

Orkulindir og umhverfi - rammaáætlun

Sveinbjörn Björnsson, Orkustofnun

Útgáfa 2.9.01

Ágrip

Hagkvæm nýtanleg vatnsorka á Íslandi hefur verið metin um 37 TW_e /ár. Þar af hafa nú verið virkjaðar næstum 7 TW_e /ár. Vegna náttúruverndarsjónarmiða ríkir veruleg óvissa um þann hluta sem óvirkjaður er. Mat á nýtanlegri orku jarðhita er mun flóknara en matið á vatnsorku. Einnig þarf að greina milli varmaafls (MW_t) við beina nýtingu jarðhitans til hitunar og rafafls (MW_e) sem fæst við virkjun jarðgufu. Aðgengilegur og nýtanlegur varmaforði til raforkuframleiðslu á háhitasvæðum reiknast $70 \cdot 10^{18}$ J. Hann dygði til að framleiða 1.550 TW_e h af raforku. Núverandi vinnslutækni án niðurdælingar á afgangsvarma bendir til vinnslugetu 6 TW_e h/ár sem svarar til þess að vinnanlegur forði sé tæmdur á 250 árum. Með bættri vinnslutækni og niðurdælingu sem skilaði afgangsvarma við raforkuvinnsluna aftur niður í varmageyminn gæti nýtanlegur hluti af náttúrulegri endurnýjun varmans úr iðrum jarðar haldið jafnvægi við þann varma sem notaður væri til framleiðslu raforku. Með því lagi gæti vinnslan á háhitasvæðum numið allt að 26 TW_e h/ár, en þar getur einnig komið til veruleg skerðing vegna náttúruverndar. Hugsanlegt er að vinna megi tvöfalt meiri raforku úr varmaforða í miðrein gosbeltisins á milli háhitasvæða. Verulegan varmaforða til raforkuvinnslu er einnig að finna í sjóðandi lághita á jöðrum gosbeltisins og utan þess. Raforkuvinnsla úr jarðhita nemur nú alls um 1,3 TW_e h/ár. Í því mati á orkugetu vatnsafsls og jarðhita sem hér hefur verið lýst er ekki tekið tillit til annarra hagsmuna en orkuvinnslu. Náttúruvernd, ferðaþjónusta og aðrar landsnytjar geta þó víða reynst þyngri á metunum. Allt frá setningu laga um náttúruvernd 1971 hefur samráð milli orkufyrirtækja, stjórnvalda og samtaka sem stuðla að náttúruvernd verið að aukast. Skipulagt átak í þessum efnunum er nú hafið með undirbúningi að Rammaáætlun um nýtingu vatnsafsls og jarðvarma. Enn er of snemmt að fjalla um niðurstöður hennar en líklegt er að á grundvelli hennar muni það skýrast hve stór hluti nýtanlegra og hagkvæmra orkulinda verður friðaður eða geymdur til komandi kynslóða.

Inngangur

Með virkjun jarðhita til húshitunar og vatnsafsls og jarðgufu til raforkuframleiðslu hafa Íslendingar náð að draga verulega úr notkun eldsneytis og geta nú státað af einu hæsta hlutfalli endurnýjanlegra orkugjafa í orkubúskap iðnvæddra þjóða. Samt er verulegur hluti vatnsafsls og jarðhita enn óvirkjaður. Talið er að þessar orkulindir gætu dugað um 5 milljóna þjóðfélagi svo sem Dönum en ekki er líklegt að við viljum tuttugufalda íbúa hér á landi. Margir vilja vernda landssvæði orkulindanna sem ósnortna náttúru og treysta á vaxandi tekjur af ferðaþjónustu. Aðrir vilja nýta orkulindirnar til orkufrekrar stóriðju, framleiðslu eldsneytis og til útflutnings raforku um sæstreng. Með vaxandi orkuþörf samhliða ótta um verra loftslag vegna útblástursgasa verður endurnýjanleg orka verðmætari og ekki er ósennilegt að í alþjóðasamningum verði til þess ætlast að þjóðir sem eiga óvirkjaðar endurnýjanlegar orkulindir nýti þær á sjálfbæran og vistvænan hátt, sbr. t.d. samþykktir Ríó-ráðstefnunnar 1992. Á hinn bóginn vex þörf manna fyrir útivist og tilvist ósnortinnar náttúru sem mótvægi við þéttbýlt manngert umhverfi.

Í þessu erindi verður fyrst lýst þeim aðferðum sem menn hafa beitt til að meta orku í vatnsafla og jarðhita hér á landi. Greint er á milli fræðilegrar orku, nýtanlegrar orku og hagkvæmrar orku. Um þessi atriði er lítið deilt þótt grundvöllur matsins sé oft ótraustur vegna skorts á gögnum. Deilur standa hins vegar um það hve stóran hluta nýtanlegrar og hagkvæmrar orku væri rétt að virkja, þegar tillit er tekið til umhverfisáhrifa virkjunarinnar og gildis lands til annarra nota, svo sem útivistar, ferðaþjónustu og hlunninda. Lýst verður því samráði sem verið hefur milli orkufyrirtækja, stjórnvalda og samtaka sem stuðla að náttúruvernd og þeirri tilraun sem nú stendur yfir til að flokka virkjunarhugmyndir og greina umhverfisáhrif virkjana á frumstigi undirbúnings, áður en of miklu er til kostað og meðan nægur tími er til að velja á milli þeirra kosta sem álitlegastir þykja.

Vatnsafl

Haukur Tómasson (1981) áætlaði fræðilega orku í afrennsli af Íslandi. Hann notfærði sér reitaskiptingu lands og meðalhæð hvers reits yfir sjó sem reiknuð hafði verið við gerð þyngdarkorts af landinu. Reitirnir voru nokkuð stórir, um 130 km² hver. Afrennsli af hverjum reit var metið út frá vatnafræðilegum gögnum og stöðuorkan fundin. Nú er til nákvæmara hæðarkort sem vilji stendur til að nýta við gerð nákvæmara afrenniskorts þegar nægilegum vatnafræðigögnum hefur verið safnað. Þar til þeirri vinnu er lokið verða menn að byggja á því grófa mati sem gögnin leyfðu 1981. Samkvæmt því er fræðileg orka í rennandi vatni á Íslandi um 187 TWh/ár. Aðeins hluti hennar er þó tæknilega nýtanlegur. Til að meta þann hluta áætlaði Haukur rennsli og fall í öllum helstu vatnsföllum landsins með 5 km millibili frá upptökum til ósa. Hver 5 km bútur í langsníði árinna var talinn gefa nýtanlegt afl ef það reiknaðist 1 MW eða meira. Niðurstaða Hauks var að tæknilega nýtanleg vatnsorka hér á landi næmi um 64 TWh/ár. Töluverður hluti hennar er þó í svo smáum og dreifðum einingum að óhagkvæmt er að nýta hann. Ef gerð er sú krafa að fjórir bútar í röð eða í svipaðri hæð á samliggjandi vatnasviðum gefi meira en 100 GWh ársorku reiknast nýtanleg orka alls um 55 TWh/ár. Jafnvel þessi krafa tryggir ekki að hagkvæmt verði að gernýta rennslið. Til að fá gróft mat á hagkvæmri orku notuðu Haukur Tómasson og Hákon Aðalsteinsson (1991) skilyrðin að hver bútur gæfi a.m.k 80 GWh/ár, tveir samliggjandi 105, þrír 130 og fjórir 160 GWh/ár. Niðurstöður þess mats eru sýndar í Töflu 1.

Tafla 1. Nýtanleg og hagkvæm vatnsorka

Landshluti	Nýtanleg orka GWh/ár	Hagkvæm nýtanleg orka GWh/ár
Vesturland	1.000	490
Vestfirðir	800	610
Norðurland	8.600	4.700
Norðaustur- og Austurland	16.500	13.100
Suðurland	27.900	18.500
Alls	54.800	37.400

Samkvæmt þessari greiningu gæti hagkvæm nýtanleg vatnsorka verið um 37 TWh/ár. Þar af hafa nú verið virkjaðar næstum 7 TWh/ár. Eftir eru þá óvirkjaðar um 30 TWh/ár, áður en tillit er tekið til náttúru- eða umhverfisverndar. Um það verður fjallað hér á eftir.

Jarðhiti

Mat á fræðilegri og nýtanlegri orku jarðhita hér á landi er mun óvissara en matið á vatnsorku. Einnig þarf að greina milli varmaafls (MW_t) við beina nýtingu jarðhitans til hitunar og rafafls (MW_e) sem fæst við virkjun jarðgufu. Á Orkuþingi 1981 lýsti Guðmundur Pálmason niðurstöðum vinnuhóps um jarðvarmamat fyrir Ísland sem byggði á varmaforða í bergi ofan 3 km dýpis. Nánar var gerð grein fyrir þessu mati í skýrslu Orkustofnunar 1985 (Guðmundur Pálmason o.fl. 1985). Til glöggvunar eru nokkrar af niðurstöðunum sýndar í Töflu 2.

Tafla 2. Varmaforði í bergi og jafngildi í raforkuforða (Guðmundur Pálmason o.fl. 1985)

	Varmaforði í bergi		Jafngildi í raforkuforða	
	Tæknilega nýtanlegur	Þar af yfir 130°C		
	$10^{18} J_t$	$10^{18} J_t$	$10^{18} J_e$	$TW_{e,h}$
Háhitasvæði	145	70	5,6	1.550
Miðrein gosbelta	388	166	13,2	3.670
Óvirkt gosbelti	2.113	635	38,1	10.600
Utan gosbeltis	854	207	11,3	3.130
Alls	3.500	1.078	68,2	18.950

Í heild var varmaforðinn ofan 3 km metinn $100.000 \cdot 10^{18} J_t$. Þegar tekið var tillit til aðgengileika og varmaheimtu við vinnslu reiknaðist tæknilega nýtanlegur jarðhiti $3.500 \cdot 10^{18} J_t$, þar af $145 \cdot 10^{18} J_t$ á háhitasvæðum. Inni í þessu mati eru flest þekkt háhitasvæði landsins en undanskilin eru Grímsvötn og Mýrdalsjökull vegna óaðgengileika. Aðeins hluti af þessum forða er á nægilega háum hita til raforkuvinnslu. Í matinu var miðað við 130°C sem lægri mörk, fyrir slíka vinnslu. Sá forði reiknaðist $70 \cdot 10^{18} J_t$ á háhitasvæðunum. Varma verður aldrei breytt í raforku nema með verulegum afföllum. Ef miðað er við 130 – 374°C hita á djúpvatni í bergi verður nýting varmans aðeins 3 – 13%. Í matinu var notað meðaltalið 8%. Þar með dygði forði háhitasvæðanna til að framleiða $5,6 \cdot 10^{18} J_e$ eða 1.550 $TW_{e,h}$ af raforku. Mikil óvissa er þó enn um um afl og hagkvæmni.

Í þessum reikningum er eingöngu miðað við námavinnslu úr þeim varmaforða sem aðgengilegur er í vatni og bergi. Aflið og orkugetan fara eftir því hversu hröð vinnslan er. Eiginleikar bergs og þrýstingur vatns geta sett vinnslunni efri mörk. Eins getur þótt æskilegt að takmarka vinnsluna í þeim tilgangi að láta forðann endast lengur. Væri forði háhitasvæðanna t.d. numinn á 50 árum gæfu þau um 30 $TW_{e,h}$ /ár en eigi vinnslan að endast í 100 ár mætti aðeins taka 15 $TW_{e,h}$ /ár.

Auk vinnslu úr háhitasvæðunum er fræðilega mögulegt að vinna varma úr miðrein gosbeltisins á milli háhitasvæðanna en þar eru rannsóknir svo skammt á veg komnar að ekki er hægt að telja þá orku tæknilega nýtanlega enn sem komið er. Í matinu var þessi

miðrein hugsuð sem 5 km breitt belti eftir endilöngu gosbeltinu og kölluð virkt svæði. Varmaforði innan hennar yfir 130°C reiknaðist $166 \cdot 10^{18}$ J. Með sömu nýtni og á háhitasvæðum gæfu þessi svæði um 3.670 TW_eh af raforku.

Verulegan varmaforða með yfir 130°C hita er einnig að finna á jöðrum gosbeltisins utan háhitasvæða og miðreinar (óvirkum hluta) og á heitum svæðum utan gosbeltisins. Varmaforði með þennan hita felur í sér fjölbreytta möguleika til nýtingar, þar á meðal til raforkuvinnslu. Fræðileg orkugeta er stór en dreifð og mikil óvissa ríkir enn hve stór hluti hennar reynist tæknilega nýtanlegur og hagkvæmur til raforkuframleiðslu.

Í jarðvarmamatinu er ekki gert ráð fyrir neinni náttúrulegri endurnýjun varmans með varmaflutningi að neðan né heldur reiknað með að þeim afgangsvarma, sem ekki nýtist við raforkuvinnsluna, sé skilað aftur niður í jarðhitageyminn. Töluverður varmaflutningur er með varmaleiðingu og aðstreymi vatns og kviku úr iðrum jarðar. Gunnar Böðvarsson (1982) mat þennan varmaflutning í heild um 30 GW_t. Þar af kæmu 7 GW_t til yfirborðs í eldgosum, 8 GW_t væru flutt til yfirborðs með rennandi vatni og gufu á háhitasvæðum og 15 GW_t með varmaleiðingu. Við varmavinnslu úr háhitasvæðum má reikna með að vinnslan geti náð til þessa varma sem nú tapast til yfirborðs með rennandi vatni og gufu en hæpið er að hún nái að nokkru marki að nýta þann varma sem nú berst upp og tapast með varmaleiðingu. Ef óaðgengileg háhitasvæði eru undanskilin eins og í jarðvarmamatinu gæti vinnsla á háhitasvæðum nýtt sér um 3 GW_t af náttúrulegri endurnýjun varmans. Þessi endurnýjun nemur um 26 TW_eh/ár og með 8% nýtni í raforkuvinnslu gæfi hún 2,1 TW_eh/ár. Sé vinnslunni hins vegar hagað þannig að afgangsvarmanum við raforkuvinnsluna, sem er um 92% af þeim varma sem upp er tekinn, sé skilað aftur niður í varmageyminn, mætti reka vinnsluna þannig að jafnvægi sé í heild á þeim varma sem ekki væri skilað og þeim sem náttúran endurnýjar. Með þessu lagi mætti þá vinna allt að 26 TW_eh/ár. Án niðurdælingar yrði hins vegar gengið verulega á varmaforðann.

Vinnslutæknin á háhitasvæðum er enn í þróun og varmaheimtur eru oft verulega lægri en jarðvarmamatið reiknaði með. Á Orkuþingi 91 kynntu Benedikt Steingrímsson o.fl. (1991) niðurstöður hermireikninga fyrir vinnslu án niðurdælingar á háhitasvæðum. Aflíð reiknaðist álíka og í vinnslu sem tæma mundi vinnanlega varmaforðann á 200 – 250 árum samkvæmt jarðvarmamatinu. Poruhluti og lekt bergsins ráða mestu um afl svæðanna og það er fremur vatnsforði svæðanna en varmaforðinn sem takmarkar afl þeirra ef niðurdælingu er ekki beitt við vinnsluna. Því mætti líta á mat hermireikninganna sem varfærið lægra mat á því afli sem ná má úr varmaforðanum en jarðvarmamatið sem fræðilegt hámarksmat á þeim varmaforða sem er aðgengilegur og vinnanlegur í bergi.

Raforkuvinnsla fer nú fram á fjórum háhitasvæðum, í Bjarnarflagi, Kröflu, Svartsengi og á Nesjavöllum. Hún nemur alls um 1,3 TW_eh/ár og er fyllilega samkeppnisfær við vinnslu í vatnsorkuverum. Fyrstu tilraunir til raforkuvinnslu úr sjóðandi lág hita fara fram á Efri Reykjum í Biskupstungum og á Húsavík, en sú vinnsla er enn lítil.

Umhverfi

Eins og áður var nefnt er í mati á hagkvæmri nýtanlegri orku hér að framan ekki tekið tillit til annarra hagsmuna en orkuvinnslu. Náttúruvernd, ferðaþjónusta eða aðrar landsnytjar geta þó víða reynst þyngri á metunum. Allt frá því lög um náttúruvernd nr. 147/1971 voru

samþykkt fyrir 30 árum var leitað eftir áliti þáverandi Náttúruverndarráðs á fyrirhuguðum virkjunarframkvæmdum og skipulagt samstarf var með ráðinu og virkjunaraðilum, m.a. í samstarfsnefnd iðnaðarráðuneytisins og Náttúruverndarráðs um orkumál (SINO). Meðal mála sem leiddi af þessu samstarfi var veita austurkvísla Þjórsár til miðlunar í Þórisvatni í stað miðlunarlóns í Þjórsárverum, skýrsla um samanburð á umhverfisáhrifum nokkurra tilhagana á stórvirkjun á Austurlandi (Austurlandsvirkjun), (Kristján Þórarinnsson o.fl. 1993) og skýrsla um áhrif virkjana norðan Vatnajökuls á ferðamennsku (Anna Dóra Sæþórsdóttir 1998).

Í erindi á Orkuþingi 91 ræddi Hákon Aðalsteinsson (1991) andstæða hagsmuni orkuvinnslu, náttúruverndar og annarrar landnýtingar. Niðurstaða hans var að hámark skerðingar á orkuvinnslu vegna náttúruverndarsjónarmiða gæti numið þriðjungi af hagvæmri nýtanlegri orku en sennilegra væri þó að skerðingin yrði ekki nema tíundi hluti.

Með lögum um mat á umhverfisáhrifum framkvæmda nr. 63/1993 var undirbúningur virkjana settur í nýjan farveg. Matið tekur til mun fleiri þátta en áður voru skoðaðir og aukin áhersla er á að bera saman virkjunarkosti og kanna mótvægisáðgerðir vegna hugsanlegra umhverfisspjalla. Jafnframt er gert ráð fyrir að við gerð skipulagsáætlana verði fjallað um þá virkjunarkosti sem til greina koma á viðkomandi svæði og hugsanlega árekstra við aðra landnýtingu. Miðað er við að tekin verði afstaða til álitlegra virkjunarkosta við gerð skipulagsáætlunar og þeir afgreiddir með fyrirvara um mat á umhverfisáhrifum. Til þessa þarf að fara fram frummat á umhverfisáhrifum virkjana og gildi lands til annarra nota svo sem verndar. Í stað þess að leggja beint gildismat á náttúru og afskrifa einhverja virkjunarkosti taldi SINO-nefndin vænlegast að raða hugmyndum um tilhögun virkjana í forgangsröð og láta komandi kynslóðum eftir að velja þær sem geymdar yrðu (Hákon Aðalsteinsson 1991).

Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma

Með nýjum lögum um náttúruvernd nr. 44/1999 lagðist SINO-nefndin af en sú vinna sem hún stefndi að er nú hafin með undirbúningi að Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma. Rammaáætlunin tekur aðeins til vinnslu raforku með vatnsafl og jarðgufu. Varmavinnsla í öðrum tilgangi er undanskilin. Ætlunin er að leggja mat á helstu virkjunarkosti, flokka þá með tilliti til orkugetu og hagkvæmni, gildis þeirra fyrir þjóðarhag, atvinnu og byggðaðþróun í landinu, svo og áhrifa á náttúrufer og umhverfi, hlunnindi, útivist og menningar- og búsetuminjar. Verkið er unnið á vegum iðnaðarráðuneytisins í nánú samráði við umhverfisráðuneytið. Því stýrir 16 manna verkefnisstjórn en undir henni starfa fjórir faghópar skipaðir sérfræðingum á viðkomandi fagsviði. Faghópur um náttúrufer og minjar á að meta áhrif einstakra virkjunarkosta á landslag, jarðmyndanir, gróður, dýralíf og minjar. Faghópur um útivist og hlunnindi á að meta áhrif virkjana á útivist, landbúnað, landgræðslu og skógrækt, lax- og silungsveiðar og skotveiðar. Faghópur um þjóðhagsmál á að meta langtímaáhrif virkjana á efnahag, atvinnu og byggðaðþróun. Að síðustu er faghópur um orkulindir sem á að skilgreina þá kosti sem að er stefnt í virkjun vatnsorku og jarðhita til raforkuvinnslu og meta orkugetu og orkukostnað hvers þeirra. Samtökin Landvernd annast samráð við almenning og félagasamtök, halda opna fundi um ýmsa þætti starfsins og miðla upplýsingum með öðrum hætti, m.a. á sérstakri heimasíðu. Orkufyrirtækin og í vissum tilvikum Orkustofnun munu leggja fram skýrslur um virkjunarhugmyndir sem þau vilja fá metnar. Eftir kynningu á drögum að skýrslum sem

bæði sérfræðingar í faghópum og almenningur fá tækifæri til að gera athugasemdir við verður lokaskýrslum skilað til faghópanna sem gefa virkjunarhugmyndunum einkunnir hver á sínu fagsviði. Verkefnisstjórn tekur saman niðurstöður faghópa, metur þær heildstætt og flokkar virkjunarhugmyndir eftir því hversu álitlegar þær teljast. Alls er talið meta þurfi um 100 virkjunarhugmyndir, um 65 í vatnsafla og 35 í jarðhita. Verkið í heild gæti tekið áratug en verkefnisstjórnin hefur sett sér sem fyrsta markmið að skila skýrslu um flokkun 20–25 virkjunarkosta í árslok 2002. Þar verður áhersla á virkjunarhugmyndir í jökulám á hálendinu og á háhitasvæðum nærri byggð. Þessar hugmyndir eru mest í umræðu vegna áhuga orkufyrirtækja og náttúruverndar og þær eru yfirleitt einnig lengst komnar í undirbúningsrannsóknunum. Vegna áhuga á samanburði við hugmyndir um Kárahnjúkavirkjun mun verkefnisstjórnin skila í lok þessa árs áfanganiðurstöðum um 10–12 virkjunarhugmyndir sem fela í sér umtalsverð miðlunarlón á hálendinu.

Áður en hægt er að ganga til mats á virkjunarhugmyndum þarf að ljúka margvíslegum undirbúningsrannsóknunum. Orkustofnun fer með yfirumsjón þeirra en kostnaður er greiddur úr Orkusjóði og ríkissjóði, oft með hlutdeild orkufyrirtækja og rannsóknarstofnana. Gerð eru sérstök tölvutæk kort eftir litmyndum og þau notuð sem grunnur við alla vinnu. Náttúrufræðistofnun hefur sem verktafi annast endurskoðun og gerð gróðurkorta, greiningu á vistgerðum sem einkenna virkjunarsvæðin og þróun aðferða til að meta náttúruverndargildi lífríkis og jarðmyndana. Líffræðistofnun Háskólans og Náttúrufræðistofa Kópavogs hafa lagt til rannsóknir á lífríki í ám og vötnum. Faghópur um náttúrufar og minjar hefur tekið frumkvæði í þróun aðferða til að meta landslag og faghópar um útivist og hlunnindi og þjóðhagsmál frumkvæði um rannsókn á ferðamennsku og líklegum áhrifum virkjana á byggðir og samfélag. Þá hafa verkfræðistofur annast frumáætlanir um tilhögun virkjana eftir forsögn faghóps um orkulindir. Mikil umræða og vinna hefur snúist um þær aðferðir sem beita skal við einkunnagjöf og hvernig reikna á heildareinkunn þegar saman eru vegin óskyld atriði. Stefnt er að skýrum leikreglum sem beitt verður á kerfisbundinn og rekjanlegan hátt svo að sjá megí á hvaða forsendum niðurstaða er fengin. Niðurstöður verkefnisstjórnar verða lagðar fyrir stjórnvöld en ekki hefur enn verið rætt hvernig með þær verður farið. Með væntanlegum raforkulögum verður orkuvinnsla gefin frjáls. Líklegt er að orkufyrirtæki muni hafa hliðsjón af flokkun og niðurstöðum verkefnisstjórnar Rammaáætlunar þegar þau velja virkjunarhugmynd til frekari undirbúningsrannsókna og móta tilhögun virkjunar eftir þeim ábendingum sem fram koma í mati faghópa. Einnig er sennilegt að sumar af niðurstöðum Rammaáætlunar hvetji Alþingi til að setja lög um verndun einhverra vatnsfalla eða jarðhitasvæða. Við þetta bætist svo vaxandi áhugi á að varðveita örfæri ósnortin sem þjóðgarða. Enn er of snemma að meta hve stór hluti tæknilega nýtanlegra og hagkvæmra orkulinda yrði friðaður. Miðað við áhuga á náttúruvernd og væntingar um þróun ferðamennsku sem atvinnuvegar virðist þó líklegra að friðunin taki til þriðjungs fremur en tíunda hluta, bæði í vatnsafla og jarðhita.

Þakkarorð

Höfundur þakkar Guðmundi Pálmasyni, Hauki Tómassyni, Hákonu Aðalsteinssyni, Ingvari B. Friðleifssyni og Valgarði Stefánssyni gagnlegar ábendingar.

Heimildir

Anna Dóra Sæþórsdóttir 1998. Áhrif virkjana norðan Vatnajökuls á ferðamennsku. Iðnaðar- og viðskiptaráðuneytið og Landsvirkjun, 118 bls.

Benedikt Steingrímsson, Einar Tjörvi Elíasson og Valgarður Stefánsson 1991. Orka og afl háhitasvæða. Erindi flutt á Orkuþingi 91, bls. 335–346.

Orkuþing 2001

Guðmundur Pálmason, Gunnar V. Johnsen, Helgi Torfason, Kristján Sæmundsson, Karl Ragnars, Guðmundur Ingi Haraldsson og Gísli Karel Halldórsson 1985. Mat á jarðvarma Íslands. Orkustofnun. OS-85076/JHD- 10, 134 bls.

Gunnar Böðvarsson 1982. Terrestrial energy currents and transfer in Iceland. In Continental and ocean rifts. Ed. G. Pálmason, Geodynamics Series 8: 271 – 282. American Geophysical Union, Washington D.C.

Haukur Tómasson 1981. Vatnsafl Íslands, mat á stærð orkulindar. Erindi flutt á Orkuþingi 1981, bls. 107 - 120.

Haukur Tómasson og Hákon Aðalsteinsson 1991. Vatnsorkulindir landsins, átak í grunnrannsóknunum. Erindi flutt á Ársfundi Orkustofnunar 1991, bls. 45 – 49.

Hákon Aðalsteinsson 1991. Kostnaður af náttúruvernd og landnýtingu. Erindi flutt á Orkuþingi 91, bls. 324 – 332.

Kristján Þórarinsson, Einar Þórarinsson, Kristbjörn Egilsson, Kristinn H. Skarphéðinsson, Skarphéðinn Þórisson og Björn Ingvarsson 1993. Samanburður á umhverfisáhrifum nokkurra tilhagana á stórvirkjun á Austurlandi (Austurlandsvirkjun). Samstarfsnefnd Iðnaðarráðuneytis og Náttúruverndarráðs um orkumál (SINO), 120 bls.