



Landsvirkjun

Gróðurhúsaáhrif og orkugeta raforkukerfisins

11.12.2007

**Annað veldi ehf
Skúli Jóhannsson**

**2.V
VELDI**

Inngangur

Gróðurhúsaáhrif, sem stafa af aukinni losun koltvísýrlings út í andrúmsloftið, eru talin auka hitastig á jörðinni og það mun hafa skaðleg áhrif víða. Innan vissra hitastigsbreytinga er talið að áhrifin verði þó jákvæð á Íslandi t.d. með hagkvæmari nýtingu raforkuöflunarkefisins við aukna bráðnun jökla sem leiðir til aukins rennslis við virkjanir.

Búist er við því að hlýnunin á Íslandi verði 3-5°C á síðasta hluta liðinnar aldar og á þessari öld, en talið er að um 2°C af þessari hlýnun sé þegar komin fram.

Við mat á rekstri og uppbyggingu raforkukerfisins þarf í þessu sambandi að hyggja að þremur þáttum:

- I. Er hlýnandi veðurfar í raun farið að hafa áhrif?
- II. Hve mikil eru þá áhrifin?
- III. Hvaða ráðstafana ætti að grípa til í stöðunni til að nýta þau tækifæri sem gefast með hlýnandi veðurfari og jafnframt halda uppi eðlilegum varúðarráðstöfunum, ef það fer að kólna aftur?

Í heimildum [1] og [2] er leitast við að svara spurningum I og II.

Til þess að greina spurningu III þá er nauðsynlegt að skoða nánar afkastagetu raforkukerfisins, einkum breytileika. Hugtakið orkugeta er jafnan notað til að skilgreina afkastagetu kerfisins og oftast er notuð ein tala t.d. 17750 GWh/á. Jafnan fylgja ekki upplýsingar um hvaða óvissa liggur að baki orkugetu. Hér á eftir verður leitast við að greina breytileika orkugetu og draga einhverjar niðurstöður, sem gætu skýrt eitthvað nánar hvað felst í spurningu III.

Aðeins er tekið tillit til áhrifa veðurfars og rennslis á breytileika, en ekki bilana í búnaði til raforkuframleiðslu og -flutnings.

Rennsli

Mældar (og reiknaðar) rennslisraðir til rekstrarhermana á raforkukerfinu eru til fyrir 55 ára tímabilið 1950-2004.

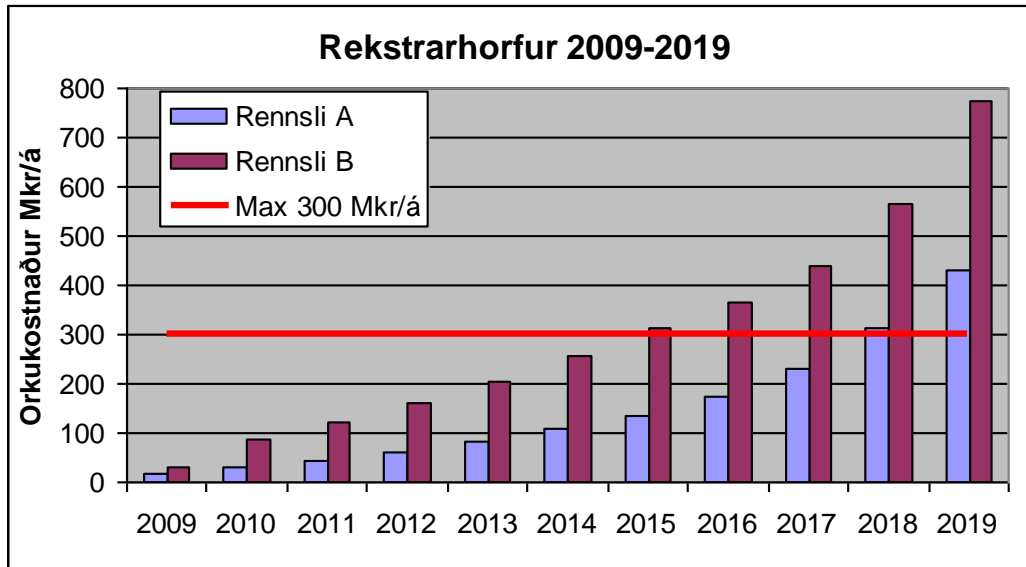
Í [1] og [2] er sýnt fram á að rennsli hafi verið að aukast jafnt og þétt á þessu tímabili. Rennslisraðirnar voru leiðréttar með hliðsjón af því að hitastig hafi verið að aukast á þessu tímabili sem svarar 1,56°C/öld, en það er varfærnislegt mat miðað við það sem kom fram í inngangi. Með leiðréttum rennslisröðum verða þær tölfræðilega stöðugar, en í því felst að meðaltal og staðalfrávik raðanna verður óbreytt allt tímabilið 1950-2004. Rennsli, sem búið er til með þessari aðferð, verður hér á eftir nefnt rennsli A.

Önnur aðferð er að nota beint vatnsárin 1985-2004 eða síðustu 20 ár mældu rennslisraðanna í rekstrarhermunum og hefur Landsvirkjun ákveðið að gera það í bili við útreikning á orkugetu. Með því falla út upplýsingar um mældan breytileika raðanna árin 1950-1984, sem er bagalegt. Þetta er rennsli B.

Rekstrarhorfur

Mynd 1 sýnir rekstrarhorfur fyrir 11 ára tímabilið 2009-2019 bæði fyrir rennsli A og rennsli B. Miðað er við að Kárahnjúkavirkjun og Fjarðaál á Reyðafirði séu að fullu komin í gagn og einnig aflþynnuverksmiðja á Akureyri. Tekin var ákvörðun um aflþynnuverksmiðjuna án þess að virkja sérstaklega fyrir því, en gert ráð fyrir að aukageta væri fyrir hendi í kerfinu vegna hlýnandi veðurfars.

Mynd 1



Mynd 1 sýnir, að ef leyfður er orkukostnaður allt að 300 Mkr/ári að meðaltali þá er enn aukageta fyrir hendi og ekki þarf bæta við nýrri virkjun fyrr en árið 2018 með rennsli A og árið 2015 með rennsli B.

Orkugeta

Í töflu 1 eru sýndir helstu tölfræðilegu eiginleikar hermunar með rennslis- aðferðum A og B.

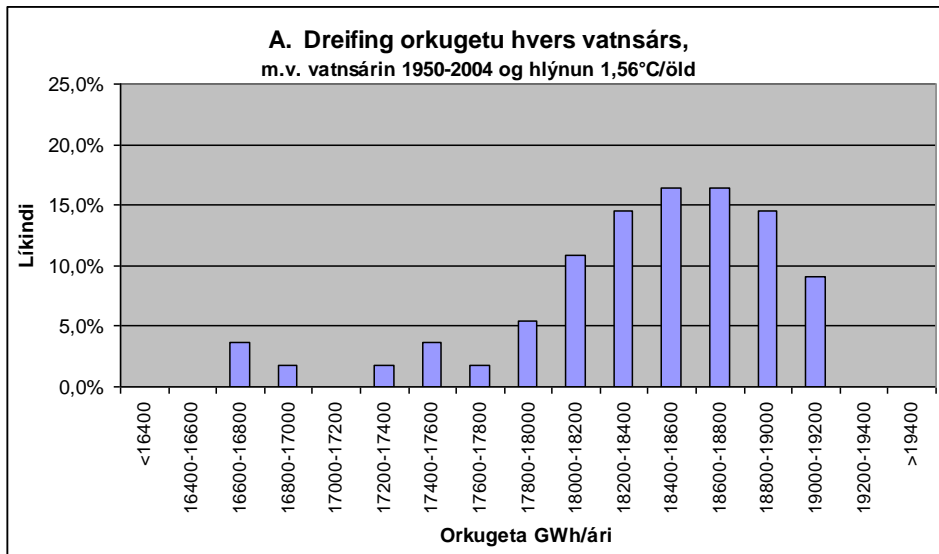
Tafla 1 Dreifing orkugetu einstakra vatnsára

Atriði	Eining	Rennsli A. 1950-2004 og hlýnun 1,56 °C/öld	Rennsli B. 1985-2004 mældar/reiknaðar Rennslisraðir
Fjöldi vatnsára		55	20
Meðaltal	GWh/á	18311	18069
Staðalfrávik	GWh/á	645	567
Breytileiki		3,5%	3,1%
Skakki		-0,97	-0,8
Min	GWh/á	16627	16747
Max	GWh/á	19161	18861
Max-Min	GWh/á	2534	2114

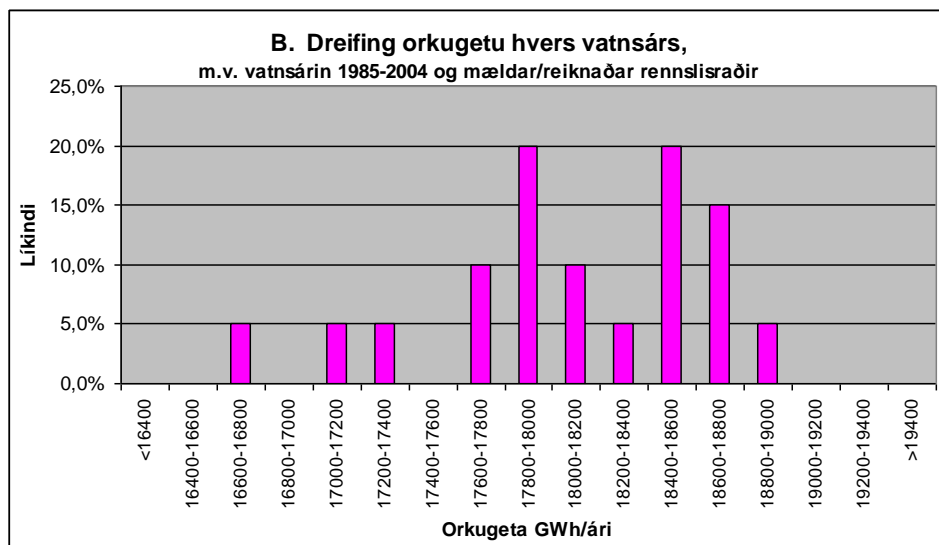
Aukageta við að nota rennslisaðferð A í stað B er $18311 - 18069 = 242$ GWh/á.

Myndir 2 og 3 sýna dreifingu á bak við niðurstöður í töflu 1.

Mynd 2



Mynd 3



Mynd 2 með 55 vatnsárum sýnir reglulegra útlit líkindadreifingar en mynd 3, sem byggir á aðeins 20 vatnsárum.

Stókastískar rennslisraðir

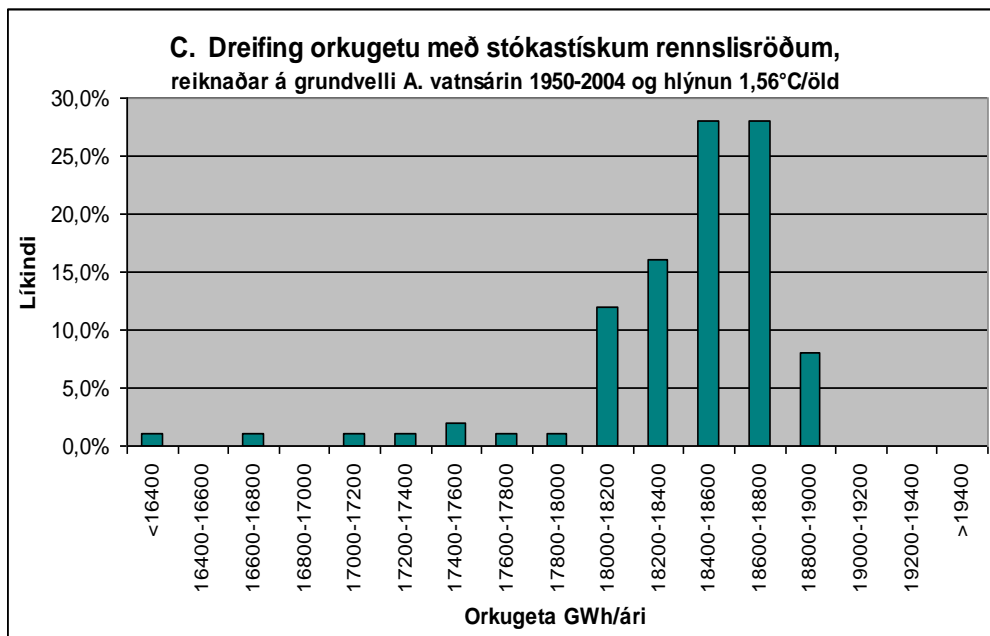
Tafla 2 sýnir niðurstöðu útreikninga á því að endurtaka 100 sinnum myndun stókastískra rennslisraða út frá 55 ára rennslisröðunum í aðferð A. Meðaltalið er $18405 - 18311 = 94$ GWh/á hærra en meðaltalið fyrir aðferð A og er það er vel innan við staðalfráviknið, sem er 435 GWh/á.

Tafla 2 Stókastískar rennslisraðir

Atriði	Eining	Rennsli C. 1950-2004, Stókastískar rennslisraðir byggðar á rennsli A
Fjöldi vatnsára		100
Meðaltal	GWh/á	18405
Staðalfrávik	GWh/á	435
Breytileiki		2,4%
Skakki		-2,44
Min	GWh/á	16212
Max	GWh/á	18934
Max-Min	GWh/á	2722

Mynd 4 sýnir dreifinguna á bak við tölurnar í töflu 2. Lægstu gildin valda miklum skakka í dreifingunni og er álitamál hvort eigi að líta á þær niðurstöður sem utan-vallar-spilara eða 'outliners' en það var ekki gert.

Mynd 4



Breytileiki orkugetu

Tafla 1 og mynd 2 sýna dreifingu á orkugetu einstakra vatnsára í 55 ára rennslis-röð. Í töflu 2 og á mynd 4 er hins vegar sýnd dreifing orkugetu 55 ára stókastískra rennslisraða, sem eru endurmyndaðar 100 sinnum. Aðferðirnar eru sitt úr hvorri áttinni, en báðar leitast við að skýra áhrif breytileika rennslis á orkugetuna. Til að meta samanlagðan breytileika má leggja saman breytileika eða 'varians' aðferðanna og finna þannig nýtt mat á staðalfrávikni orkugetu:

$$\sigma = \sqrt{645^2 + 435^2} = 778 \text{ GWh/á.}$$

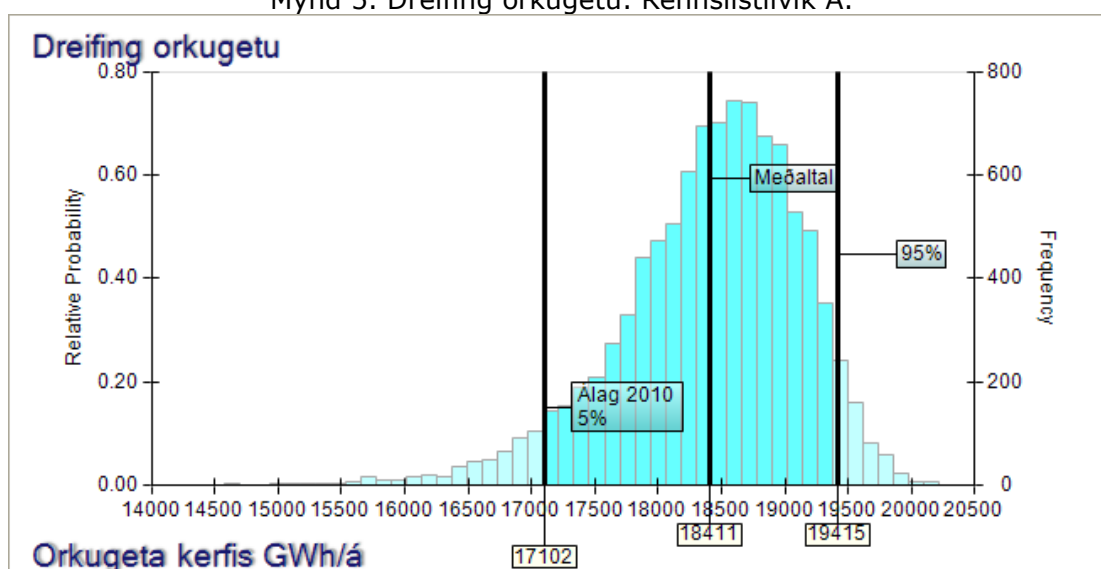
Það er 4,2% af orkugetunni 18311, samanber töflu 1.

Tölfræðin segir þá að 68% líkindi eru á því að væntanlegt rennsli rekstrarárið 2010 reynist þannig að orkugetan verði á bilinu [18311-778; 18311+778] eða á bilinu [17533; 19089] GWh/á.

Samkvæmt nýrri orkuspá frá júlí 2007 er talið að álagið muni verða 17635 GWh rekstrarárið 2010. Ef miðað er við rennslistilvik A eða 55 vatnsárin 1950-2004, þar sem gert er ráð fyrir hlýnun upp á 1,56°C/öld, þá mætti leggja 676 GWh/á meira álag á kerfið rekstrarárið 2010 ef miðað er við meðaltalið. Ef þetta yrði fullnýtt þá þyrfti ný virkjun að koma í gagnið rekstrarárið 2011. Staðalfrávik orkugetu upp á 778 GWh/á gefur tilefni til að álykta að töluvert svigrúm sé fyrir hendi, en það þarf vitaskuld að athuga nánar í hverju tilviki fyrir sig.

Mynd 5 sýnir dreifingu orkugetu, miðað við ofangreindar niðurstöður. Byggt er á áreiðanleikagreiningu með 10000 endurtekningum. Meðaltal er 18411 GWh/ári og staðalfrávik 722 GWh/á.

Mynd 5. Dreifing orkugetu. Rennslistilvik A.



90% líkindi eru á því að orkugeta kerfisins verði á bilinu [17102,19415] en breidd þessa bils er 2313 GWh/ári. 5% líkindi eru fyrir því að orkugetan verði lægri en álagið 2010, sem verður 17102 GWh/á samkvæmt orkuspá. Þá eru jafnframt 95% líkindi fyrir því að orkugetan verði hærri en 17102 GWh/á árið 2010.

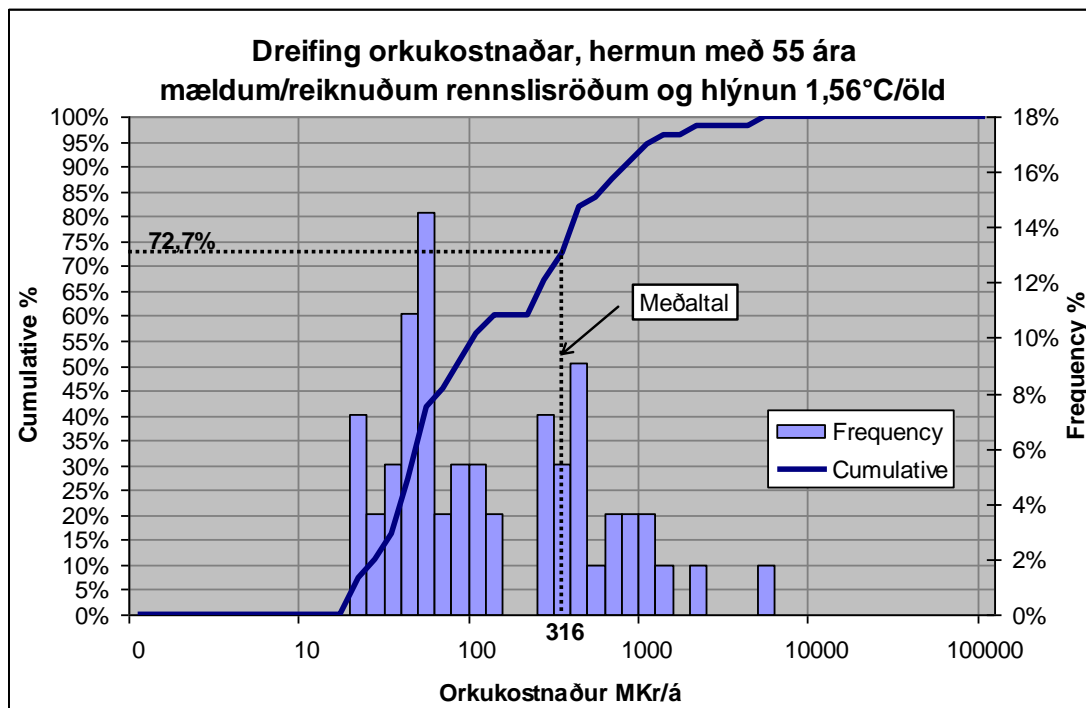
Ef hins vegar er gert ráð fyrir rennslistilviki B með 20 mældum vatnsárum 1985-2004 er meðaltal orkugetu 18069 GWh/á. Þannig mætti leggja á kerfið 434 GWh/á umfram orkuspá 2010 miðað við meðaltal og staðalfrávik orkugetu verður 715 GWh/á.

Breytileiki orkukostnaðar

Mynd 6 sýnir dreifingu orkukostnaðar í hermun með meðaltal orkukostnaðar 316 Mkr/á, sem er nærri orkugetu sem er skilgreind með orkukostnað 300 Mkr/á. Vegna mikillar dreifingar orkukostnaðar er handhægt að taka lógariþma af orkukostnaði á lárétta ásinn.

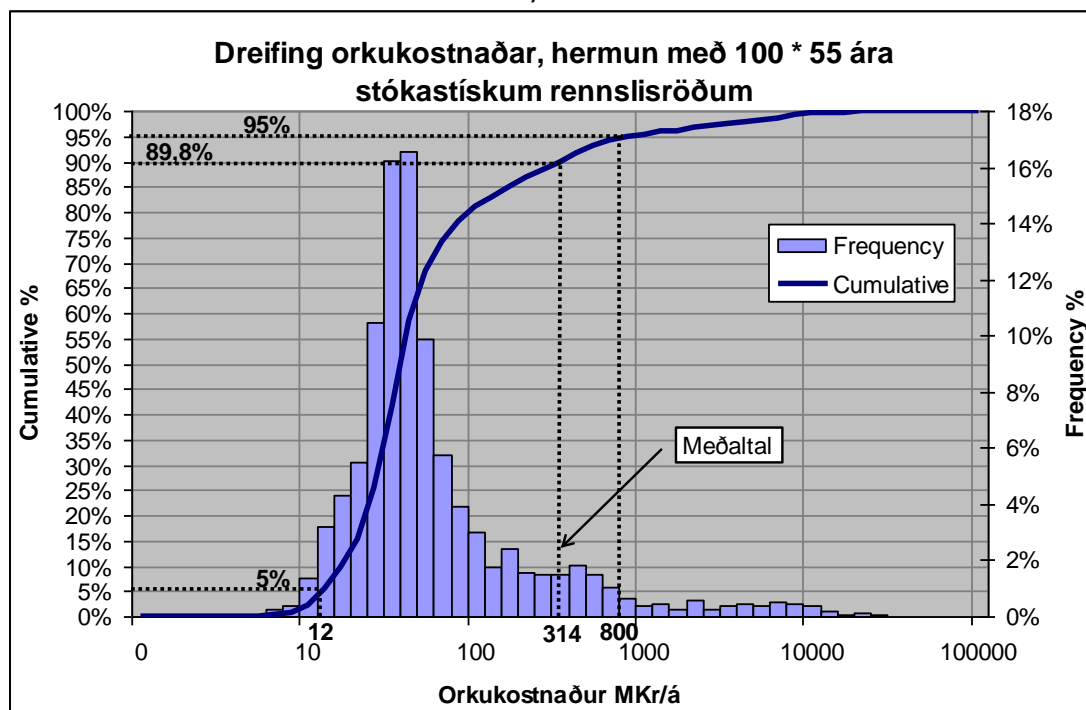
Mynd 6 sýnir dreifingu með miklum skakka þannig að 72,7% af gildum er minna en meðaltalið og þá 27,3% stærra en meðaltalið. Hæsti kostnaður á mynd 6 er um 5000 Mkr/á.

Mynd 6



Til þess að fá 'alvöru líkindadreifingu' voru 100 sinnum búnaðar til 55 ára stólkastískar rennslisraðir og kostnaði við þessi 5500 hermuðu vatnsár raðað upp á sama hátt og á mynd 6. Niðurstaðan er sýnd á mynd 7. Nú eru aðeins 100 - 89,8 = 10,2% niðurstaðna hærri en meðaltalið.

Mynd 7



Meðaltalið er 314 MKr/á og 90% líkandi eru fyrir því að kostnaðurinn verði á bilinu 12 til 800 MKr/á. Hæsti kostnaður á mynd 7 er um 50000 MKr/ári.

Heimildir

- [1] "Tölfræðilegir eiginleikar rennslisraða, sem notaðar eru í rekstrarhermunum". Landsvirkjun LV-2006/121. Nóvember 2006. Annað veldi ehf, Skúli Jóhannsson.
- [2] "Orkugeta raforkukerfisins og hlýnandi veðurfar". Landsvirkjun LV-2006/122. Nóvember 2006. Annað veldi ehf, Skúli Jóhannsson.