhættu sína af að lenda síðar í vatnsskorti og tekið ákvörðun samkvæmt því.

Áhættumat fyrirtækis felst í því, að margalda saman skortkostnað og líkur á að hann verði, af völdum vatnsskorts, en líkurnar á vatnsskorti hækka verulega þegar lækkar í lónum.

Svipuð hugmynd um áhættu liggur að baki því, þegar menn ákvarða fjárfestingar í flutningskerfum til að koma í veg fyrir kerfishrun á stórum eða litlum svæðum vegna bilunar í aflstöð eða flutningskerfi. Þar sem afhending rofnar í þeim tilvikum án fyrirvara verður skortkostnaðurinn miklu hærri sé miðað við samfélagslegan eða þjóðhagslegan kostnað. Eftirfarandi Tafla 2 gefur hugmynd um hvaða stærðargráður hér getur verið um að ræða (Walker, A (2014), Sundell (2004))

Tafla 2 Orkuverð og skortkostnaður/-verð, stærðargráður

	Greiðandi/tjónþoli	Verð Kr/MWh
Orkuverð við stöðvarvegg	Notandi orku	4.000
Skortkostnaður orkusala	Notandi orku	25.000
Skortkostnaður flutningskerfis	Samfélagið	800.000

Þegar stórir orkusamningar eru gerðir er eðlilegt að gerð sé áreiðanleikakönnun og þessi aðferðafræði kynnt viðskiptavini. Slík áreiðanleikakönnun getur þannig orðið grundvöllur málsóknar ef framleiðandi bregður út af með stýringu lóna sinna eða tekur á sig viðbótar skuldbindingar án þess að fjárfesta í nægri orkuöflun á móti.

Til að skoða orkuöryggi landsins í heild þarf að taka öll vinnslufyrirtæki með í reikninginn og þar með allar jarðvarmavirkjanir. Í ljósi reynslunnar af jarðvarmavirkjunum undanfarin ár þarf að leggja mat á vatnsgildi jarðvarmageyma þeirra og taka tillit til þess.

Það, að hið opinbera taki auðlindastýringuna upp á sínar herðar og líti til orkukerfis alls landsins mundi uppfylla forsenduna C í kafla 5.1 og finnast vart aðrar leiðir til þess.

### 5.3 Aðstæður í Noregi

Þó uppistaðan í raforkukerfi Norðmanna sé vatnsafl eins og hér, þá er margt svo ólíkt, að ekki er hægt án ítarlegrar skoðunar að taka upp stefnumörkun þeirra og aðferðir hér landi. Hins vegar má margt af því læra að skoða aðstæður þar.

Norðmenn hófu stórstíga uppbyggingu vatnsorku sinnar löngu á undan Íslendingum. Í upphafi þess ferlis byggðust upp virkjanir sem voru meira og minna einangraðar. Í þá daga var ákvörðun um stærð vatnsorkuvera tekin með þeim hætti, að vélarafl skyldi vera að minnsta kosti fullnægjandi. Þeir hafa því hlutfallslega mun meira afl í sínum virkjunum en hér var sett upp eftir að tölvur komu og gerðu kleift að ákvarða hagkvæma stærð vélanna með öðrum aðferðum. Þeir hafa einnig mörg stór miðlunarlón, en hvort tveggja saman veldur því, að afleiðingar af mistökum í auðlindastjórnun verða þar hlutfallslega mun vægari en hér.

Norðmenn hafa heldur engan jarðvarma og þurfa því ekki að hafa áhyggjur af samkeppnisstöðu hans gagnvart vatnsorkunni og árangursgefandi auðlindastýring verður einfaldari.

Norðmenn hafa lengi haft tengingu með sækapli til Danmerkur og enn sterkari tengingar við Svíþjóð. Svíar hafa einnig lengi haft tengingar við Þýskaland. Norðmenn kunna því að umgangast slíkar tengingar og vita mæta vel, að ef raforka er flutt út um slíka tengingu, er um leið flutt inn það raforkuverð sem ríkir á hinum endanum. Þetta gerist í því meira mæli sem tengingarnar eru sterkari þar til markaðsvæðin renna saman í eitt. Þannig innflutt orkuverð kemur fram sem fórnarkostnaður í útflutningslandinu og þá staðreynd nýttu Norðmenn sér til að koma á fót virkum frjálsum markaði 1993 í kjölfar nýrra orkulaga 1992. Þetta var að fordæmi Breta og áður en sama varð upp á teningnum í Mið-Evrópu. Með því að markaðurinn endurspegladi þennan fórnarkostnað var uppfyllt sú krafa sem gera verður til vel virkra frjálsra markaða, að notendur hafi leið til að nýta orku á þann máta, að leiði til hagkvæmari nýtingar orku( Hönnunarkrafa B, Kafla 5.1). Þetta auðveldaði einnig viðskipti þeirra með raforku við útlönd. Þessar tengingar við Mið-Evrópu voru þó ekki svo sterkar í upphafi, að þær megnuðu að lyfta orkuverði í Noregi verulega.

Norðmenn eru nú að komast í þá stöðu, að þeir hafa því sem næst full virkjað alla sína vatnsorku og nýta sjálfir mest alla þá tryggu orku sem rafkerfi þeirra getur boðið upp á. Eigi

að síður mun alltaf renna töluvert fram hjá virkjunum af orku sem er ekki nægilega trygg. Þeim varð ljóst fyrir aldamót, að í þeirri stöðu hefðu þeir um tvær leiðir að velja.

- a) Þeir geta byggt gasstöðvar sem geta hvort tveggja, fyllt upp í þurru tímabilin þegar umframorka er lítil, eða lagt til tryggja orku. Hugsanlega má bæta við vindmyllum, en það gæti orsakað aukinn kostnað í flutningskerfi.
- b) Þeir geta aukið tengingar við Mið-Evrópu og Bretland og selt umframorkuna þangað. Þegar þurrt er í ári geta þeir flutt orku til baka og þá eru hin endanlegu áhrif þau, að afgangorka þeirra hefur verið tryggð rétt eins og þeir hafi fengið nýja stóra miðlun til að miðla rennslinu sem annars færi til spillis.

Báðar þessar leiði valda hækkun orkuverðs, en með því að taka snemma til þessara ráða má halda hægum stíganda í hækkununum og gefa norsku þjóðinni svigrúm til að aðlagast herra orkuverði.

Norsk stjórnvöld hafa á síðustu árum lagt megin áherslu á leið b). Einhver umsvif eru þó samkvæmt leið a) og einnig er nokkuð um nýjar vindrafstöðvar og smávirkanir, en þar eru erlendir aðilar gjarnan á ferðinni og leggja áherslu á útflutning.

Í Noregi ríkir almenn sátt um að hægja á frekari virkjun vatnsfalla, meðal annars af náttúruverndarsjónarmiðum. Sem stendur er einnig næg ónýtt orka í norska raforkukerfinu.

Norðmenn taka þá áhættu með leið b), að auðlindastýring þeirra getur brugðist þegar náttúran sýnir á sér óvenjulegar hliðar. Nú í sumar (2018) til dæmis hafa óvenju miklir hitar í Evrópu aukið eftirspurn rafmagns vegna vaxandi notkunar loftkælingar og hækkað þar orkuverð (sjá Mynd 11 í kafla 5.5). Norðmenn hafa því flutt mikið út þrátt fyrir óvenju litla úrkomu heima fyrir og frést hefur, að aðilar innan ESB væru að vara þá við að mikill útflutningur þeirra nú gæti valdið orkuskorti næsta vor. Hvort svo verður mun sýna sig, en í Noregi eru mörg lón og yfirdrifið vélarafl við hvert, sem takmarkar áhættu þó eitt lón tæmist.

Tvö mál milli eftirlitsstofnunar EES, ESA og Norðmanna eru lærdómsrík fyrir Íslendinga.

Orka til stóriðju hefur verið lykilatriði norskrar stefnu um málefni iðnaðar. Með föstum samningum til langs tíma tryggði Statkraft iðnaðinum ódýra orku, sem var forsenda þess, að iðnaður í Noregi gæti þróast áfram þrátt fyrir há laun. Þegar ríkisstjórnin tók frumkvæði að því 1999, að framlengja samningana, sem flestir áttu að renna út 2004 til 2011 kom skýr viðvörðun frá eftirlitsstofnuninni ESA, að slíkir samningar teldust ríkisstyrkir. ESA taldi samningana bæta samkeppnisstöðu norsks iðnaðar á kostnað iðnaðar annarstaðar í Evrópu og tók hvorki tillit til annars kostnaðar né fjarlægðar frá mörkuðum. Ríkið tók afstöðu ESA gilda og ákvað að framlengja ekki samningana. Bannið gegn ríkisstyrkjum olli erfiðleikum við að finna nýtt form á samningunum, en vorið 2011 fannst slíkt form með ríkistryggingum á fjármögnun afsláttarsamninga við iðnaðinn. ESA mat þetta svo, að þar væri ekki um ríkisstyrki að ræða með þeim rökum, að árið 2011 og síðar var umframorka 6 – 10 TWh/ár í norska raforkukerfinu.

Annað mál kom upp vegna heimfallsréttarins, sem var í lögum um leyfisveitingar frá 1917 og var mikilvægur fyrir stjórnun og uppbyggingu norsks iðnaðar. Samkvæmt honum yfirtók ríkið bæði virkjunina sjálfa og réttinn til orkuvinnslu eftir 60 ára rekstur. Norðmenn töldu við gerð EES samningsins 1992, að heimfallsréttinum yrði ekki raskað, þar sem samningurinn fjallaði ekki um eignarrétt. ESA aftur á móti taldi að ESB reglur um stofnun og fjárfestingar ættu við um heimfallsréttinn og 2007 dæmdi EFTA dómstóllinn að þar færi ESA með rétt mál. Heimfallsrétturinn var ekki afnuminn en honum breytt í nokkrum atriðum. Einkaaðilar fá nú ekki leyfi til að kaupa eða virkja vatnsaflstöðvar aðrar en smávirkanir; vatnsréttindi sem falla til ríkisins verða nú ekki seld aftur, hvorki gömlum né nýjum eigendum; einkaaðilar geta áfram átt allt að 1/3 hvernar vatnsaflstöðvar.

Allt það sem hér er sagt sýnir vel einbeitingu Norðmanna og forsjálni í að halda sjálfir yfirráðum yfir auðlindum sínum. Norðmenn hafa einnig lagt sig fram um að halda í orkufrekan iðnað í landinu. Á Íslandi hefur ekki verið sýnd sama forsjálni.

## 5.4 Aðstæður á Íslandi með frjálsan markað án sæstrengs

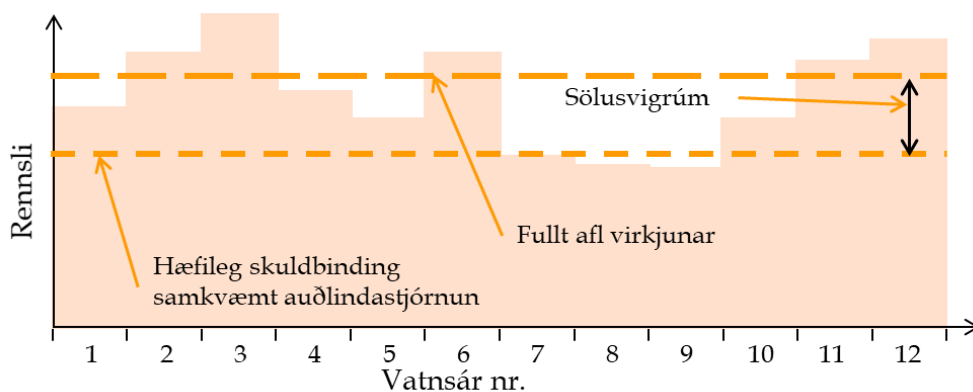
Rafmagn þjónar þeim tilgangi á Íslandi, að flytja orku frá fallsvæðum ána og jarðvarmasvæðum til fólks og fyrirtækja og gerir það vel. Rafmagn er í eðli sínu framleitt til þess að vera flutningsmiðill fyrir orku frá öðrum orkuformum sem ekki eru eins hagkvæm í flutningi eða ekki eins auðvelt að breyta í það annað form sem þörf er fyrir á hverjum stað og tíma.

Frá upphafi rafvæðingar á Íslandi og fram á síðustu ár hafa vinnslufyrirtæki verðlagt orku sína til almenns markaðar eftir gjaldskrá. Þá er bæði verð og öryggi einhliða ákvörðun orkusala. Eftir 2003 hefur þó myndast markaður í formi útboða stærri fyrirtækja á almenna markaðnum og tvíhliða samnings í kjölfarið. Þetta kann líka að vera það markaðsform sem best hentar hér, en heildstæð athugun á því þyrfti að fara fram.

Formlegum uppboðsmarkað hefur hins vegar ekki verið komið á og kauphöll er ekki fyrir hendi. Það var þó ætlunin með raforkulögunum frá 2003, að slíkur markaður yrði þungamiðjan í raforkumarkaði á Íslandi.

Það er því rétt að líta á hvernig uppboðsmarkaður hér stenst gagnvart skilyrðunum í staflaðum A til E í kafla 5.1, sem þar eru talin grundvallar atriði.

A: *Markaðurinn myndi hæfilega hvata til að stýra fjárfestingum á hagkvæman hátt.* Hér á landi er vatnsorka ráðandi hluti orkuvinnslunnar. Stærstu fyrirtækjunum er skylt að afhenda trygga orku til stóriðju og þau veita kaupendum almennrar orku sömu tryggingar, þótt það sé ekki fyrir skrifað í lögum. Orka sem verslað er með á uppboðsmarkaði hefur eðlilega ekki sömu tryggingar varðandi afhendingu og fastir samningar, þannig að almennir notendur og sölufyrirtæki sem selja þeim mundu reyna að tryggja afhendingu til sín með slíkum samningum. Uppboðsmarkaður yrði því allt of grunnur og þó allur almenni markaðurinn og hluti stóriðjumarkaðar væri látinn fara þar í gegn, yrði hann óþægilega grunnur og þar með verða hvatarnir sem verðin mynda illa marktækir.



Mynd 10 Breytilegt vatnsrennsli að virkjun

Við þetta bætist sú áhætta sem fólgin er í breytileika vatnsrennslis til virkjana. Eins og Mynd 10 sýnir er aðrennsli vatns að virkjun afar misjafnt eftir árum. Í tvö til þrjú ár af hverjum tíu er rennsli lítið og þarf að geyma vatn í lóni til að hafa þá nóg. Önnur ár er rennsli yfirdrifið

og þau árin geta vatnsorkuver undirboðið alla aðra keppinauta á markaði, enda er verðmæti hráorkunnar þá núll. Þau ár sem rennslið er lítið geta hvatar til að byggja orðið sterkir, en minnka fyrirsjáanlega aftur þegar eðlilegt ástand myndast á ný, sem fælir samkeppnisaðila frá.

Áhrif vatnsorku í íslenska orkukerfinu ásamt grunnnum markaði gerir það því að verkum, að hvorki er hægt að búast við, að hvatar til fjárfestinga verði stöðugir né hæfilegir.

B: *Markaðurinn tryggir að skammtíma jaðarkostnaður ráði vali milli tegunda hráorku og framleiðenda.* Hér á land er aðeins vatnsorka og jarðvarmi notuð sem hráorka. Skammtíma jaðarkostnaður er 0 fyrir bæði, þannig að þegar af þeirri ástæðu gengur þetta atriði ekki upp hér á landi.

C: *Aðföng hráorku séu trygg.* Aðföng vatnsorku eru ekki trygg og jarðvarmageymar eiga það til að rýrna hraðar en áætlanir gerðu ráð fyrir í upphafi. Þessi forsenda verður því ekki fyrir hendi hér á landi.

D: *Offramboð afls af öryggisástæðum.* Séð verður um, að þetta verði í lagi.

E: *Samkeppni á jafnstöðugrunni.* Þrátt fyrir, að skammtíma jaðarkostnaður bæði vatnsafls og jarðvarma sé, 0 þá hefur vatnsaflíð yfirburðastöðu á frjálsum markaði vegna sveigjanleika síns. Til viðbótar kemur það, að óvirkjaðir kostir eru afar misdýrir vegna náttúrulegra aðstæðna og nýjar virkjanir munu hvorki hafa jafnstöðu gagnvart eldri virkjunum eða síðari. Þetta atriði gengur því ekki upp hér á landi án sérstakra ráðstafana til að jafna aðstöðumuninn.

Það er alveg ljóst af þessari yfirferð staflíða A til E í kafla 5.1, að hér verður ekki að óbreyttu komið upp vel virkum raforkumarkaði samkvæmt orkulögum ESB, þannig að sú breyting sé til hagsbóta fyrir notendur. Ekki er unnt að skapa þær aðstæður hér sem knýja fyrirtæki til að taka mið af hagsmunum notenda eins og raforkumarkaði er ætlað að gera. Því er hætt við að þau hugsi eingöngu um að standa sig betur en keppinautarnir hvað varðar arðgjöf og möguleika til að stækka fyrirtækið með nýrri virkjun. Markaðshегðun þeirra mun þá lúta lögmálum leikjafræðinnar og er ófyrirsjáanleg nú.

Frjáls markaður af þeim toga sem hér er lýst hefur einkenni seljendamarkaðar með bundna kaupendur. Slíkur markaður getur orðið erfiður fyrir notendur. Fyrir þá er raforka slík nauðsyn, að notandinn á um það eitt að velja að greiða það verð sem uppsett er með því afhendingaröryggi sem upp á er boðið, eða flytja úr landi. Fyrir notandann hér á landi er gjaldskrá eða langtíma samningar því öruggari viðskiptamáti en sá frjálsi markaður sem hægt er að tryggja hér á landi.

Þar með er ekki sagt, að hér megi ekki nýta markaðslögmálin til hagsbóta fyrir notendur, en innri raforkumarkaður ESB og þau orkulög sem þar gilda benda ekki á færa leið.

Ástæða þess, að markaðsfræðingar leggja til uppskiptingu Landsvirkjunar (Christensen, (2016)) er sú hætta, að hún nái yfirburðastöðu á frjálsum markaði og þar með stöðu verðseta og hugsanlega lítur Landsvirkjun svo á, að slík staða verði henni hagstæð. Skipting Landsvirkjunar nægir hins vegar ekki til að hindra fákeppni auk þess sem auðlindastýring orkukerfisins verður í hættu. Með skiptingu og banni við samráði slitnar í sundur hið heildstæða áhættumat sem óskipt fyrirtækið framkvæmir nú. Þá versnar heildar nýting auðlindanna og sú hætta vex, að eitt stórt lón tæmist á undan hinum og aflstöðvar neðan þess verði gagnslitlar þrátt fyrir nægt vatn annarstaðar. Þá sér heldur engin fyrir hvenær byggja þarf næstu virkjun til að tryggja öryggi almenna markaðarins.

Skipting Landsvirkjunar er því ekki sjálfsögð og síst ef ætlunin er að halda áfram þeirri stefnu, að stækka raforkumarkaðarins með því að fá alþjóðleg stóriðufyrirtæki til að fjárfesta hér. Þar hjálpar stærð hennar. Öflug auðlindastýring er forsenda slíkra samninga.

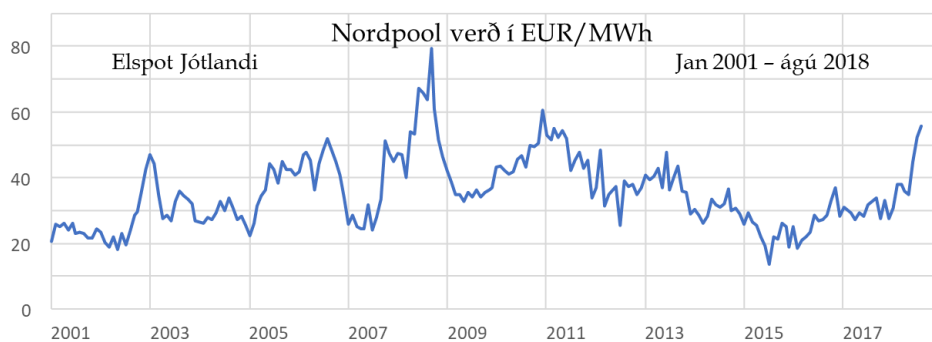
Við gerð stórra langtíma samninga eins og tíðkast á Íslandi er eðlilegt, að gerð sé áreiðanleikakönnun þar sem kaupandi kynnir sér væntanlegt öryggi afhendingar til sín til lengri tíma og þá aðferðafræði sem seljandi notar bæði til að meta öryggið og tryggja í rekstri miðlunarlóna. Við gerð slíkra samninga skilgreinist því ákveðið öryggi á viðskiptalegum forsendum. Þessi könnun getur orðið grundvöllur málssóknar telji kaupandi áreiðanleika orkunnar vera undir væntingum. Almennir notendur hafa ekki slíka tryggingu, en njóta góðs af með því, að raforkufyrirtækin telja sér skylt að veita þeim sömu tryggingar. Frjáls markaður gæti breytt því að einhverju leyti.

Heildarniðurstaðan er því sú, að ef við ætlum að nýta markaðsöflin til hagsbóta fyrir notendur hér þarf að finna leið sem hæfir aðstæðum, en sú leið er ekki augljós og ekki víst hún samræmist lögum ESB.

## 5.5 Aðstæður á Íslandi með frjálsan markað og sæstreng

Fyrstu hugmyndir um sæstreng munu hafa komið upp um 1947 og skyldi sá tengjast til Færeyja. Síðan þá hefur sæstrengshugmyndin nokkrum sinnum skotið upp kollinum og hefur Landsvirkjun staðið að nokkrum slíkum athugunum ásamt ýmsum erlendum aðilum. Oftast hefur verið við það miðað að leggja hann til Skotlands og að fyrirkomulag viðskipta um strenginn yrði samkvæmt föstum samningum, þannig að þau hefðu ekki áhrif á öryggi afhendingar hér innanlands og áhrifin á orkuverð til almennra notenda yrði með sama hætti og um nýja stóriðju væri að ræða.

Sæstrengur til Íslands frá Skotlandi er langur, liggur djúpt og er dýr. Lagningu slíks strengs er erfitt að réttlæta út frá arðsemissjónarmiðum nema hann sé full nýttur og afhending trygg allar stundir sem hann er heldur fullri flutningsgetu (allan uppítíma sinn). Til þess að halda flutningskostnaði í lágmarki þarf um 1000 MW streng og til flutnings þarf þá að fá yfir 8 TWh/ár, þau árin sem hann bilar ekki. Þetta er tvöfalt stærra en almenni markaðurinn á Íslandi og það, að virkja fyrir það magn gæti þurrkað upp það sem eftir er af auðlindum okkar.



Mynd 11 Sveiflur raforkuverðs í Evrópu

Nýr sæstrengur myndi hér eftir verða hluti af flutningsneti Evrópu sem spannar innri markað bandalagsins. Viðskipti um hann færu því fram samkvæmt reglum þriðja orkupakka ESB og þeim markaðsreglum sem gilda á innri raforkumarkaðnum. Orkuverðin báðum megin mundu ráðast af hinum frjálsa markaði sem er ráðandi við þann enda strengsins þar sem verð er hærra, það er að segja markaðnum erlendis. Mynd 11 sýnir dæmi um þær sveiflur sem verða á raforkumörkuðum í Evrópu, en þær hafa verið mjög miklar. Fyrir bæði notendur hér og framleiðendur táknar þetta mikla áhættu ef ekki eru gefnar viðunandi tryggingar um verð og magn viðskipta í stað þess að láta hinn frjálsa markað ráða eins og reglur ESB mæla fyrir.



Síðan um aldamótin hafa þau verið ekki oft sést á heildsölumarkaðinum á Mynd 11 sem réttlæta strenginn, en ef bætt er við því verðmæti sem hreinleiki hinnar íslensku orku hefur í augum Evrópubúa kann annað að vera uppi á teningnum og hefur verið talað um niðurgreiðslur í því samhengi. Eigi að síður hefur ekki verið hægt að réttlæta fjárfestingu í bæði strengnum og þeim virkjum sem þarf til að sinna útflutningnum. Hér á landi hefur oft verið talið, að strengurinn auki orkuöryggi landsmanna, en slíkt kostar of fjár ef stór hluti orkukerfisins stöðvast í náttúruhamförum eða vegna vatnsleysis.

Umráðan um sæstreng hefur á þessum áratug sem er að líða einkennst af því, að með sæstreng opnast leið til að selja ótryggða orku sem til er í íslenska kerfinu um sæstrenginn og virkja þá minna. Sala á slíkri orku krefst þess, að afhending sé skert ef séð er fram á vatnsskort svo tryggja megi notendum hér næga orku, en EES samningurinn leyfir ekki slíka takmörkun í verslun með vöru milli landa. Ef hér verður sá frjálsi seljendamarkaður sem kafla 5.4 lýsir hafa notendur á Íslandi því enga tryggingu fyrir því að fá alla þá orku sem þeir þurfa, en mikið gæti skort á í þurrum árum. Þetta er veruleg óvissa sem leggst ofan á óvissuna um orkuverð. Fyrir allan iðnað tákna þetta, að starfsemin þarf að gefa meira af sér þann tíma sem hún á annað borð getur farið fram. Óvissan um afhendingu ein og sér yrði mjög sterkur hvati til að fæla einhver þeirra iðnfyrirtækja úr landi sem fá orku sína gegnum frjálsa raforkumarkaðinn og verðóvissan eykur mjög á þann hvata. Fyrstu ár sæstrengsins er ef til vill auðvelt að kaupa sig frá þessari óvissu með því að greiða nógu hátt orkuverð, en það verður erfiðara síðar.

Samningar við sæstrengsfyrirtæki spanna ákveðinn tíma sem þau hafa til að ná fjárfestingu sinni aftur með hæfilegum arði. Eftir það verður strengurinn rekinn sem hluti af Evrópska tenginetinu og flutningskostnaður ákveðinn með gjaldskrá. Þá er hætt við, að orkuverð hér hækki og það jafnvel verulega svo allur íslenskur iðnaður missir samkeppnisstöðu gagnvart útlendum. Hætt er við, að þessi hækkun eigi sér stað hraðar en svo, að tími gefist til aðlögunar í íslensku þjóðfélagi og afleiðingar af því geta orðið geigvænlegar svo ekki sé meira sagt. Strengurinn fer því að hafa verulegan fælingarmátt löngu áður en raforkuverðið hækkar.

Í heildina mun sæstrengur að því er best verður séð auka á þá áhættu sem hinn frjálsi markaður mun skapa.

## 6 Niðurstöður

Íslenski raforkugeirinn er um margt vanbúinn til að koma á frjálsum raforkumarkaði eins og aðrar þjóðir innan EES-svæðisins hafa gert. Þeir virkjanakostir sem hér eru bjóða ekki upp á þá einsleitni í stofnkostnaði sem er forsenda samkeppni á jafningjagrundvelli og hráorkan, fallorka vatns og jarðvarmi er ekki verslunarvara á frjálsum markaði sem tryggir örugga afhendingu. Skammtíma jaðarkostaður hráorkunnar er núll fyrir vatnsafl og jarðgufustöðvar svo ekki er hægt að láta markaðsöflin á frjálsum rafmarkaði velja milli þeirra.

Frjáls uppboðsmarkaður með rafmagn stuðlar að hámarkun tekna frá notendum sem ekki hafa annað val en greiða uppsett verð fyrir þessa lífsnauðsyn eða flytja úr landi. Vegna takmarkaðrar samkeppni skortir hér nauðsynlegt aðhald fyrir slíkan markað.

Á hinum margfalt stærri mörkuðum Evrópu nær samkeppnin að takmarka tekjur við kostnað og eðlilega arðgjöf og tryggja jafnframt öryggi notenda. Ekki hefur enn verið sýnt fram á hvort eða hvernig slíkum markaði, sem hefði nauðsynlegt aðhald yrði komið á fót hér.

Tenging Íslands með sæstreng myndi vera áhættusöm fyrir íslenskan efnahag.

Þeirri spurningu er enn ósvarað, hvort eitthvað verður eftir af orkuauðlindinni þegar sæstrengurinn hefur fengið sitt, en þó nóg verði eftir fylgir honum mikil áhætta..

Útflutningur rafmagns um slíkan streng yrði að fylgja reglum hins frjálsa markaðar. EES samningurinn hindrar, að magntakmarkanir séu á viðskiptum milli landa og því ekki hægt að markaðsfæra afgangsortku um strenginn, en slík takmörkun þegar hætta á vatnsskortri eykst er það sem einkennir afgangsortku. Þá er heldur ekki hægt að tryggja, að vatnsskortur við virkjanir komi hlutfallslega jafnt niður á útflutningi um strenginn eins og á viðskiptavinum innanlands, þar ræður greiðsluvilji kaupenda sem aftur ræðst af samkeppnisstöðu.

Í upphafi yrði orkuverð á Íslandi lægra en erlendis, en þegar fram líða stundir mundi það jafnast. Reynsla Norðmanna sýnir, að betra er að fara sér hægt í slíkum málum, því það eru fleiri lög en orkulögin sem hafa áhrif á viðskipti með rafmagn. Samkeppnisstaða iðnaðar í EFTA-löndum gagnvart ESB er nokkuð sem stjórnvöld þar hafa gætur á og reynsla Norðmanna er sú, að í slíkum málum er ekki á vísan að róa með úrskurði ESA nefndarinnar og EFTA dómstólsins. Sæstrengur sem gæti flutt út meira en nemur notkun alls almenna markaðarins á Íslandi mundi þannig skapa verulega áhættu fyrir allan íslenskan iðnað og þjóðarbúið í heild.

Til að tryggja Íslendingum raforku í vatnslitlum árum þyrfti að hafa einskonar öryggismiðlun sem tryggir að vatnsrennsli til virkjana megi halda ofan þess að þær stöðvist. Þetta má túlka sem orku sem frátekin er handa Íslendingum og megi ekki selja úr landi, en það er andstætt EES samningunum sem Íslensk löggjöf ein og sér fær ekki breytt. Aðferðafræði til að ákveða stærð slíkrar öryggismiðlunar sem dygði bæði innlendum markaði og útflutning yrði einungis fundin með erfiðri vísindalegri rannsókn á tölfræði rennslis og markaðar og hún tekur óhjákvæmilega nokkurn tíma. Þá verður að hafa í huga, að slíkt öryggi skapar þær aðstæður að vatn verður eftir í lónum á hverju vori þegar leysingar byrja, vatn sem hægt hefði verið að nota til orkuvinnslu um veturinn og flytja út. Með öðrum orðum, skapar framleiðandanum beint tekjutap.

## 7 Heimildir

Hosseini-Zadeh, N. (2005). Power System Blackouts—Lessons Learned. In Proc. of the Australasian Universities Power Engineering Conference.

Heydt, G. T., (1986). Computer analysis methods for power systems, Macmillan Pub. Co.; London, New York.

Jónas Elíasson, (1997); Virkjanafræði, vatnsorkuver 5. útgáfa, Verkfræðideild Háskóla Íslands.

Walker, A., Cox, E., Loughhead, J., & Roberts, D. J. (2014). Counting the cost: the economic and social costs of electricity shortfalls in the UK. Royal Academy of Engineering. London.

Sundell, Jan et al. (2004). Power outages in 2003. Eurelectric, internal report

NET\_1 (2011). Efnahagsleg áhrif af rekstri og arðsemi Landsvirkjunar til ársins 2035. Greinargerð GAM Management hf. fyrir Landsvirkjun hf. í júní 2011;  
[https://www.landsvirkjun.is/Media/ahrif\\_ardsemi\\_Landsvirkjunar\\_til\\_2035.pdf](https://www.landsvirkjun.is/Media/ahrif_ardsemi_Landsvirkjunar_til_2035.pdf)

NET\_2 (2018). Orkutölur, <https://orkustofnun.is/orkustofnun/utgafa/orkutolur/>

NET\_3 (2018). Raforkuspár, Orkuspárnefnd,  
<https://orkustofnun.is/orkustofnun/rad-og-efndir/orkusparnefnd/raforka/raforkuspar/>

NET\_4 (2008). Eldsneytisspá 2008 – 2050, Orkuspárnefnd, (Gefið út sem skýrsla Orkustofnunar) ISBN 978-9979-68-245-5,  
<https://orkustofnun.is/media/eldsneyti/Orkuspa2008-50.pdf>

Christensen, L., (2016) OUR ENERGY 2030, Efficiency, competitiveness and transparency in the Icelandic energy sector (skýrsla gerð að tilstuðlan Samtaka Iðnaðarins), Markets & Money Advisory / Gl. Kongevej 1 / DK-1610 Copenhagen V / Denmark,  
<http://www.si.is/media/orku-og-umhverfismal/Iceland-Energy-2030.pdf>

Egill B Hreinsson (1994) Reiknilíkön við rekstur raforkuveitna og raforkukerfa. Háskóli Íslands. [https://notendur.hi.is/egill/rit/cont\\_educ\\_94/rekst2.pdf](https://notendur.hi.is/egill/rit/cont_educ_94/rekst2.pdf)

Elias B Elíasson, Skúli Jóhannsson, (2009) Hlýnandi veðurfar og orkuvinnsla. Hnattræn hlýnun og áhrif á orkugetu vatnsaflstöðva Landsvirkjunar.  
[https://2veldi.files.wordpress.com/2016/04/loftslagshlc3bdnun\\_v4.pdf](https://2veldi.files.wordpress.com/2016/04/loftslagshlc3bdnun_v4.pdf)