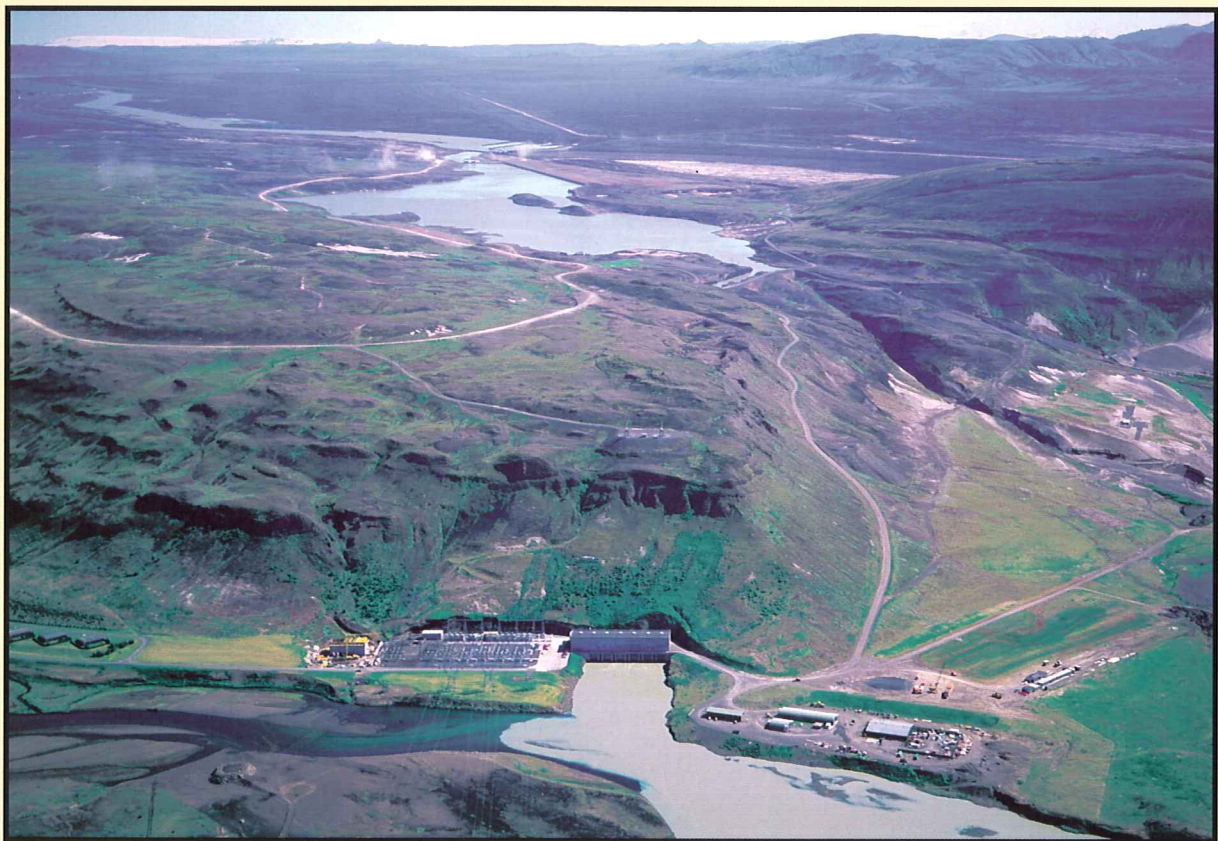


Niðurstöður 1. áfanga rammaáætlunar



Verkefnisstjórn um gerð rammaáætlunar
um nýtingu vatnsafls og jarðvarma

Nóvember 2003

Niðurstöður 1. áfanga rammaáætlunar

Verkefnisstjórn um gerð rammaáætlunar
um nýtingu vatnsafls og jarðvarma

Nóvember 2003

Gefið út af verkefnisstjórn um gerð rammaáætlunar
og iðnaðar- og viðskiptaráðuneytinu

Reykjavík, nóvember 2003

ISBN 9979-68-134-9

Ljósmynd á forsiðu: Horft yfir Búrfellsvirkjun, Þjórsá og Bjarnalón í baksýn.

Mynd tekin 30. júní 1998.

Ljósm. Oddur Sigurðsson

Verkefnisstjórn um gerð rammaáætlunar um nýtingu vatnsafls og jarðvarma

Valgerður Sverrisdóttir

iðnaðar- og viðskiptaráðherra
iðnaðar- og viðskiptaráðuneytinu
Arnarhvoli, 150 Reykjavík

Reykjavík, 27. nóvember 2003

Málefni: Skil á niðurstöðum 1. áfanga rammaáætlunar um nýtingu vatnsafls og jarðvarma

Verkefnisstjórn rammaáætlunar hefur starfað samkvæmt verklýsingu iðnaðarráðherra „Maður – nýting – náttúra“ frá 8. mars 1999. Vinnu við 1. áfanga áætlunarinnar er nú lokið og er niðurstöðum hans hér með skilað í meðfylgjandi skýrslu verkefnisstjórnar og viðaukum. Jafnframt er í þessu bréfi gerð grein fyrir meginniðurstöðum 1. áfanga og bent á not sem hafa má af þeim. Vert er að draga athygli að þeim nýmælum sem fólgin eru í þróun aðferðafræði við mat á virkjunarkostum í faghópum og í samþættingu á niðurstöðum þeirra í verkefnisstjórn.

Meginniðurstöður 1. áfanga

Markmið rammaáætlunarinnar er að leggja mat á og flokka virkjunarkosti til raforkuframleiðslu, jafnt vatnsafls og háhita, með tilliti til orkugetu, hagkvæmni og annars þjóðhagslegs gildis, samhliða því að skilgreina, meta og flokka áhrif þeirra á náttúrufar, náttúru- og menningarminjar svo og á hagsmuni allra þeirra sem nýta þessi sömu gæði.

Á grundvelli mats faghópa hefur verkefnisstjórnin í 1. áfanga flokkað 35 virkjunarhugmyndir í fimm flokka (a til e) eftir umhverfisáhrifum, aðra fimm eftir heildarhagnaði og fimm eftir arðsemi. Um þessa flokkun eru gerðir fyrirvarar vegna takmarkaðra gagna, einkum um umhverfisáhrif, en einnig um heildarhagnað og arðsemi, þar sem frumáætlunir um tilhögun eru skammt á veg komnar.

Í flokk a með minnstum umhverfisáhrifum falla 15 virkjanir með samanlagða orkugetu um 11.200 GWh á ári. Tvær þeirra eru vatnsaflsvirkjanir en hinar jarðvarmavirkjanir. Arðsemi þessara virkjunarkosta er í meðallagi (flokkur c á skala a til e). Gögn skortir til að greina á milli jarðvarmavirkjana um arðsemi og heildarhagnað. Þar gætu virkjanir nærri byggð reynst hagkvæmari ef þær njóta markaðar fyrir varma til annarra nota en raforkuframleiðslu. Verkefnisstjórn telur að á næstu árum sé skynsamlegt að leggja áherslu að kanna nánar kosti þess að nýta virkjanir sem falla í þennan flokk.

Sjö virkjunarkostir með samanlagða orkugetu um 4.900 GWh á ári falla í umhverfisflokk b og arðsemisflokk c eða betri (á skala a til e). Fjórar þeirra eru vatnsaflsvirkjanir en 3 jarðvarmavirkjanir. Í þessum hópi eru sérstakar athugasemdir gerðar við Skaftárveitu vegna landslags og skorts á gögnum um áhrif á vatnasvæði í Skaftárhreppi og Brennisteinsfjöll vegna landslags og víðernis.

Í umhverfisflokk c falla aðeins tvær virkjanir, Grændalur (840 GWh/ár) og Skatastaða-
virkjun a (1.046 GWh/ár). Grændalur fær hæsta einkunn af jarðhitasvæðum fyrir náttúru-
verðmæti í jarðminjum, vatnafari og vistgerðum. Ef vernda ætti eitthvert jarðhitasvæðanna
á Hengilssvæði ósnortið kæmi Grændalur þar fyrst til greina. Skatastaðavirkjun fær allhátt
mat í öllum viðföngum umhverfisáhrifa og er með lakari hagkvæmni en margir virkjunar-
kostir í umhverfisflokkum a og b.

Í umhverfisflokk d falla 5 virkjunarstaðir á Torfajökulssvæði með samanlagða orkugetu
um 4.200 GWh á ári. Svæðið er mikilvægt til útivistar og ferðaþjónustu en frekari rann-
sóknar er þörf til að skera úr um hvort og hvernig virkjanir og ferðaþjónusta gætu átt sam-
leið á svæðinu. Svæðið er vegna orkugetu áhugavert fyrir orkuframleiðendur en ekkert
bendir þó til þess að virkjanir þar verði hagkvæmari en virkjanir sem njóta hagræðis af
nálægð við byggð.

Í umhverfisflokk e falla virkjun Jökulsár á Fjöllum (4.000 GWh/ár) og Markarfljótsvirkj-
anir a og b (735 GWh/ár). Vegna stærðar er virkjun Jökulsár með mikinn heildarhagnað
og hún virðist einnig vel arðsöm. Rannsóknargögn og frumáætlanir um Jökulsá á Fjöllum
og vatnasvið hennar eru komin til ára sinna og þau þyrfti að bæta. Jafnframt er rannsókn
svæðisins mikilvæg vegna tillagna um stækkun þjóðgarðsins í Jökulsárgljúfrum og
hugsanlegrar tengingar hans við Vatnajökulspjóðgarð. Markarfljótsvirkjun hefur mikil
umhverfisáhrif og slaka hagkvæmni.

Not af niðurstöðum

Líta má á niðurstöður 1. áfanga rammaáætlunar um nýtingu vatnsafls og jarðvarma sem
grunn fyrir mat á frumáætlunum virkjana, bæði hagkvæmni þeirra og helstu umhverfis-
áhrifum. Stjórnvöld munu geta nýtt niðurstöðurnar sem grundvöll að stefnumörkun í
orku- og náttúruverndarmálum, samanber framkvæmdaáætlun ríkisstjórnar sem sam-
þykkt var í febrúar 1997.

Iðnaðarráðherra mun geta notfært sér niðurstöðurnar við stefnumörkun um frumrannsóknir
ríkisins í orkumálum og við útgáfu rannsóknar- og nýtingarleyfa nýrra virkjana. Slíkt
kann að vera sérstaklega mikilvægt eftir að ný raforkulög eru komin til framkvæmda, þar
sem samkeppni í raforkuframleiðslu er eitt meginatriði þeirra laga.

Samkvæmt lögum um náttúruvernd skal umhverfisráðherra eigi sjaldnar en á fimm ára
fresti láta vinna náttúruverndaráætlun fyrir landið og leggja fyrir Alþingi. Fyrsta áætlun
af þessu tagi liggur nú fyrir í drögum og verður lögð fyrir Alþingi á yfirstandandi þingi.
Þess er að vænta að mat og samanburður rammaáætlunar á náttúruverndarmætum tiltek-
inna svæða geti gagnast við gerð næstu náttúruverndaráætlunar.

Þá munu niðurstöður gagnast stjórnvöldum við mat á umhverfisáhrifum skipulagsáætlana
og margskonar skipulagsvinnu ríkis og sveitarfélaga. Allt landið er nú skipulagsskyldt og
skulu öll sveitarfélög hafa lokið við gerð aðalskipulags eigi síðar en árið 2007. Rammaáætl-
un gefur vísendingar um hagkvæma virkjunarkosti og náttúruverðmæti og upplýsingar af
því tagi munu eflaust gagnast sveitarfélögunum við ákvörðun um landnotkun, jafnt við
breytingar á aðalskipulagi sem við skipulag á svæðum sem ekki hafa verið skipulögð áður.

Enn er vert að nefna að þær aðferðir sem Náttúrufræðistofnun Íslands hefur þróað við vinnu
vegna rammaáætlunar til rannsókna á náttúruvernd landsins munu gagnast við hvers konar
rannsókn á umhverfi og náttúru landsins til frambúðar.

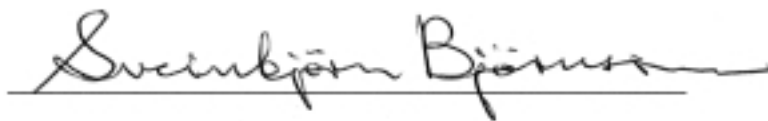
Orkufyrirtækin og Orkustofnun munu geta nýtt sér þessar upplýsingar með ýmsum hætti. Oft hafa þessir aðilar lagt í ærinn kostnað við að útfæra og meta virkjunarhugmyndir áður en í ljós kom að veruleg andstaða var gegn framkvæmdum vegna óæskilegra umhverfisáhrifa þeirra. Rammaáætlun gæti vísað á leiðir sem sneiddu hjá þessari óheppilegu stöðu. Í fyrsta lagi gefur niðurstaða áætlunarinnar vísbendingu um hvaða kostir eru fjárhagslega vænlegir. Í öðru lagi greinir hún þá kosti sem líklegir eru til að hafa umtalsverð umhverfisáhrif og sýnir á hvaða svæðum þekkingu er ábótavant. Í þriðja lagi er bent á náttúruyfyrirbæri sem teljast vera verðmæt.

Orkufyrirtækin og Orkustofnun geta því við ákvörðun um rannsóknir á einstökum virkjunarkostum nýtt sér niðurstöður rammaáætlunar með því að velja vænlega kosti sem litlar líkur eru á að valdi umtalsverðum umhverfisáhrifum né deilum. Þá gætu þessir aðilar leitað annarra leiða við hönnun mannvirkja en þeirra sem lagðar voru til grundvallar í mati vegna rammaáætlunar og þannig sneitt hjá verstu umhverfisáhrifum sem fram koma í niðurstöðum. Loks er rétt að benda á að orkufyrirtækin geta aukið rannsóknir á tilteknu virkjunarsvæði með það í huga að augin þekking leiði í ljós minni umhverfisáhrif eða virkjun verði hagkvæmari en áætlað hefur verið og reynist því fýsilegri en fyrirliggjandi gögn benda til.

Ábendingar um framhald vinnu við rammaáætlun

Með þessum niðurstöðum hefur verkefnisstjórn náð því markmiði sem henni var falið að leggja grundvöll að 1. áfanga í forgangs röðun virkjunarkosta. Hafa verður þó í huga að þekking á virkjunarkostum sem teknir voru til skoðunar er í mörgum tilvikum ekki fullnægjandi. Þannig sýnir yfirlit um stöðu þekkingar að í 10 tilvikum er þekkingarstigið metið í flokk c (á skala a til c). Það er því mikilvægt að afla frekari þekkingar um þessa virkjunarkosti og endurmeta þá. Þá eru fjölmargar virkjunarhugmyndir sem enn hafa ekki verið kannaðar en nauðsynlegt er að taka inn í myndina til að fá heildstætt yfirlit yfir möguleika til orkuöflunar með vatnsafla og jarðvarma. Í 6. kafla skýrslunnar er að finna tillögur um hvernig megi halda vinnu við þetta verkefni áfram.

Virðingarfyllst



Sveinbjörn Björnsson, formaður

Verkefnisstjórn

Einar Bollason

Guðríður Þorvarðardóttir

Guðrún Zoëga

Haukur Jóhannesson

Helgi Bjarnason

Ingimar Sigurðsson

Jón Helgason

Jón Gunnar Ottósson

Jónas Elíasson

Sigurður Guðmundsson

Vilborg Gunnarsdóttir

Þorkell Helgason

Þorsteinn Tómasson

Þorvaldur Jóhannsson

Þóra Ellen Þórhallsdóttir

Fylgiskjöl:

1. Skýrsla verkefnisstjórnar
2. Viðaukar

Samrit: Siv Friðleifsdóttir, umhverfisráðherra

Efnisyfirlit

1	Inngangur	1
1.1	Aðdragandi	1
1.2	Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma	2
1.2.1	Markmið	3
1.2.2	Skipulag	4
1.3	Gangur verkefnisins	7
1.4	Tilraunamat 2002	10
1.5	Kostnaður	11
1.6	Annað	12
1.7	Heimildir	13
2	Rannsóknir og önnur gagnaöflun	17
2.1	Gagnaöflun	17
2.2	Rannsóknir á vegum Orkustofnunar	18
2.2.1	Náttúrufar og verndargildi	18
2.2.2	Lífriki þurrlendis	18
2.2.3	Náttúrufarsrannsóknir vegna háhitavirkjana	21
2.2.4	Vatnagrunnar	22
2.2.5	Jarðfræði og landslag	23
2.2.6	Útivist og hlunnindi	23
2.2.7	Efnahagsleg áhrif	24
2.2.8	Virkjunaráætlanir	24
2.2.9	Gæði gagna	25
2.3	Heimildir	26
3	Aðferðafræði við röðun virkjunarkosta	28
3.1	Val á matsaðferðum við röðun virkjunarkosta	28
3.1.1	Norska aðferðin	28
3.1.2	Samráð um aðferðafræði	28
3.1.3	Í hverju felst AHP-aðferðin	29
3.1.4	Sjónarmið verkefnisstjórnar	30
3.2	Aðferðir faghóps I	31
3.2.1	Viðföng	31
3.2.2	Viðmið	31
3.2.3	Mat á verðmætum	32
3.2.4	Mat á áhrifum	33
3.2.5	AHP-röðun	33
3.3	Aðferðir faghóps II	33
3.4	Aðferðir faghóps III	34
3.5	Aðferðir faghóps IV	35
3.6	Heimildir	36
4	Samráð	37
4.1	Heimasíðan www.landvernd.is/natturuafli	37
4.2	Almennir fundir um rammaáætlun	37
4.3	Samráð um aðferðafræði	39
4.4	Aðrir fundir um rammaáætlun	39
4.5	Kostnaður	39
4.6	Annað	39

5 Niðurstöður	40
5.1 Virkjanir metnar í 1. áfanga	40
5.2 Mat faghóps I	40
5.2.1 Mat á verðmætum náttúru og minja	42
5.2.1.1 Verðmætamat með samanburðarvirkjunum	42
5.2.1.2 Verðmætamat án samanburðarvirkjana	43
5.2.2 Mat á áhrifum framkvæmda á náttúru og minjar	43
5.2.3 Röðun virkjunarhugmynda	44
5.2.4 Samanburður á mati á verðmætum, áhrifum og AHP-röðun	45
5.2.5 Sérstakar ábendingar faghóps I	46
5.3 Mat faghóps II	47
5.3.1 Mat á áhrifum framkvæmda á útvist, veiðar og hlunnindi	47
5.3.2 Röðun virkjunarhugmynda	48
5.4 Mat faghóps III	49
5.5 Mat faghóps IV	51
5.6 Flokkun verkefnisstjórnar	52
5.6.1 Kennistærðir faghóps IV	52
5.6.2 Kennistærðir og umhverfisáhrif	56
5.6.3 Flokkun verkefnisstjórnar á virkjunarhugmyndum	59
5.6.3.1 Flokkun eftir vísitölu umhverfisáhrifa	59
5.6.3.2 Flokkun eftir vísitölu heildarhagnaðar	60
5.6.3.3 Flokkun eftir vísitölu arðsemi	60
5.6.4 Einfaldaðar niðurstöður flokkunar	63
5.6.5 Orkugeta eftir flokkum	66
6 Ábendingar og framhald	68
6.1 Endurnýjanlegar orkulindir og sjálfbær nýting þeirra	68
6.1.1 Sjálfbær vinnsla jarðhita	68
6.1.2 Sjálfbær (haldbær) vinnsla vatnsorku	70
6.2 Heildarorkugeta í vatnsafli og jarðhita	70
6.3 Viðfangsefni 2. áfanga rammaáætlunar	72
6.3.1 Endurmat og þróun aðferða	72
6.3.2 Nýir virkjunarkostir	72
6.4 Ábendingar um not á niðurstöðum	74
6.5 Framhald rammaáætlunar	75
6.5.1 Öflun gagna	75
6.5.2 Ný verkefnisstjórn	75
6.6 Heimildir	75

Viðaukar (vistaðir á disk í kápuvasa ásamt skýrslunni)

Viðauki a1: Vatnsorkukostir	
Viðauki a2: Jarðhitakostir	
Viðauki a3: Skrá yfir heimildir vegna mats	
Viðauki b1: Heiti virkjana og gæði gagna	
Viðauki b2: Samantekt á niðurstöðum	
Viðauki b3: Faghópur I, aðferðafræði og niðurstöður mats	
Viðauki b4: Faghópur II, aðferðafræði og niðurstöður mats	
Viðauki b5: Faghópur III, aðferðafræði og niðurstöður mats	
Viðauki b6: Faghópur IV, aðferðafræði og niðurstöður mats	
Viðauki b7: Röðun hópa virkjana til að mæta tiltekinni orkuþörf	
Viðauki b8: Virkjunarsvæði og náttúruverndarhagsmunir	
Viðauki c: Rökstuðningur faghópa I og II (birt á vefslóð: www.landvernd.is/natturuafli)	

Myndaskrá

Mynd 1.1	Verkferli við 1. áfanga rammaáætlunar	9
Mynd 1.2	Yfirlitskort yfir virkjunarsvæði sem metin eru í 1. áfanga	15
Mynd 2.1	Svæði sem mynduð voru úr lofti vegna myndkortagerðar	20
Mynd 2.2	Rannsóknarsvæði vegna vistgerðaflokkunar	21
Mynd 5.1	Samanburður einkunna faghóps I fyrir verðmæti og áhrif og AHP-einkunnar (án samanburðarvirkjana)	46
Mynd 5.2	Stofnkostnaður á orkueiningu miðað við orkugetu	54
Mynd 5.3	Vísitala heildarhagnaðar miðað við stofnkostnað á orkueiningu	55
Mynd 5.4	Vísitala arðsemi miðað við stofnkostnað á orkueiningu	55
Mynd 5.5	Vísitala heildarhagnaðar miðað við vísitölu arðsemi	56
Mynd 5.6	Orkugeta miðað við vísitölu umhverfisáhrifa	57
Mynd 5.7	Vísitala heildarhagnaðar miðað við vísitölu umhverfisáhrifa	58
Mynd 5.8	Vísitala arðsemi miðað við vísitölu umhverfisáhrifa	58
Mynd 6.1	Skýringarmynd fyrir hugtakið sjálfbær vinnsla jarðhita	69

Töfluskrá

Tafla 1.1	Kostnaður verkþátta vegna undirbúnings 1. áfanga rammaáætlunar	12
Tafla 3.1	Vogtölur meginviðfanga náttúru- og menningarminja	31
Tafla 3.2	Viðföng og undirviðföng fyrir mat á verðmætum virkjunarsvæða og áhrifum virkjunar á þessi verðmæti	32
Tafla 3.3	Meginviðföng og undirviðföng faghóps II	34
Tafla 5.1	Virkjanir metnar í 1. áfanga	41
Tafla 5.2a	Mat faghóps I á verðmætum (með samanburðarvirkjunum)	42
Tafla 5.2b	Mat faghóps I á verðmætum (án samanburðarvirkjana)	43
Tafla 5.3	Mat faghóps I á áhrifum (án samanburðarvirkjana)	44
Tafla 5.4	AHP-röðun faghóps I (án samanburðarvirkjana)	45
Tafla 5.5	Mat faghóps II á áhrifum (án samanburðarvirkjana)	47
Tafla 5.6	AHP-röðun faghóps II (án samanburðarvirkjana)	48
Tafla 5.7	Mat faghóps III (með samanburðarvirkjunum)	50
Tafla 5.8	Kennistærðir virkjunarhugmynda (með samanburðarvirkjunum)	53
Tafla 5.9	Flokkar eftir vísitölum	59
Tafla 5.10	Flokkar umhverfisáhrifa (án samanburðarvirkjana)	61
Tafla 5.11	Flokkar heildarhagnaðar (með samanburðarvirkjunum)	62
Tafla 5.12	Flokkar arðsemi (með samanburðarvirkjunum)	63
Tafla 5.13	Einfaldaðar niðurstöður flokkunar á virkjunarhugmyndum	65
Tafla 5.14	Dreifing orkugetu á flokka	67
Tafla 6.1	Heildarorkugeta í vatnsafli og jarðhita	71
Tafla 6.2	Virkjunarhugmyndir sem gætu komið til mats í 2. áfanga	73

1 Inngangur

1.1 Aðdragandi

Með virkjun jarðhita til húshitunar og vatnsafls 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 iðnvæðra þjóða. Samt er verulegur hluti vatnsafls og jarðhita enn óvirkjaður. Árið 2002 nam raforkuvinnsla úr vatnsafli um 7.000 GWh en tæknilega hagkvæm orkugeta í vatnsafli er talin um 37.000 GWh raforku á ári [1,2]. Meiri óvissa er um tæknilega hagkvæma orkugetu jarðhita til raforkuframleiðslu en hún er talin að lágmarki um 30.000 GWh á ári [3,4]. Árið 2002 nam raforkuvinnsla úr jarðhita 1.400 GWh.

Vegna umhverfisáhrifa virkjana ríkir veruleg óvissa um hve langt menn vilja ganga í nýtingu þessarar orkugetu. Árlegur vöxtur í raforkuþörf vegna almennrar notkunar nemur aðeins rúmum 50 GWh á ári. Þeirri þörf mætti sinna með litlum virkjunum sem hefðu hver um sig lítil umhverfisáhrif. Hins vegar er mikill áhugi á að nýta orkulindirnar til orkufrekrar stóriðju, í fjarlægari framtíð til framleiðslu eldsneytis og menn vilja vera opnir fyrir þeim möguleika að flytja raforku um sæstreng til annarra landa. Með vaxandi orkuþörf samhliða ótta um loftslagsbreytingar vegna losunar gróðurhúsalofttegunda verður endurnýjanleg orka verðmætari. Æskilegt verður að nýta slíkar orkulindir svo fremi það sé gert á sjálfbæran og vistvænan hátt. Jafnframt vex þörf manna fyrir útivist og tilvist ósnortinnar náttúru sem mótvægis við þéttbýlt manngert umhverfi.

Taka þarf tillit til ákvæða í alþjóðlegum samningum, svo sem um vernd líffræðilegrar fjölbreytni og sjálfbæra nýtingu lífrænna auðlinda (sbr. Ríó-samninginn um líffræðilega fjölbreytni). Af þessu tilefni hafa deilur risið 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, náttúruverndar og nýtingar lífrænna auðlinda.

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 samanagerð á umhverfisáhrifum nokkurra tilhagana á stórvirkjun á Austurlandi (Austurlandsvirkjun) [5] og skýrsla um áhrif virkjana norðan Vatnajökuls á ferðamennsku [6]. Straumhvörf verða hins vegar með stofnun umhverfisráðuneytisins 1990 og breyttu lagaumhverfi í framhaldi af því, t.d. með lögum um mat á umhverfisáhrifum framkvæmda sem samþykkt voru á Alþingi 1993 og 2000 og nýjum skipulagslögum 1997. Jafnframt samþykkti Ísland alþjóðasamninga á þessu sviði sem breyta áherslum stjórnvalda (t.d. Ríó-samningarnir og Bernarsamningurinn).

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. Í lögum um byggingar- og skipulagsmál 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 samræmi við stefnuyfirlýsingu ríkisstjórnarinnar „Á leið til sjálfbærrar þróunar“ skipaði umhverfisráðherra árið 1993 starfshóp um umhverfismál, iðnþróun og orkumál. Honum var falið að skilgreina sjálfbæra þróun í þessum málaflokki og setja honum markmið til skemmri og lengri tíma. Jafnframt var honum falið að gera framkvæmdaáætlun í umhverfis- og þróunarmálum til aldamóta. Starfshópurinn skilaði álit sínu í mars 1995. Þar var lagt til að gerð verði rammaáætlun til langs tíma um nýtingu vatnsaflsins í samræmi við samhæfða stefnu í umhverfis-, orku-, iðnaðar- og efnahagsmálum. Þessi starfshópur var einn af sjö en hinir tóku á samsvarandi hátt fyrir aðra málaflokka. Í árslok 1995 setti umhverfisráðherra á fót starfshóp sem fékk það verkefni að setja saman drög að framkvæmdaáætlun sem yrði samþykkt af ríkisstjórn og byggð á skýrslum hópanna sjö. Niðurstaða faghópsins var lögð fyrir Umhverfising 1996 þar sem hún var rædd og farið yfir athugasemdir í fjórum starfshópum. Að teknu tilliti til athugasemda var samin framkvæmdaáætlun sem samþykkt var í ríkisstjórn í febrúar 1997 og nefnd „Sjálfbær þróun í íslensku samfélagi. Framkvæmdaáætlun til aldamóta“ [7].

1.2 Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma

Í framkvæmdaáætlun ríkisstjórnarinnar [7] segir m.a. í kafla 3.3.3 undir fyrirsögninni Orka og iðnaður:

„Iðnaðarráðherra, í samráði við umhverfisráðherra, láti gera rammaáætlun til langs tíma um nýtingu vatnsafls og jarðvarma og skal henni lokið fyrir árið 2000. Áætlunin sé í samræmi við samhæfða stefnu í umhverfis-, orku-, iðnaðar- og efnahagsmálum. Í henni verði sérstaklega fjallað um verndargildi einstakra vatnasvæða og niðurstöður færðar að skipulagi. Í því sambandi verði sérstaklega könnuð áhrif smárra virkjana.“

Í framkvæmdaáætluninni var kveðið á um ýmis önnur verkefni á þessu sviði og þar segir einnig:

„Rannsóknir verði gerðar til að afla grundvallarþekkingar á umhverfisáhrifum virkjana á Íslandi og fé lagt til þróunar rannsóknaraðferða í því skyni.“

Þrátt fyrir samþykkt ríkisstjórnarinnar varð nokkur dráttur á að undirbúningur að gerð rammaáætlunarinnar hæfist. Horft var til úttekta sem Norðmenn höfðu gert og kölluðu „Samlet plan for vassdrag“ [8]. Fyrstu gerð hennar var lokið 1984 og hefur áætlunin þegar verið endurskoðuð tvívegis, 1987 og 1992. Orkustofnun og Náttúruvernd ríkisins sendu Þorkel Helgason orkumálastjóra, Sveinbjörn Björnsson, deildarstjóra auðlinda-deildar Orkustofnunar og Árna Bragason, forstjóra Náttúruverndar ríkisins til Noregs í nóvember 1998 til að kynna sér rammaáætlun Norðmanna og ræða við stjórnendur hennar um hliðstæða áætlun hér á landi [9]. Á þessum grundvelli lagði Orkustofnun fram drög að skipulagi rammaáætlunar um virkjanir og verndarviðmið í desember 1998 [10].

Landvernd efndi til samstarfsverkefnis haustið 1998 með það að markmiði að halda ráðstefnu um vernd og nýtingu hálendisins. Verkinu var stýrt af hópi á vegum stjórnar Landverndar en undirbúningur fór fram í fjórum starfshópum sem ræddu umhverfis- og náttúruvernd, orkuvinnslu og orkunýtingu, ferðaþjónustu og útivist og beitar- og hlunnindaafnot. Markmið þessarar vinnu var að miðla faglegri þekkingu um hálendi Íslands og kynna mismunandi viðhorf til verndar og nýtingar þess. Einnig var þess vænst að fagleg rökstudd umræða sameinaði sjónarmið og stuðlaði að viðtækri sátt um vernd og nýtingu hálendisins. Á ráðstefnunni, sem haldin var í janúar 1999, fluttu hóparnir erindi um störf sín og almenn umræða hvatti til framhalds þessarar vinnu.

Um þetta leyti hafði samstarfsnefnd um svæðisskipulag miðhálendisins lokið störfum og umhverfisráðherra staðfesti tillögur hennar í apríl 1999. Jafnframt var í vændum breyting á skipulagslögum þess efnis að samráðsnefnd um skipulag miðhálendisins starfaði áfram þótt breyting yrði á fyrirkomulaginu. Þá var og hafin þróun í átt að markaðsvæðingu orkugeirans og gerði það ábyrgð hins opinbera enn skýrari í þeirri stefnumótun sem hér um ræðir þar sem með nýjum lögum verður ekki ætlast til þess að orkufyrirtækin gegni því hálfopinbera hlutverki sem þau hafa í reynd haft. Síðast en ekki síst hafði öll almenn umræða um umhverfismál aukist, sérstaklega í sambandi við nýtingu miðhálendis Íslands og náttúruvernd, á sama tíma og talsmenn byggðamála hafa í vaxandi mæli bent á orkufreka stóriðju sem mikilvægan þátt í atvinnuuppbyggingu.

Af þessum sökum taldi ríkisstjórnin brýna nauðsyn að móta stefnu í þessum málum og efna til faglegrar og málefnalegrar umfjöllunar um nýtingu orkulindanna og áhrif hennar á hið náttúrulega umhverfi, efnahag þjóðarinnar og atvinnu- og byggðapróun. Þess var vænst að þetta starf gæti stuðlað að almennri sátt um sambylí manns og náttúru við nýtingu auðlindanna. Kjörorð verkefnisins varð því *Maður - nýting - náttúra*.

Samkvæmt fyrrgreindri samþykkt ríkisstjórnarinnar hófst iðnaðarráðherra í samráði við umhverfisráðherra handa við undirbúning áætlunarinnar. Málið snerti þó fleiri ráðherra, svo sem forsætisráðherra (vegna byggðamála og málefna þjóðlendna), samgönguráðherra (vegna samgangna og ferðamennsku), landbúnaðarráðherra (vegna landnota) og menntamálaráðherra (vegna menningararfleifðar). Stefna og verklag voru mörkuð með greinargerð iðnaðarráðherra *Maður - nýting - náttúra* dags. 8. mars 1999 [11] og málið kynnt í ríkisstjórn.

1.2.1 Markmið

Í greinargerð iðnaðarráðherra segir:

„Markmið rammaáætlunarinnar er að leggja mat á og flokka virkjunarkosti, jafnt vatnsafls og háhita, meðal annars með tilliti til orkugetu, hagkvæmni og annars þjóðhagslegs gildis, samhliða því að skilgreina, meta og flokka áhrif þeirra á náttúrufer, náttúru- og menningarminjar svo og á hagsmuni allra þeirra sem nýta þessi sömu gæði. Með þessu móti sé lagður grundvöllur að forgangsröðun virkjunarkosta með tilliti til þarfar þjóðfélagsins hvað varðar atvinnustarfsemi, varðveislu náttúrugæða, styrkingu landsbyggðar og hagsmuna allra þeirra sem nýta þessi sömu gæði með sjálfbæra þróun að leiðarljósi.“

1.2.2 Skipulag

Skipulag undirbúningsvinnu að rammaáætlun var í senn hugsað þannig að innan þess rúmaðist fagleg vinna sem best yrði unnin í faghópum en auk þess almennur samráðsvettvangur almennings og allra þeirra sem eðlilegt væri að kæmu að málinu. Enn fremur var nauðsynlegt að öflug heildarstjórn mótaði áætlunina og skipulag hennar og beindi hinni faglegu vinnu í réttan farveg en stæði jafnframt fyrir samráði og kynningu með skipulegum hætti. Samkvæmt þessu var skipulagið þrjúþætt; verkefnisstjórn, faghópar og samráðsvettvangur.

1. Verkefnisstjórn

Helstu faglegu verkefni stjórnarinnar voru þessi:

- Að skilgreina og afmarka viðfangsefnið og setja því meginramma.
- Að fjalla um tillögur faghópanna um gagnaöflun og rannsóknarþörf og gera í ljósi þeirra tillögur til iðnaðarráðuneytisins.
- Að móta verkreglur fyrir starf faghópanna, einkum hvað varðar stigagjöf þeirra vegna einstakra orkuverkefna og fylgjast með starfi þeirra.
- Að finna og skilgreina aðferðir til að meta orkukostina í heild á grundvelli stigagjafar faghópanna.
- Að vinna úr niðurstöðum faghópanna og flokka virkjunarkostina á grundvelli stigagjafar faghópanna.

Á það var lögð áhersla að það ætti að vera hlutverk viðkomandi stofnana, einkum Orkustofnunar og Náttúrufræðistofnunar Íslands, að standa fyrir rannsóknum vegna viðfangsefnisins og veita verkefnisstjórninni öflugan faglegan bakgrunn. Þar yrði Orkustofnun bakhjarl verkefnisstjórnarinnar á sviði orkumála og Náttúrufræðistofnun Íslands ásamt Náttúruvernd ríkisins í málum sem varða náttúrufer og mat á verndargildi.

Iðnaðarráðherra skipaði í samráði við umhverfisráðherra 16 einstaklinga í verkefnisstjórnina. Formaður hennar var Sveinbjörn Björnsson, fyrrverandi háskólaarektor en aðrir stjórnarmenn voru:

Einar Bollason framkvæmdastjóri

Guðríður Þorvarðardóttir landfræðingur, Náttúruvernd ríkisins

Guðrún Zoëga verkfræðingur

Haukur Jóhannesson, forseti Ferðafélags Íslands, formaður faghóps II

Helgi Bjarnason verkfræðingur, síðar skrifstofustjóri í iðnaðarráðuneytinu

Ingimar Sigurðsson, skrifstofustjóri í umhverfisráðuneytinu

Jón Helgason, formaður Landverndar

Jón Ingimarsson, skrifstofustjóri í iðnaðarráðuneytinu

Jón Gunnar Ottósson forstjóri, Náttúrufræðistofnun Íslands

Jónas Elíasson, prófessor í umhverfis- og byggingarverkfræði

Sigurður Guðmundsson skipulagsfræðingur, Þjóðhagsstofnun, form. faghóps III

Vilborg Gunnarsdóttir, bæjarfulltrúi á Akureyri

Þorkell Helgason orkumálastjóri, formaður faghóps IV

Þorsteinn Tómasson, forstjóri Rannsóknastofnunar landbúnaðarins

Þorvaldur Jóhannesson, framkvæmdastjóri Sambands sveitarfélaga á Austurlandi

Þóra Ellen Þórhallsdóttir, prófessor í grasfræði, formaður faghóps I.

Hér er starfsheitum haldið eins og þau voru við skipun í stjórnina vorið 1999. Í febrúar 2000 hvarf Jón Ingimarsson til starfa á öðrum vettvangi. Helgi Bjarnason tók þá við starfi hans hjá iðnaðarráðuneytinu og sæti hans í verkefnisstjórn en í sæti Helga var skipaður Þorsteinn Tómasson í maí 2000.

Hákon Aðalsteinsson, yfirverkefnisstjóri rannsóknarverkefna og áætlana vegna rammaáætlunarinnar á Orkustofnun, var verkefnisstjórn og formanni hennar til aðstoðar. Formaður verkefnisstjórnar sá um allan fjárhag vegna verkefnisins sem deildarstjóri auðlindadeildar Orkustofnunar. Formaður verkefnisstjórnar og skrifstofustjórar iðnaðar- og umhverfissráðuneytanna gegndu starfi framkvæmdanefndar milli funda verkefnisstjórnarinnar.

Verkefnisstjórnin hélt eigin fundi að jafnaði í hverjum mánuði og boðaði til almennra samráðsfunda eftir því sem þurfa þótti til að veita upplýsingar um stöðu verkefna og leita eftir ábendingum og athugasemdum. Slíkir fundir voru haldnir víða um landið til að gefa sem flestum kost á að koma sínum sjónarmiðum á framfæri.

2. Faghópar

Hlutverk faghópanna var að fara yfir virkjunarkosti hver frá sínum sjónarhóli. Hóparnir áttu að meta virkjunarkostina og gera tillögur til verkefnisstjórnarinnar. Gert var ráð fyrir að í faghópunum yrðu sérfræðingar á viðkomandi sviði.

Faghópur I: Náttúrufar og minjar

Verkefni:

Að meta áhrif einstakra virkjunarkosta á landslag, jarðmyndanir, gróður, dýralíf, einkum fuglalíf og hreindýr, og minjar.

Formaður:

Þóra Ellen Þórhallsdóttir, prófessor í grasfræði.

Þátttaka:

Leitað var eftir tilnefningum frá þessum aðilum: Náttúruvernd ríkisins, Náttúrufræðistofnun Íslands, Líffræðistofnun HÍ, veiðimálastofnun, Náttúruverndarráði, Þjóðminjasafni, Arkitektafélagi Íslands, Landvernd, Náttúruverndarsamtökum Íslands, Sól í Hvalfirði og Umhverfissamtökum Íslands.

Þessir aðilar voru skipaðir auk formanns:

Anna Guðrún Þórhallsdóttir, Eyþór Einarsson, Freysteinn Sigurðsson, Gísli Már Gíslason, Guðrún Jónsdóttir, Helgi Torfason, Hilmar Malmquist, Jóhanna B. Magnúsdóttir, Jón Baldur Sigurðsson, Ragnheiður Traustadóttir, Sigmundur Einarsson, Sigurður Már Einarsson og Trausti Baldursson.

Helgi Torfason kom í stað Sigmundar Einarssonar. Þeir voru báðir tilnefndir af Náttúrufræðistofnun. Ragnheiður Traustadóttir kom í stað Guðmundar Jónssonar sem áður kom í stað Birnu Gunnarsdóttur sem upphaflega var tilnefnd af Þjóðminjasafninu.

Faghópur II: Útivist og hlunnindi

Verkefni:

Að meta áhrif einstakra virkjunarkosta á útivist sem tómstundagaman, landbúnað, landgræðslu og skógrækt, lax- og silungsveiðar og skotveiðar.

Formaður:

Haukur Jóhannesson, jarðfræðingur, forseti Ferðafélags Íslands.

Þátttaka:

Leitað var eftir tilnefningum frá þessum aðilum: Sambandi íslenskra sveitarfélaga, Bændasamtökum Íslands, útivistarsamtökum, Ferðafélagi Íslands, Útivist, Háskóla Íslands (landfræðiskor), Rannsóknarstofnun landbúnaðarins, Landgræðslu ríkisins, Skógrækt ríkisins, Veiðimálastofnun, Veiðistjóra, Náttúruvernd ríkisins, Ungmennafélagi Íslands.

Þessir aðilar voru skipaðir auk formanns:

Anna Dóra Sæþórsdóttir, Áki Ármann Jónsson, Eiríkur Þormóðsson, Guðmundur Gunnarsson, Guðni Guðbergsson, Karl Ingólfsson, Kristín Svavarsdóttir, Ólafur Arnalds, Ólafur R. Dýrmundsson, Sigurður Aðalsteinsson, Stefán Benediktsson og Þór Þorfinnsson.

Faghópur III: Þjóðhagsmál, atvinnulíf og byggðapróun

Verkefni:

Að meta hvaða áhrif það hefur á aðra atvinnustarfsemi, þ.m.t. ferðamennsku, að nýta virkjunarkostina. Einnig að meta langtímaáhrif þess á efnahag, atvinnulíf og byggðapróun að nýta orkulindirnar.

Formaður:

Sigurður Guðmundsson, skipulagsfræðingur, Þjóðhagsstofnun.

Þátttaka:

Leitað var eftir tilnefningum frá þessum aðilum: Byggðastofnun, Sambandi íslenskra sveitarfélaga, Skipulagsstofnun, Þjóðhagsstofnun, Fjárfestingarstofnuni - orkusviði, Háskólanum á Akureyri, Ferðamálaráði, Samtökum ferðaþjónustunnar, Félagi leiðsögumanna, ASÍ, Samtökum iðnaðarins, VSÍ (nú Samtökum atvinnulífsins), Verkfræðingafélagi Íslands.

Þessir aðilar voru skipaðir auk formanns:

Birgir Jónsson, Garðar Ingvarsson, Grétar Þór Eyþórsson, Ingunn Helga Bjarnadóttir, Jóhannes Pálsson, Katrín Ólafsdóttir, Matthildur Kr. Elmarsdóttir, Málfríður Kristjánsdóttir, Ólafur Kjartansson, Óskar Mariusson, Rannveig Sigurðardóttir, Smári Geirsson og Þorleifur Þór Jónsson.

Faghópur IV: Orkulindir

Verkefni:

Að skilgreina þá kosti sem fyrir hendi kunna að vera til að nýta vatnsorku og jarðhita til raforkuvinnslu, meta afl, orkugetu og líklegan orkukostnað hvers þeirra og forgangsraða þeim eftir hagkvæmni.

Hér er að mörgu leyti um að ræða framhald á vinnu vegna skýrslu iðnaðarráðuneytisins um innlendar orkulindir til raforkuvinnslu 1994 [6]. Þessi faghópur var leiðandi að því leyti að hann skilgreindi hugsanlega virkjunarkosti sem aðrir faghópar tóku síðan afstöðu til.

Formaður:

Þorkell Helgason, stærðfræðingur, orkumálastjóri.

Dáttaka:

Leitað var eftir tilnefningum frá þessum aðilum: Orkustofnun, Samorku (2 fulltrúar), Landsvirkjun, Samtökum sveitarfélaga (2 fulltrúar).

Þessir aðilar voru skipaðir auk formanns:

Agnar Olsen, Alfreð Þorsteinsson, Franz Árnason, Haukur Tómasson, Júlíus Jónsson og Valgerður Hrólfsdóttir sem starfaði með hópnum þar til hún lést um mitt ár 2001.

3. Samráðs- og ráðgjafarvettvangur

Brýnt þótti að rammaáætlunin nyti trausts úti í samfélaginu. Því var talið mikilvægt að hafa öflugt samráð meðan að henni væri unnið og efna til funda með hópum hagsmunaaðila og almennra funda. Jafnframt þótti mikilvægt að opna heimasíðu fyrir verkefnið þannig að almenningur gæti fylgst með framvindu þess og komið sjónarmiðum á framfæri. Til að undirstrika enn frekar hæfilegan aðskilnað frá verkefnisstjórninni var ákveðið að óska eftir því við Landvernd að samtökin önnuðust samráðsvettvanginn.

Þessir samráðsaðilar verkefnisstjórnarinnar voru nefndir í greinargerð iðnaðarráðherra:

Stjórnvöld, Samtök sveitarfélaga og landshlutasamtök sveitarfélaga, stjórnmalaflokkar, fjölmiðlar, Háskólinn á Akureyri, Háskóli Íslands, Bændasamtök Íslands, Félag leiðsögumanna, Hitaveita Suðurnesja, Landgræðsla ríkisins, Landsvirkjun, Náttúrufræðistofnun Íslands, Náttúruvernd ríkisins, Náttúruverndarráð (lagt niður 2001), Orkubú Vestfjarða, Orkustofnun, Orkuveita Reykjavíkur, Rafmagnsveitur ríkisins, Rannsóknastofnun landbúnaðarins, Samorka, Samtök ferðaþjónustunnar, Skipulagsstofnun, Skógrækt ríkisins, Vegagerðin, Veiðimálastofnun, Veiðistjóri. Arkitektafélag Íslands, Félag íslenskra náttúrufræðinga, Félag leiðsögumanna, Hið ísl. náttúrufræðafélag, Tæknifræðingafélag Íslands, Verkfræðingafélag Íslands, ASÍ og aðildarfélög, VSÍ og aðildarfélög. Ferðafélag Íslands, ferðafélög og ferðamálasamtök í landshlutunum, Landvernd, Landssamband hestamannafélaga, Landsamband stangveiðifélaga, Landssamband veiðifélaga, Náttúruverndarsamtök í landshlutunum, s.s. Naust, Samtök um náttúruvernd á Norðurlandi og Samtök um verndun hálendisins norðan Vatnajökuls, Náttúruverndarsamtök Íslands, Skotveiðifélag Íslands, Sól í Hvalfirði, Umhverfissamtök Íslands, Ungmennafélag Íslands, Útivist, önnur útivistarsamtök, 4x4 klúbburinn.

1.3 Gangur verkefnisins

Í mynd 1.1 er að finna yfirlit yfir helstu verkþætti og tímaferli þeirra.

Þegar verkefnisstjórnin hóf störf vorið 1999 setti hún sér það markmið að ljúka 1. áfanga áætlunarinnar í ársbyrjun 2003 með mati og samanburði á 20-25 virkjunarkostum vatnsafls og jarðvarma. Þar yrði fjallað um helstu kosti á virkjun vatnsafls í jökulám á hálendinu og jarðvarma á háhitasvæðum nærri byggð.

Nokkur umræða varð um hvort meta ætti allar virkjunarhugmyndir eða undanskilja einhverjar þeirra. Verkefnisstjórnin leitaði álits iðnaðarráðherra með bréfi 6. mars 2000 og hann svaraði með bréfi 26. maí. Þar kom fram sú skoðun ráðuneytisins að almennt bæri

„ ... ekki að undanskilja neinar þær virkjunarhugmyndir sem hafa á undanförnum áratugum verið til skoðunar hjá Orkustofnun og áður embætti raforkumálastjóra, svo og hin síðustu ár einnig hjá Landsvirkjun, og einhver haldbær gögn liggja fyrir um að geti verið raunhæfir virkjunarkostir í framtíðinni.“

Hins vegar var ekki talið eðlilegt að fjalla um virkjunaráform sem bæði Alþingi og ráðherra hefðu heimilað (þá Fljótsdalsvirkjun og stækkun Búrfellsvirkjunar). Í sama streng tók umhverfisráðherra í bréfi sínu til verkefnisstjórnar 26. maí. Í ljósi þessa undirbjó verkefnisstjórnin mat á virkjunarhugmyndum í Jökulsá á Dal en gerði ekki ráð fyrir mati á hugmyndum um virkjun Jökulsár í Fljótsdal. Þegar Landsvirkjun ákvað síðar að stefna að virkjun beggja ána með Kárahnjúkavirkjun varð að ráði að sú virkjunarhugmynd yrði metin og Fljótsdalsvirkjun til samanburðar.

Verkefnisstjórnin ræddi einnig hvort taka ætti til umfjöllunar hugsanlegar virkjunarhugmyndir sem hefðu áhrif á friðlýst svæði eða mikilvæg náttúruvætti svo sem Gullfoss, Dettifoss eða Geysi. Hún taldi rétt að slíkir kostir yrðu teknir með til samanburðar þótt ekki væri skynsamlegt að eyða miklu fé í áætlanir þeim tengdar. Treysta yrði því að matsaðferðir skiluðu þeirri umsögn um áhrif virkjana sem þessum stöðum bæri.

Landsvirkjun, Rafmagnsveitur ríkisins, Orkuveita Reykjavíkur og Hitaveita Suðurnesja létu Orkustofnun í té gögn um þær virkjunarhugmyndir sem þær hafa undirbúið. Þar var mat á náttúrufarsgildum og áhrifum í flestum tilvikum byggt á skýrslum um mat á umhverfisáhrifum viðkomandi virkjana en þær eru mun ítarlegri en skýrslur um aðrar virkjanir sem eru skemmra komnar í undirbúningi. Orkustofnun reiddi fram eldri gögn um aðrar virkjanir úr sínum fókum og stýrði undirbúningsrannsóknum þar sem gögn skorti. Náttúrufræðistofnun Íslands gegndi hins vegar lykilhlutverki í rannsókn á náttúrafari virkjunarsvæðanna og studdist þar m.a. við eldri gögn í fókum stofnunarinnar. Vatnamælingar Orkustofnunar önnuðust öflun gagna um rennsli og aurburð og margar verkfræði- og ráðgjafarstofur tóku þátt í gerð frumáætlana um virkjanir.

Eitt fyrsta verkefni stjórnarinnar var að hrinda af stað gagnaöflun fyrir matsferlið, bæði um virkjunarhugmyndirnar sjálfar og náttúrufar viðkomandi svæða. Í tengslum við það verkefni tók Náttúrufræðistofnun að sér að vinna tilraunaverkefni sem miðaði að því að þróa aðferðir til að skrá og meta náttúruverndargildi fyrirhugaðra virkjunarsvæða [12, 13].

Áður en vinna við mat á mismunandi virkjunarkostum hófst snerist starf verkefnisstjórnar og faghópa um þróun aðferða sem beita mætti í matinu og um val á viðföngum og viðmiðum. Áhersla var lögð á skýrt og gagnsætt verklag og vinnureglur. Opin umfjöllun um aðferðafræðina var víðtæk með opnum málþingum og sérstökum fundum með orkufyrirtækjum og stofnunum sem málið varðar sérstaklega. Lýsingu á aðferðafræði faghópa er að finna í 3. kafla þessarar greinargerðar og í viðaukum b3 til b6.

Gögn um virkjunarkosti voru lögð fyrir fjóra faghópa verkefnisstjórnar. Þeir mátu gögnin hver frá sínum sjónarhóli og skiluðu niðurstöðum til verkefnisstjórnar. Samantekt á helstu niðurstöðum faghópa er sýnd í töflum í 5. kafla ásamt túlkun verkefnisstjórnar með skýringarmyndum.

	1999	2000	2001	2002	2003
Ráðherra skilgreinir: Maður-nýting-náttúra	x				
Verkefnisstjórn og faghópar					
Verkefnisstjórn skipuð	x				
Val matsaðferða, viðföng og viðmið					
Faghópar skipaðir		x			
Mótun aðferða faghópa					
Skilgreining 1. áfanga rammaáætlunar		x			
Val virkjana til tilraunamats				x	
Tilraunamat faghópa					
Úrvinnsla verkefnisstjórnar					
Niðurstöður tilraunamats				x	
Kynning tilraunamats					
Endurskoðun aðferðafræði					
Mat 1. áfanga					
Úrvinnsla verkefnisstjórnar					
Ritun skýrslu um niðurstöður 1. áfanga					
Niðurstöður 1. áfanga					x
Starf Landverndar					
Skrifstofupjónusta	x				
Starfsfundir	x				
Samráðsvettvangur		x			
Kynningarfundir		x			
Vefsíða		x			
Öflun gagna					
Öflun gagna um virkjunarkosti					
Tilraunaverkefni um flokkun vistgerða					
Taka loftmynda og gerð myndkorta		x	x		
Flokkun vistgerða á virkjunarsvæðum					
Ferðarannsóknir					
Virkjunarskýrslur					
Rannsókn vatnagrunna					
Rannsókn jarðfræðiminja					
Rannsókn á lífríki háhitasvæða					
Vefur um háhitasvæði					

Mynd 1.1 Verkerli við 1. áfanga rammaáætlunar

1.4 Tilraunamat 2002

Sumarið 2000 óskaði iðnaðarráðuneytið eftir því að verkefnisstjórnin flýtti mati og samanburði á virkjunarkostum í jökulám sem bera mætti saman við Kárahnjúkavirkjun. Verkefnisstjórnin taldi gerlegt að skila bráðabirgðaáliti með slíkum samanburði í byrjun árs 2002, þó með þeim fyrirvara að fleiri sumur þyrfti til að ljúka rannsóknum á náttúrufari sumra virkjunarsvæðanna. Þar yrði í fyrstu að styðjast við eldri gögn um náttúrufar og frumáætlanir um virkjanir sem endurskoðaðar yrðu á árinu 2002 áður en til endanlegs mats kæmi í ársbyrjun 2003. Verulega vinnu þyrfti einnig við skilgreiningu á þeim verðmætum og áhrifum virkjana sem meta skyldi og bera saman. Því yrði að líta á þetta mat og samanburð sem tilraun með þau viðföng og viðmið sem faghópar og verkefnisstjórn veldu til samanburðar og þær aðferðir sem beitt yrði til að vega saman óskylda þætti í heildar-samanburði.

Til þessa tilraunamats voru valdir virkjunarkostir í Austari- og Vestari-Jökulsá í Skagafirði, Skjálfandafhljóti, Jökulsá á Fjöllum, Jökulsá á Dal, Jökulsá á Fljótisdal, Skaftá, Hólmsá og Markarfljóti. Einnig veita úr Skaftá um Langasjó í Tungnaá og veita Þjórsár frá Norðlingaöldu í Þórisvatn, alls 15 kostir. Þetta úrtak náði til flestra stærstu virkjunarkostanna í jökulám og gera má ráð fyrir að í hópnum séu einnig flestir hagkvæmstu kostirnir. Úrtakið er hins vegar ekki dæmigert fyrir heild allra virkjunarhugmynda um vatnsafl. Enn fremur vantaði samanburð við jarðvarmavirkjanir.

Niðurstöður tilraunamatsins voru kynntar með skýrslu í apríl 2002 [14]. Þar var að finna lýsingu á aðferðafræði allra faghópa og niðurstöður faghópa I, II og IV um 15 vatnsaflsvirkjanir en niðurstöður faghóps III um efnahagsleg áhrif voru ekki tiltækar fyrr en með greinargerð um tilraunamat á 10 virkjunarkostum haustið 2002 [15]. Þótt upphaflegur tilgangur tilraunamatsins hafi verið að fá samanburð við Kárahnjúkavirkjun var tilraunamatið ekki síður gert til að kynna þær aðferðir sem faghóparnir höfðu þróað og kalla eftir leiðbeinandi gagnrýni sem nýst gæti við endanlegt mat. Við þróun aðferða og framkvæmd matsins var lögð áhersla á gegnsæi svo að hver sem áhuga hefur geti rakið hvernig matið var unnið og fengið skýringar á þeim ályktunum sem af því eru dregnar.

Landsvirkjun skipaði sérstakan starfshóp sem fól Sigurði St. Arnalds hjá Hönnun hf. að setja saman álitgerð um aðferðir og niðurstöður tilraunamatsins [16]. Í henni var lögð áhersla á að rammaáætlun væri ætlað að fjalla um virkjunaráætlanir framtíðarinnar og leggja mat á og flokka þá kosti en ekki að fjalla um kosti líðandi stundar sem aðra og umfangsmeiri umfjöllun hljóta á öðrum vettvangi. Sú aðferðafræði, sem faghópar I og II beittu, var talin í meginatriðum skynsamleg en fram voru settar gagnlegar ábendingar og athugasemdir. Frá Héraðsvötnum ehf. barst athugasemd við mat faghóps III á áhrifum Villinganesvirkjunar á ferðaþjónustu í formi fljótareiddar [17]. Gerð var athugasemd við áætlun tekjumissi ferðaþjónustu og þá framsetningu að bera hugsanlegar vergar tekjur af ferðaþjónustu saman við hagnað af virkjunum. Verkefnisstjórnin svaraði Héraðsvötnum ehf. með bréfi [18].

1.5 Kostnaður

Kostnaður við 1. áfanga rammaáætlunar var borinn af Orkusjóði, fjárveitingum til Orkustofnunar og Náttúrufræðistofnunar, Landsvirkjun, Rafmagnsveitum ríkisins, Orkuveitu Reykjavíkur og Hitaveitu Suðurnesja [19]. Framlög Orkusjóðs til undirbúnings að rammaáætlun hafa verið með þeim hætti að Orkusjóður hefur fengið fjárveitingu á fjárlögum sem á rætur að rekja til þess að Landsvirkjun var á árinu 1998 gert að endurgreiða útlagðan rannsóknakostnað ríkisins vegna undirbúnings Blönduvirkjunar og Fljótsdalsvirkjunar í samræmi við ákvæði orkulaga. Orkusjóður hefur svo veitt Orkustofnun þetta fé sem styrk til að standa undir kostnaði við undirbúning að rammaáætluninni. Styrkurinn hefur numið 50 m.kr. á ári frá 1999 (75 m.kr. 2001). Jafnframt hefur Orkustofnun beint hluta af fjárveitingu sinni á hverju ári til að kosta vinnu við áætlunina og verkefni sem henni tengjast. Það framlag nam 23 m.kr. 1999, 38-39 m.kr. á ári 2000 til 2002 og mun nema um 43 m.kr. á þessu ári.

Í töflu 1.1 er dreginn saman kostnaður sem bókaður hefur verið hjá Orkustofnun. Þar er þó aðeins fjallað um kostnað þeirra verkefna sem unnin voru á vegum Orkustofnunar fyrir framlög Orkusjóðs eða hluta fjárveitingar til Orkustofnunar, stundum með þátttöku Náttúrufræðistofnunar Íslands, Landsvirkjunar og Orkuveitu Reykjavíkur. Í fyrstu tveimur dálkunum er sýndur kostnaður verkþátta eins og hann var bókaður hjá Orkustofnun. Í næstu þremur dálkum eru sýnd framlög Náttúrufræðistofnunar Íslands, Landsvirkjunar og Orkuveitu Reykjavíkur til þessara verkþátta en sá kostnaður er ekki í bókhaldi Orkustofnunar. Auk þess lagði Náttúrufræðistofnun fram verulegan skerf af eigin fjárveitingu til náttúrufarsrannsókna og orkufyrirtækin með undirbúningsrannsóknum á þeim virkjunarkostum sem komnir eru á þeirra hendur. Í mörgum tilvikum gátu þau lagt fram gögn sem aflað hafði verið til mats á umhverfisáhrifum virkjunar og voru mun ítarlegri en frummat á vegum rammaáætlunar þarfnast. Ekki er gerð tilraun hér til að meta þennan kostnað.

Í töflu 1.1 sést að mestu fé hefur verið varið til náttúrufarsrannsókna eða 198 m.kr. rannsóknar háhitasvæða 71 m.kr., rennslisgagna 59 m.kr., verkfræðiáætlana 38 m.kr. og kortagerðar 29 m.kr. Vinna verkefnisstjórnar og faghópa hefur kostað um 23 m.kr., annar kostnaður við fundi og ferðir þeirra 14 m.kr. og sérverkefni 11 m.kr. Vinna og útlagður kostnaður Landverndar í aðstoð við verkefnisstjórn og faghópa og við rekstur vefsíðu, kynningarfundir og ferðir verkefnisstjórnar og faghópa nema 18,5 m.kr. Vinna starfsmanna Orkustofnunar deilist á flesta þessa verkþætti. Kostnaður, sem nú er greiddur eða skuldbundinn, nemur alls 543 m.kr. Til að ljúka lokaúrvinnslu og ritun á skýrslum Náttúrufræðistofnunar um náttúrufar á virkjunarsvæðum 1. áfanga skortir 10 m.kr. og kostnaður við útgáfu og kynningu á niðurstöðum 1. áfanga er áætlaður 2,1 m.kr. Í heild nemur kostnaður við 1. áfanga 555 m.kr.

Tafla 1.1 Kostnaður verkþátta vegna undirbúnings 1. áfanga rammaáætlunar¹

Verkþáttur	Orkusjóður þ.kr.	OS þ.kr.	Ní þ.kr.	LV þ.kr.	OR þ.kr.	Alls þ.kr.
Kortagerð	23.392	2.929		3.150		29.471
Náttúrufar	129.635	15.386	37.800	15.000		197.821
Rennslisgögn	10.417	47.786		500		58.703
Ferðarannsókn	8.215					8.215
Verkfræðiáætlanir	26.005	12.324				38.329
Virkjunarskýrslur	10.350					10.350
Háhitavæði	20.637	37.814	4.200	4.000	4.000	70.651
Fundir verkefnisstjórnar og faghópa	13.653					13.653
Vinna verkefnisstjórnar og faghópa	23.186					23.186
Sérverkefni fyrir verk- efnisstjórn og faghópa	8.934	1.886				10.820
Landvernd, skrifstofu- þjónusta og samráðs- vettvangur	18.502					18.502
Vinna starfsmanna OS		63.561				63.561
Alls skuldbundið	292.926	181.686	42.000	22.650	4.000	543.262
Lokaúrvinnsla og ritun skýrslna um náttúrufar	10.000					
Útgáfa og kynning á niðurstöðum 1. áfanga	2.100					
Kostnaður við 1. áfanga	305.026	181.686	42.000	22.650	4.000	555.362

1.6 Annað

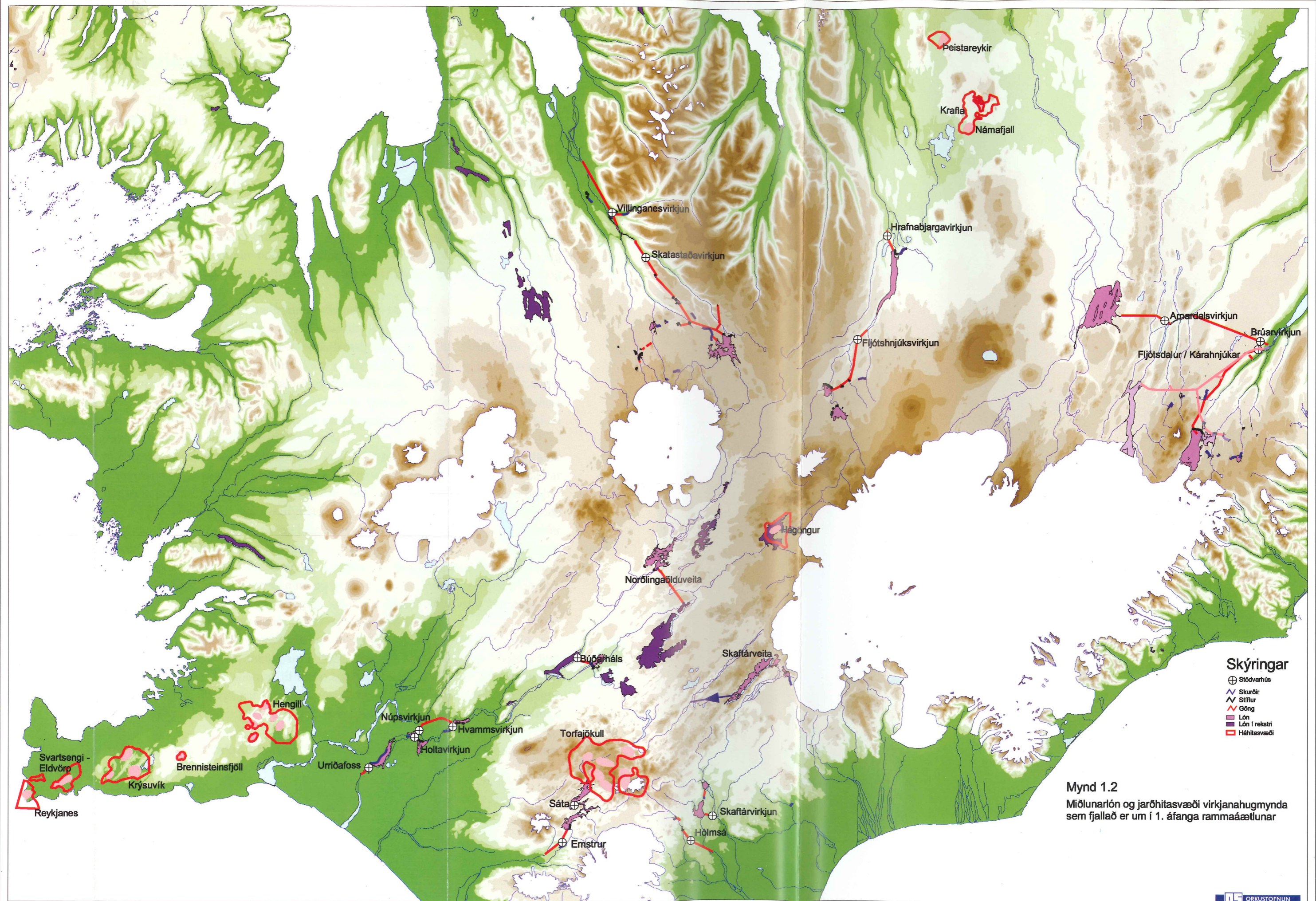
Til þess að bæta upplýsingar um þá virkjunarkosti sem Landsvirkjun hefur undirbúið bauð hún faghópum rammaáætlunar til kynningarfundar og var það boð þegið. Svipaðir kynningarfundir voru einnig haldnir í boði Rafmagnsveitna ríkisins, Orkuveitu Reykjavíkur og Hitaveitu Suðurnesja.

Skilgreiningu og lýsingu á þeim virkjunarhugmyndum, sem teknar voru til mats í 1. áfanga rammaáætlunar, er að finna í viðauka a1 (vatnsaflsvirkjanir) og a2 (jarðvarma-
virkjanir). Yfirlitskort yfir virkjunarsvæðin er hins vegar birt sem mynd 1.2. aftan við þennan kafla. Kort af virkjunarsvæðum 1. áfanga er að finna í viðaukum a.

¹ Í fyrstu tveimur dálkunum er sýndur kostnaður verkþátta eins og hann var bókaður hjá Orkustofnun. Í næstu þremur dálkunum eru sýnd framlög Náttúrufræðistofnunar Íslands, Landsvirkjunar og Orkuveitu Reykjavíkur til þessara verkþátta en sá kostnaður er ekki í bókhaldi Orkustofnunar. Auk þess lögðu þessir aðilar fram gögn til afnota við gerð rammaáætlunar en kostnaður við öflun þeirra hefur ekki verið metinn.

1.7 Heimildir

- [1] Haukur Tómasson og Hákon Aðalsteinsson 1991. *Vatnsorkulindir landsins, áttak í grunnrannsóknunum*. Erindi flutt á ársfundi Orkustofnunar 1991, bls. 45-49.
- [2] *Innlendar orkulindir til vinnslu raforku*. Iðnaðarráðuneytið maí 1994, 153 bls.
- [3] 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.
- [4] Sveinbjörn Björnsson 2001. *Orkulindir og umhverfi - rammaáætlun*. Erindi flutt á Orkuþingi 2001, bls. 89-95.
- [5] Kristján Þórarinnsson, Einar Þórarinnsson, 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.
- [6] Anna Dóra Sæþórsdóttir 1998. *Ahrif virkjana norðan Vatnajökuls á ferðamennsku*. Iðnaðar- og viðskiptaráðuneytið og Landsvirkjun, 118 bls.
- [7] *Sjálfbær þróun í íslensku samfélagi*. Framkvæmdaáætlun til aldamóta. Ríkisstjórn Íslands 1997.
- [8] *Samlet Plan for Vassdrag*, Hovedrapport, Miljøverndepartementet 1984.
- [9] *Rammaáætlun Norðmanna um vatnasvið*. Frásögn af kynnisferð 23.-26. nóv. 1998. Orkustofnun og Náttúruvernd ríkisins, 8 bls.
- [10] *Rammaáætlun um virkjanir og verndarviðmið*. Drög að skipulagi. Orkustofnun, 6 bls., des. 1998.
- [11] *Maður - nýting - náttúra*. Greinargerð iðnaðarráðherra 8. mars 1999.
- [12] Sigmundur Einarsson, Erling Ólafsson, Guðmundur Guðjónsson, Kristinn Haukur Skarphéðinsson og Sigurður H. Magnússon 1999. *Verndargildi virkjunarsvæða. Áfangaskýrsla*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-99020, 15 bls.
- [13] Sigmundur Einarsson, Sigurður H. Magnússon, Erling Ólafsson, Kristinn Haukur Skarphéðinsson, Guðmundur Guðjónsson, Kristbjörn Egilsson og Jón Gunnar Ottósson 2000. *Náttúruverndargildi á virkjunarsvæðum norðan jökla*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-00009, 220 bls. og kort.
- [14] *Tilraunamat á 15 virkjunarkostum í vatnsafla*. Verkefnisstjórn um gerð rammaáætlunar um nýtingu vatnsafls og jarðvarma, apríl 2002, 16 bls. + 41 bls. viðauki.
- [15] *Tilraunamat á 10 virkjunarkostum*. Greinargerð faghóps III á vegum rammaáætlunar um nýtingu vatnsafls og jarðvarma, október 2002, 16 bls.
- [16] Sigurður St. Arnalds, Hönnun hf. *Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma*. Álitsgerð fyrir Landsvirkjun, 10.1.2003, 10 bls.
- [17] *Athugasemdir við tilraunamat faghóps III vegna Villinganesvirkjunar*. Héraðsvötn ehf., 20.1.2003, 2 bls.
- [18] *Svarbréf verkefnisstjórnar rammaáætlunar til Héraðsvatna ehf.*, 20.5.2003.
- [19] *Greinargerð um útgjöld vegna 1. áfanga rammaáætlunar um nýtingu vatnsafls og jarðvarma*. Orkustofnun, ágúst 2003, 7 bls.



- Skýringar**
- ⊕ Stöðvarhús
 - ⚡ Skurðir
 - ⚡ Stíflur
 - ⚡ Göng
 - Lán
 - Lán í rekstri
 - Háhitasvæði

Mynd 1.2
 Miðlunarlín og jarðhitasvæði virkjanahugmynda sem fjallað er um í 1. áfanga rammaáætlunar

2 Rannsóknir og önnur gagnaöflun

2.1 Gagnaöflun

Eins og fram kom í greinargerð iðnaðarráðherra „*Maður - nýting - náttúra*“ [1] var það hlutverk verkefnisstjórnar að skilgreina og afmarka viðfangsefnið og setja því meginramma. Hún átti að fjalla um tillögur faghópanna um gagnaöflun og rannsóknarþörf og gera í ljósi þeirra tillögur í því efni til iðnaðarráðuneytisins. Það var hins vegar hlutverk viðkomandi stofnana, einkum Orkustofnunar og Náttúrufræðistofnunar Íslands, að standa fyrir rannsóknum vegna viðfangsefnisins og veita verkefnisstjórninni öflugan faglegan bakgrunn. Þar yrði Orkustofnun bakhjarl verkefnisstjórnarinnar á sviði orkumála og Náttúrufræðistofnun Íslands ásamt Náttúruvernd ríkisins í málum sem varða náttúrufar og mat á verndargildi.

Þar sem framlög Orkusjóðs til undirbúningsrannsókna virkjana í tengslum við rammaáætlun runnu til Orkustofnunar kom það í hennar hlut að semja um rannsóknir við verkataka. Sumar þeirra voru að frumkvæði verkefnisstjórnar, aðrar að frumkvæði Orkustofnunar sjálfar, enda beindi hún einnig hluta af fjárveitingu sinni til þessara verkefna. Í mörgum rannsóknarverkefnum var samið um þátttöku orkufyrirtækja, einkum Landsvirkjunar og Orkuveitu Reykjavíkur. Einnig tóku þær rannsóknarstofnanir, sem önnuðust stærstu rannsóknarverkefni, einkum Náttúrufræðistofnun, á sig umtalsverðan hluta vegna gildis verkefnanna fyrir eigin viðfangsefni.

Að ráðum Orkustofnunar valdi verkefnisstjórnin að meta í 1. áfanga rammaáætlunar virkjunarhugmyndir í jökulám á hálendinu og á háhitasvæðum nærri byggð. Þetta val var eðlilegt þar sem þessar hugmyndir eru lengst komnar í undirbúningsrannsóknum og því voru gögn um þær aðgengileg hjá orkufyrirtækjum og Orkustofnun. Auk hefðbundinna undirbúningsrannsókna á orkulindinni og bestu tilhögun virkjunar þurfti að þróa aðferðir til að lýsa verðmætum náttúrufars á virkjunarsvæðum og meta gildi þeirra fyrir útivist og ferðapjónustu. Orkustofnun tók frumkvæði, í samráði við Náttúrufræðistofnun, um skilgreiningu verkefna í náttúrufarsrannsóknum og gerði samninga við rannsóknaraðila sem verktaka um þessi verkefni. Faghópar II og III völdu úr sínum röðum umsjónarhóp með ferðarannsóknum sem verktaki á vegum Orkustofnunar annaðist.

Verkefnisstjórnin beindi sinni orku að vali og þróun aðferða til mats á virkjunarhugmyndum eftir tillögum sem faghóparnir lögðu fram. Á sumum sviðum þurftu faghópar að þróa sjálfir kerfi og aðferðir til mats. Faghópur I lagði t.d. mikla vinnu í skilgreiningu og flokkun landslags þar sem erfitt var að fara eftir erlendum viðmiðum vegna séríslenskra aðstæðna. Þessum þætti eru gerð skil í lýsingu á aðferðafræði faghópsins í viðauka b3.

Hér fer á eftir lýsing Orkustofnunar á þeim rannsóknum sem fram fóru á hennar vegum.

2.2 Rannsóknir á vegum Orkustofnunar

Orkustofnun hefur um áratugaskeið unnið að rannsóknum á þeim orkulindum sem eru fólgnar í rennandi vatni og jarðhita. Hún hefur m.a. látið gera nákvæm landakort af stórum landsvæðum, einkum á hálendinu. Einhverjar jarðfræðirannsóknir hafa verið stundaðar á flestum stærri virkjunarsvæðum landsins. Vatnamælingar hafa verið stundaðar í öllum helstu ám landsins. Stofnunin hefur látið gera frumáætlanir um virkjun í mörgum af stærstu ám landsins og almennar rannsóknir á náttúrufari í tengslum við þær til að átta sig á helstu umhverfisáhrifum væntanlegra framkvæmda. Margar af þessum áætlunum voru komnar til ára sinna enda hefur tækni fleygt fram og reynsla fengist af hönnun og mannvirkjagerð. Mat á náttúrufarsgildi hafði um of verið persónubundið en síður kerfisbundið og tengt skýrum viðmiðum. Eldri gögn eru almennt ekki tölvutæk. Nú eru flest gögn unnin í tölvum og tæki og grunn gögn, sem tengdust fyrri vinnubrögðum, því óðum að úreldast. Við þessu varð að bregðast, m.a. með nýrri kortagerð sem byggist á litloftmyndum.

Orkustofnun sinnir rannsóknum á svonefndu forathugunarstigi. Í því felst leit að heppilegum og hagkvæmum leiðum til að nýta tiltekin náttúrufarsleg skilyrði til virkjunar. Orkufyrirtækin taka síðan við að þróa þessar hugmyndir og útfæra nánar og þau eru ábyrg fyrir endanlegri útfærslu og gera grein fyrir áhrifum einstakra þátta virkjunarinnar á umhverfið. Þetta er þróun þar sem nákvæmni á öllum sviðum undirbúnings eykst eftir því sem nær dregur framkvæmdum.

Forathugun á háhita til orkuvinnslu felst í yfirborðsrannsóknum þar sem nýtt er sú þekking sem aflá má án borana til að átta sig á hugsanlegum vinnslueiginleikum viðkomandi svæðis. Það er ekki fyrir en með borunum sem úr því fæst skorið endanlega hvort svæðið hentar til raforkuframleiðslu og erfitt er að leggja fram hugmyndir um staðsetningu mannvirkja fyrir en vitað er hvar gufan verður unnin úr jarðhitageyminum. Orkustofnun hefur unnið að rannsóknum á forathugunarstigi á fjölmörgum háhitasvæðum og úr þeim þekkingarbrunni var veitt inn á svonefndan háhitavef Orkustofnunar þar sem fá má yfirlit um fyrirbæri á yfirborði sem tengjast háhitasvæðum og lýsingu á þeim háhitasvæðum sem tekin eru fyrir og eiginleikum þeirra.

2.2.1 Náttúrufar og verndargildi

Þær rannsóknir, sem unnar hafa verið vegna undirbúnings rammaáætlunar, varða annars vegar gróðurfar og dýralíf á þurrlendi og samantekt gagna um straumvötn og stöðuvötn og hins vegar kortlagningu á jarðfræði og landslagseinkennum sem rekja má til framrásar og hörfunar jökla. Um almenna jarðfræði og berggerð er fyrst og fremst vísað til fyrirbyggjandi þekkingar sem almennt er talin þökkaleg, a.m.k. samanborið við marga aðra náttúrufarsþætti.

2.2.2 Lífríki þurrlendis

Leitað var til Náttúrufræðistofnunar Íslands um tillögur að gagnaöflun vegna þessarar þáttar. Náttúrufræðistofnun lagði áherslu á að í þessum efnum yrði annars vegar byggt á þeirri leiðsögn sem felst í lögum um náttúruvernd og hins vegar á alþjóðlegum viðmiðum sem

yrðu löguð að íslenskum aðstæðum [2; bls. 129-136].

Orkustofnun og Náttúrufræðistofnun lögðu áherslu á að rannsóknir yrðu skipulagðar þannig að gott yfirlit fengist um virkjunarsvæðin í heild, ekki einungis viðkomandi mannvirkjasvæði. Náttúrufræðistofnun taldi að það yrði best gert með flokkun lands í vistgerðir þar sem stuðst væri við alþjóðlega viðurkennda aðferðafræði. Sú flokkun yrði byggð á gróðurflokkun á gróðurkortum. Gróðurkort voru til af flestum virkjunarsvæðunum en flest komin til ára sinna og ekki talið öruggt að þau stæðust tímans tönn. Það á við um aðferðir við flokkun og nákvæmni og auk þess mátti búast við að víða hefðu orðið einhverjar breytingar á gróðurfari og þekju gróðurs.

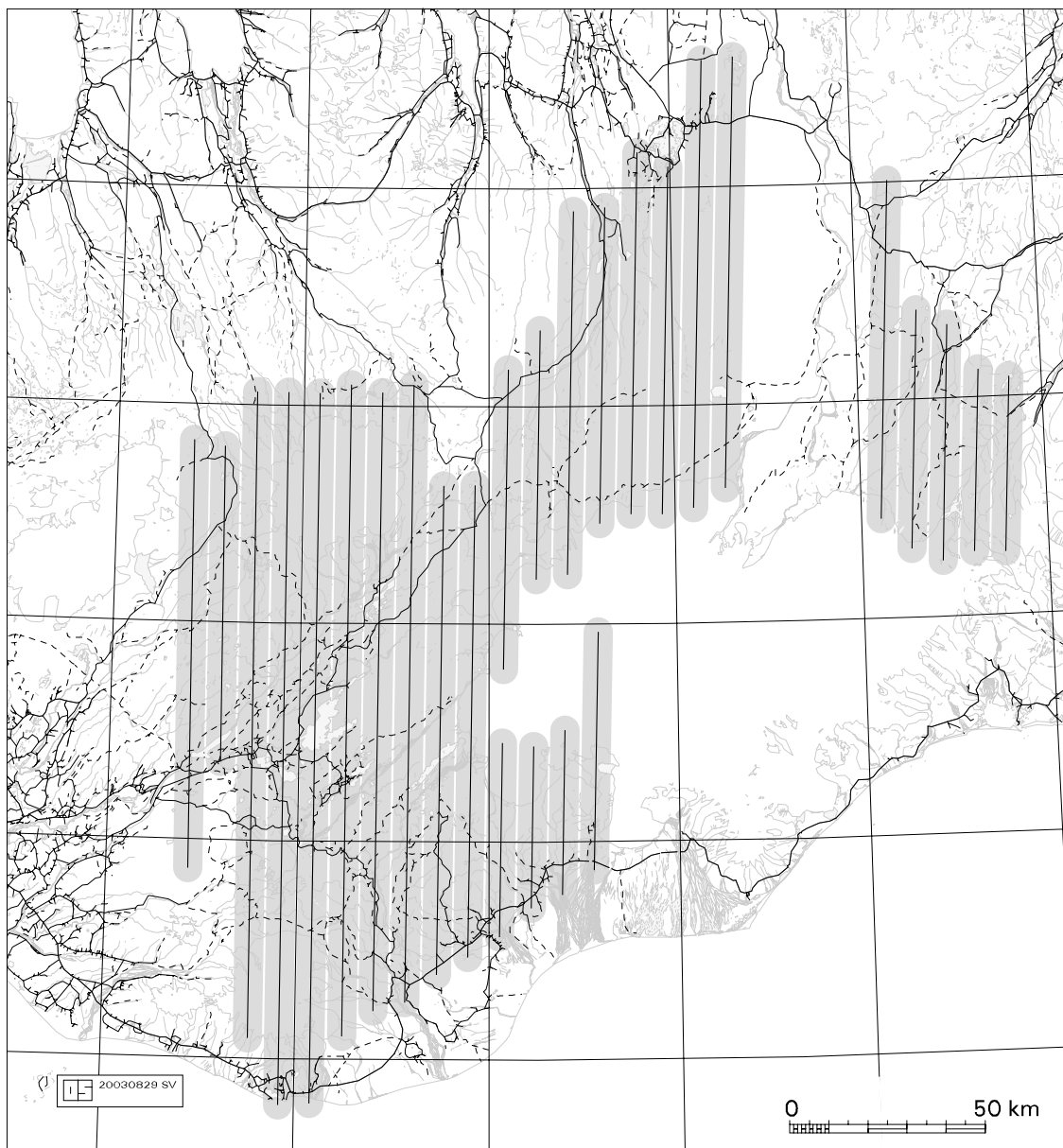
Vinnsla gróðurkorta hófst á sjötta áratug síðustu aldar. Þau voru í upphafi unnin á svarthvítar loftmyndir og færð handvirkt á kortagrunn sem byggðist á kortum bandaríska herforingjaráðsins í mælikvarða 1:50.000 með 20 m hæðarlínunum. Nú er öll kortagerð unnin á tölvu, öll afmörkun gróðurlenda hnitsett og eigindi skráð í landupplýsingakerfi. Það varð sameiginleg niðurstaða Orkustofnunar og Náttúrufræðistofnunar að nauðsynlegt væri að endurskoða gróðurkortin í tengslum við tölvutekt þeirra. Til þess að það væri hægt þurfti að afla nýrra litloftmynda og gera upprétt myndkort. Enn fremur var talið nauðsynlegt að skilgreina tilraunaverkefni til að laga vistgerðaflokkun að íslenskum aðstæðum. Landsvirkjun hafði látið gera myndkort af virkjunarsvæði á Hofsafrétt og allstóru svæði við fyrirhugað Háslón við Kárahnjúka. Orkustofnun hafði þá þegar látið tölvutaka gróðurkort af Hofsafrétt og Landsvirkjun að hluta af lónstæðum við jökulárnar norðan Vatnajökuls og auk þess voru þau kort nýleg og frá upphafi unnin yfir á nákvæmari kortagrunn en almennt gerðist.

Sumarið 1999 var því hægt að hefja vinnu við vistgerðaflokkun á Hofsafrétt og við fyrirhugað Háslón. Sem fyrr segir var það skilgreint sem tilraunaverkefni og unnið af Náttúrufræðistofnun samkvæmt samningi við Orkustofnun og Landsvirkjun [2]. Markmið verkefnisins var að móta verklag við skráningu náttúrufars á virkjunarsvæðum til að meta umhverfisáhrif og setja fram tillögu um verndarviðmið sem beita mætti til að meta verndargildi virkjunarsvæða. Jafnframt sömdu Orkustofnun og Landsvirkjun að undangengnu útboði við Loftmyndir ehf. og Ísgraf ehf. um gerð myndkorta af um 8.000 km² lands á hálendinu, þ.e. á öllum þeim virkjunarsvæðum sem áætlað var að taka fyrir í 1. áfanga (sjá mynd 2.1).

Vinnulagið við vistgerðaflokkun er þannig:

1. Gróðurkort tölvutekin og yfirfærsla þeirra á kort endurskoðuð.
2. Farið er á viðkomandi svæði og gróðurflokkun endurskoðuð.
3. Ný gróðurkort gerð og flokkuð í tilgátuvistgerðir.
4. Farið á viðkomandi svæði og tilgátur sannreynar.
5. Gerð vistgerðakorta.

Vistgerðirnar eru byggðar á gróðurfari en jafnframt er kannað hvort sú flokkun falli að einkennum í smádyra- og fuglafánu svæðanna. Niðurstaðan er sú að gróðurvistgerðirnar falla vel að samsvarandi flokkun fyrir smádyr og fugla og var ákveðið að beita þessari nálgun við skráningu á náttúrufari annarra fyrirhugaðra virkjunarsvæða. Vegna þessarar samsvörunar á milli gróðurs og dýralífs í vistgerðaflokkuninni var talið réttlæt看legt að fækka nokkuð þeim svæðum þar sem nákvæm greining er gerð á smádyralífi. Á hverju



Mynd 2.1 Svæði sem mynduð voru úr lofti vegna myndkortagerðar

virkjunarsvæði eru valin eitt til tvö 100-150 km² stór undirsvæði þar sem gróðurfar og dýralíf eru könnuð nánar, bæði hvað varðar tegundir og þekju þeirra. Þessi svæði eru valin þannig að lónstæði virkjana falla innan þeirra en svæðin eru venjulega 5-10 sinnum stærri en lónstæðin. Með þessu fæst nákvæm athugun á lónstæðum og stórum grannsvæðum og heildarmynd af vistgerðum á enn stærra svæði.

Á eftirfarandi svæðum er rannsóknum lokið [3]:

Hofsafréttur, um 400 km²

Lónstæði Háslóns og grannsvæði, um 300 km²

Svæði austan Jökulsár á Fjöllum (Arnardalur og Möðrudalur), um 300 km²

Afréttur Skaftártungu og Síðu, um 2.100 km²

Á öðrum svæðum er allri útvinnu lokið sem og frumúrvinnslu. Þessi svæði eru:

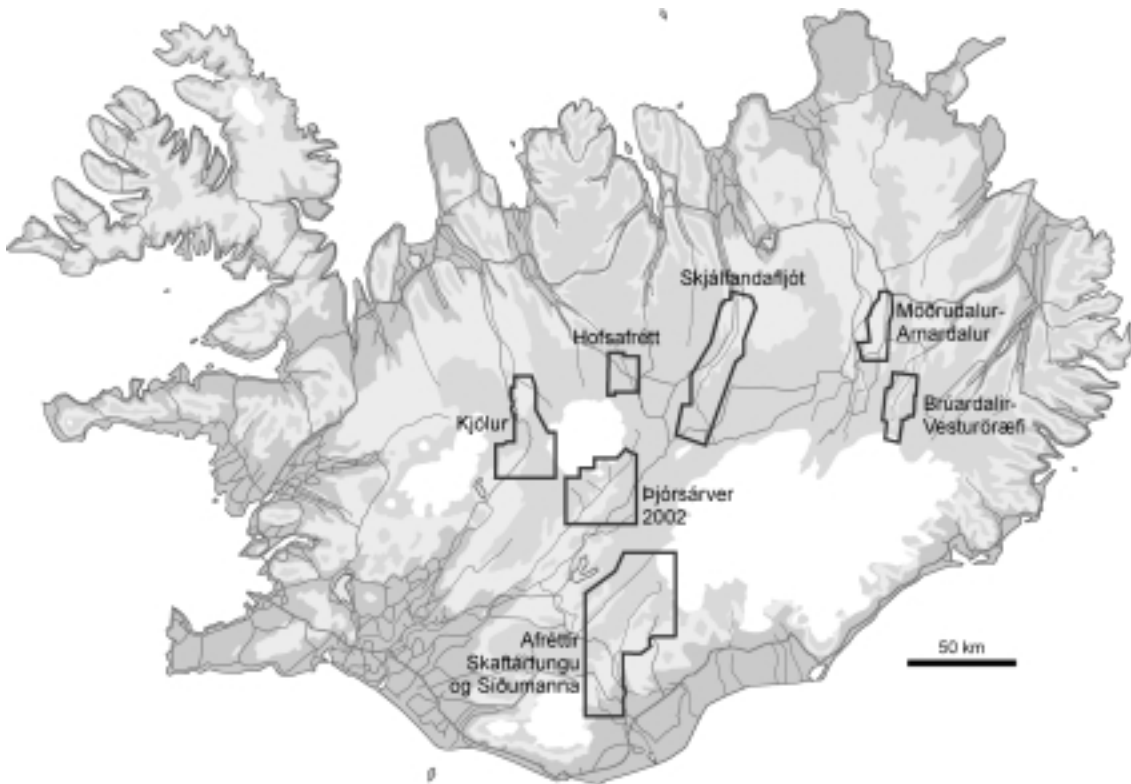
Við Skjálfafljót, um 1000 km²

Á Kili (Guðlaugstungur og Blágnjúver), um 200 km²

Þjórsárver, um 100 km²

Auk þess voru gróðurkort við Markarfljót tölvutekin og litið lauslega á vistgerðir. Þau svæði, sem flokkuð hafa verið eftir vistgerðum vegna undirbúnings að rammaáætlun, eru sýnd á mynd 2.2. Rannsóknir á Háslónssvæðinu, afrétti Skaftártungu og Síðu og Þjórsárverum voru að hluta greiddar af Landsvirkjun.

Fullnaðarskýrsla um fyrrnefndu svæðin fjögur var lögð fyrir faghóp I um náttúrufar og minjar og gerð grein fyrir þeim síðarnefndu eftir því sem hægt var þegar faghópurinn hóf mat sitt á virkjunum fyrir rammaáætlun. Samráð var milli faghópsins og sérfræðinga Náttúrufræðistofnunar um viðmið í mati á verndargildi.



Mynd 2.2 Rannsóknarsvæði vegna vistgerðaflokkunar

2.2.3 Náttúrufarsrannsóknir vegna háhitavirkjana

Náttúrufarsrannsóknir vegna háhitavirkjana eru almennt fremur skammt á veg komnar og í þeim tilvikum, sem þær hafa verið gerðar, fjalla þær um staðbundin einkenni og vandamál. Þegar undirbúningur að rammaáætlun hófst skorti mikið til alla yfirlitsþekkingu á þessu sviði. Ekki var talið mögulegt að afla hennar fyrir öll háhitasvæðin á þeim tíma sem var til stefnu og að vonum höfðu menn óljósa hugmynd um hvernig að því skyldi staðið. Orkustofnun á í forum sínum mikil gögn um háhitasvæðin en sú þekking sem þau gefa snýst fyrst og fremst um eiginleika svæðanna til vinnslu.

Orkustofnun ákvað því í samráði við Náttúrufræðistofnun að nálgast háhitasvæðin frá tveimur sjónarhornum, annars vegar miðað við það hvernig háhitasvæðin hafa áhrif á vistgerðir og tegundaeinkenni í þeim og hins vegar með frumupplýsingum um yfirborðs-ásýnd og landslagseinkenni.

Samið var við Náttúrufræðistofnun Íslands og Líffræðistofnun Háskólans um tilrauna-verkefni sem hafði það að meginmarkmiði að kanna annars vegar lífríkiseinkenni sem beinlínis má heimfæra upp á áhrif af hita og hins vegar möguleg svæðisbundin einkenni, þ.e. mismunandi landsvæði og hæð [4]. Síðar komu Orkuveita Reykjavíkur og Landsvirkjun til samstarfs. Þessu verkefni á að ljúka um áramótin 2003/04. Aðilar verkefnisins líta á það sem þróunarverkefni og leggja rannsóknarstofnanirnar umtalsvert fé til þeirra. Ætlunin er að leggja fram einfalda en hnitmiðaða og vonandi tiltölulega ódýra verkáætlun um yfirlitskönnun á öllum háhitasvæðum landsins sem yrði unnt að ljúka í tengslum við framhaldsáfangana í rammaáætlun.

Niðurstöður verkefnisins eins og þær voru í upphafi árs 2003 voru hluti af samantekt sem Náttúrufræðistofnun Íslands gerði fyrir faghóp I um náttúrufar og minjar; vinnuþlagg um lífríki níu háhitasvæða hvað varðar gróður, smádýr og fugla.

Landsvirkjun og Orkuveita Reykjavíkur höfðu í samstarfi við Iðntæknistofnun, og með norrænum styrk, látið gera könnun á lífríki (örverum) í hverum á nokkrum svæðum. Orkustofnun kom inn í það samstarf í lokin og lagði fram fé til að ganga frá gagnagrunni um lífríki hveranna. Sá angi Iðntæknistofnunar, sem vann að þessu verki, rann síðar inn í líftæknifyrirtækið Prókaría. Faghópur I um náttúrufar og minjar leitaði til sérfræðinga Prókaría um aðstoð við flokkun háhitasvæða eftir fjölbreytni og gerð örverulífs eftir því sem þeirra gögn leyfðu.

Orkustofnun kallaði saman nokkra sérfræðinga sem þekkja vel til á háhitasvæðum landsins og lögðu þeir á ráðin um eftirfarandi verkefni sem sneru að ummerkjum jarðahita og landslagseinkennum:

1. Skrá um helstu ummerki háhita á yfirborði. Þeim var lýst og tekið saman yfirlit um það á hvaða svæðum þau koma fyrir.
2. Yfirlit um helstu háhitasvæði landsins. Þeim var lýst með tilliti til jarðfræðilegra einkenna og þess helsta sem ræður gerð þeirra. Með hverju svæði fylgja nokkrar myndir sem lýsa landslagi og yfirborðseinkennum.

Þessi yfirlit eru birt á heimasíðu Orkustofnunar undir heitinu Háhitavefur.

2.2.4 Vatnagrunnar

Tveir aðilar hafa á undanförunum árum unnið að öflun gagna í yfirlit um annars vegar stöðuvötn og hins vegar straumvötn á Íslandi. Markmið beggja er flokkun eftir lífríkis- og vatnasviðseinkennum. Að hinu fyrrnefnda standa Náttúrufræðistofa Kópavogs, Veiðimálastofnun, Hólaskóli og Líffræðistofnun Háskólans en að hinu síðarnefnda standa Líffræðistofnun Háskólans og Orkustofnun. Bæði verkefni hafa hlotið styrki frá ýmsum aðilum bæði innanlands og utan. Orkustofnun samdi við aðstandendur þessara verkefna um að veita þeim styrk til að vinna flokkun eftir vistgerðum úr þessum gögnum. Verkið hefur sóst seint, bæði vegna almennra anna og takmarkaðs fjár til að ljúka úrvinnslu. Aðstandendur verkefnanna eiga fulltrúa í faghópi I um náttúrufar og minjar og hafa því

getað nýtt sér framvindu verkefnanna á vettvangi rammaáætlunar. Frekari vinnsla gagnanna mun því fyrst og fremst koma að notum við síðari áfanga rammaáætlunar [5].

2.2.5 Jarðfræði og landslag

Landslag á miðhálandi Íslands er mjög óvenjulegt og á sér óviða, ef nokkurs staðar, hliðstæðu. Sé landslag metið til náttúruverðmæta er því augljóst að það hefur hátt verndargildi vegna fágætis en sókn innlendra og erlendra ferðamanna sýnir jafnframt að það er eftirsóknarverð auðlind. Faghópur I fékk það hlutverk að meta landslag en hópurinn hafði ekki mótaða aðferðafræði að styðjast við þar sem ekki er hefð fyrir því hér á landi að meta gildi landslags með formlegum hætti, t.d. í mati á umhverfisáhrifum framkvæmda. Á vegum hópsins var því leitað fanga víða erlendis um aðferðir við mat á landslagi og einnig var þrouð aðferð til að flokka landslag á miðhálandi Íslands niður í megingerðir.

Hluti af verkefni Náttúrufræðistofnunar var að móta aðferðir við mat á jarðfræðiminjum. Við það mat var byggt á jarðfræðikortlagningu á vegum ýmissa aðila og öðrum rannsóknargögnum. Farnar voru stuttar ferðir á svæðin með þessi gögn sem bakgrunn og metin gildi jarðfræðiminja. Ítarlegust var úttekt Náttúrufræðistofnunar á svæðum norðan Hofsjökuls og virkjunarsvæði Kárahnjúkavirkjunar þar sem skráning jarðfræðiminja og mat á verndargildi þeirra var hluti af tilraunaverkefninu norðan jökla. Náttúrufræðistofnun hefur einnig skráð og metið jarðfræðiminjar á öðrum svæðum vegna alþjóðasamstarfs, t.d. á Síðuvatnasvæði og vegna undirbúnings að Náttúruverndaráætlun [6].

Þau mannvirki, sem að jafnaði hafa mest áhrif í umhverfi sínu, eru lón virkjananna. Þau ná flest yfir marga ferkílómetra en yrðu í flestum tilfellum frekar grunn (tugir metra). Af þeim sökum má gera ráð fyrir að þau hafi meiri áhrif á lágreist en háreist landslagsform. Orkustofnun og Landsvirkjun hafa haft um það samvinnu að taka saman og afla gagna um jarðfræði- og landslagsform sem eru mótuð af jöklum. Þetta verkefni var hafið á vegum Orkustofnunar áður en rammaáætlun kom til, einkum sem liður í þeirri viðleitni að tölvutaka mikilvæg gögn sem safnast hafa í áranna rás hjá Orkustofnun í verkefnum á vegum hennar og annarra. Verkið er unnið af sérfræðingum á ROS, þ.e. Rannsóknarsviði OS (nú Íslenskar orkurannsóknir; ÍSOR). Nú er lokið kortlagningu slíkra forma umhverfis Hofsjökul, við Vatnajökul frá og með Síðujökli og langleiðina að Kverkfjöllum [7-11] og auk þess að stærstum hluta framan við Brúarjökul og Eyjabakkajökul. Ekki var beint stuðst við niðurstöður þessara rannsókna við mat faghóps I á jarðminjum en nokkrir í faghópnum þekktu þó til þeirra. Á árinu 2003 er lögð áhersla á að ljúka við að koma þessum gögnum í landupplýsingakerfi.

2.2.6 Útivist og hlunnindi

Faghópur II um útivist og hlunnindi nýtir að nokkru leyti svipuð gögn og faghópur I um náttúruvar og minjar hvað varðar mat á útivistargildi. Gögn um hlunnindi liggja að mestu í aðgengilegu formi á viðkomandi stofnunum.

Útivist og ferðamennska sem atvinnugrein eiga margt sameiginlegt í þeim skilningi að ferðamennskan notfærir sér m.a. aðdráttarafl svæða til útivistar. Orkustofnun samdi við Rannsóknir og ráðgjöf ferðaþjónustunnar um sérstaka rannsókn á gildi landsvæða til úti-

vistar og ferðamennsku. Tekin voru fyrir helstu virkjunarsvæðin og kannað:

- Hvernig þau eru nýtt nú.
- Lagt mat á framtíðarmöguleika í nýtingu þessara svæða.
- Reynt að skyggjast inn í framtíðina hvað varðar líklega þróun í ferðamennsku.

Faghópar II og III, sem fjalla um útivist og ferðamennsku, skipuðu umsjónarnefnd sem tók þátt í að móta verkefni. Skýrsla um 1. lið þessara rannsókna kom út í mars 2001 [12]. Seinni skýrslan um framtíðarhorfur (2. og 3. lið) var nokkuð flókin í vinnslu. Að henni komu margir og talsvert tafsamt að vinna úr öllu því efni sem safnaðist í heildstæða samantekt. Faghópur II um útivist og hlunnindi hafði handrit af henni við matsvinnuna en hún birtist í maí 2003 [13].

2.2.7 Efnahagsleg áhrif

Sem fyrr segir tók gagnaöflun vegna útivistar og ferðamennsku mið af þörfum faghóps III sem á að leggja mat á hagræn áhrif virkjana, ekki síður en þess sem fjallaði um útivist. Einnig notar faghópurinn t.d. gögn sem tengjast forathugun á virkjunum.

2.2.8 Virkjunaráætlanir

Í 1. áfanga að rammaáætlun voru teknar fyrir virkjanir í jökulám, einkum þær sem hafa miðlunarlón á hálendinu, og jarðvarmavirkjanir sem eru nærri byggð. Margar af þeim eru til athugunar hjá orkufyrirtækjum en hinar eru í verkahring Orkustofnunar. Um þær virkjanir sem eru í verkahring Orkustofnunar eru gerðar svonefndar forathuganir. Virkjanir sem eru í forsjá orkufyrirtækja eru yfirleitt komnar a.m.k. á verkhönnunarstig sem þýðir að þá hefur verið valin tiltekin lausn og hún útfærð í mun meiri smáatriðum en hægt er í forathugun.

Þær vatnsaflsvirkjanir, sem teknar voru fyrir í 1. áfanga, eru ýmist á svonefndu forathugunarstigi eða lengra komnar, þar af allmargar á framkvæmdastig, og í þeim tilfellum er byggt á skýrslum um mat á umhverfisáhrifum framkvæmdar. Þar er ekki alltaf byggt á þeirri nálgun sem notuð er við rammaáætlun hvað varðar vistgerðir, en rannsóknir geta verið mun ítarlegri á öðrum sviðum, og fjallað um ýmis smáatriði sem í ljós koma við fullnaðarhönnun en ekki er fengist við í forathugun, svo sem nákvæma legu vega, staðsetningu efnisnáma og svæða þar sem fyrirhugað er að losa efni og staðsetningu vinnubúða.

Það gildir líkt um háhitasvæðin og vatnsorkusvæðin að gögn, sem byggt er á, eru nokkuð mismunandi bæði að umfangi og eðli eftir því hvort orkufyrirtækin eru að undirbúa vinnslu eða hvort þau eru á forathugunarstigi.

Vatnsaflsvirkjanir

Samið var við þær þrjár verkfræðistofur, sem mesta reynslu hafa í gerð virkjunaráætlana, um forathugun þeirra virkjunarhugmynda sem ekki voru á vegum orkufyrirtækja. Þær eru Almenna verkfræðistofan hf. [14-16], Hönnun hf. [17] og Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf. [18]. Stofnkostnaður er reiknaður í kostnaðarlíkani Landsvirkjunar en þar sem forathugun byggist ekki á nákvæmri hönnun einstakra mannvirkja voru unnar staðlaðar, almennar hönnunarforsendur fyrir einstök mannvirki í samstarfi Orkustofnunar

við verkfræðistofnunar. Lýsingu á forsendum er að finna í viðauka b6 þar sem raktar eru aðferðir faghóps IV.

Jarðvarmavirkjanir

Í forathugun hafa að jafnaði engar rannsóknarboranir átt sér stað og því á litlu að byggja um borkostnað. Hins vegar er talið að annar tæknilegur kostnaður sé nokkuð staðlaður [19]. Mismunur á kostnaði milli jarðvarmavirkjana er þannig fyrst og fremst háður árangri af borun sem hefur áhrif á fjölda borholna og lengd gufuveitu. Samið var við Verkfræðistofu Guðmundar og Kristjáns hf. um að setja upp áætlun fyrir staðlaða jarðvarmavirkjun [20]. Magnús Sigurðsson samdi álitsgerð um þróun nýtingartíma raforkumarkaðarins og áhrif hennar á nýtingartíma jarðgufustöðva [21]. Nánari lýsingu á forsendum og mati á stofnkostnaði og reksturskostnaði er að finna í viðauka b6 um aðferðir faghóps IV.

Tengikostnaður

Tengikostnaður virkjunar við flutningskerfi raforku er áætlaður með hliðsjón af líklegri lengd háspennulína og þeim búnaði sem þarf til að tengja virkjun við meginflutningskerfið og/eða notanda beint en gert er ráð fyrir að virkjanir stærri en um 150 MW verði tengdar inn á svæði sem faghópur III um efnahagsáhrif telur nægilega öflugt og býr yfir aðstæðum til að þar megi byggja upp orkufreka starfsemi. Guðmundur Valsson rafmagnsverkfræðingur [22] var fenginn til að áætla þennan kostnað. Tengikostnaður hefur á þessu stigi ekki áhrif á röðun virkjana eftir hagkvæmni en athugasemdir eru gerðar um það hvort hann er líklegur til að vera mikill, miðlungs eða lítill.

Virkjunarskýrslur

Upplýsingar um sem flesta þá þætti, sem talið var að skiptu máli við mat á einstökum virkjunarkostum, voru teknar saman í yfirlitsskýrslur sem báru undirtitilinn tilhögun og umhverfi. Lokið var við slíka skýrslu um Skatastaðavirkjun [23] en aðrar eru í bráðabirgðaútgáfu sem var dreift til verkefnisstjórnar og faghópa. Enn vantar hluta af þeim upplýsingum sem nauðsynlegt er að hafa með í yfirlitsskýrslunum og bíða þær því útgáfu. Upphaflega var að því stefnt að faghópar byggðu mat sitt á þeirri samantekt upplýsinga sem verður að finna í þessum skýrslum. Reynslan sýndi hins vegar að faghóparnir töldu nauðsynlegt að sækja upplýsingar í frumskýrslur um rannsóknir eða beint til þeirra sem rannsakað höfðu og komu þeir þá á fundi faghópanna til þess að greina þeim frá meginatriðum og niðurstöðum.

Orkustofnun lét taka saman nokkrar yfirlitsskýrslur um jarðhitasvæði þar sem unnið hafði verið að rannsóknum á forathugunarstigi [24-26]. Eftir er að gera hliðstæða skýrslu um Torfajökul en frumgögnin liggja fyrir í nokkrum skýrslum og kortum.

2.2.9 Gæði gagna

Ljóst er að þær upplýsingar um virkjunarsvæði og tilhögun virkjunar, sem byggt var á við mat í 1. áfanga, voru mjög mismunandi. Sumar hugmyndirnar eru komnar langt í verkhönnun og umhverfisrannsóknum og hafa fengið ítarlega umfjöllun við mat á líklegum umhverfisáhrifum framkvæmdarinnar. Aðrar eru á stigi frumhönnunar og þar er verið að afla gagna í skýrslur um mat á umhverfisáhrifum. Í þriðja lagi eru hugmyndir sem eru enn á forathugunarstigi. Þótt vísbendingar séu fengnar um orkugetu og hugmyndir

komnar um hugsanlega tilhögun skortir oft upplýsingar sem afla þarf með ítarlegri rannsóknnum og verkfræðilegum áætlunum. Þessar hugmyndir eiga þó að vera höfuðviðfangsefni rammaáætlunar þar sem henni er ætlað að annast frummat á hugmyndum áður en of miklu er til kostað og meðan nægur tími er til stefnu að breyta tilhögun eða velja aðra kosti ef virkjunarhugmyndin reynist óæskileg. Faghópar verkefnisstjórnarinnar hafa gert sér grein fyrir þessum mun í gæðum gagna og þeir hafa flokkað gögnin eftir gæðum og getið þeirrar flokkunar í matstöflum. Verkefnisstjórnin hefur einnig haft þetta atriði í huga í mati sínu á niðurstöðum og ábendingum um framhald vinnu við þróun rammaáætlunarinnar.

Í töflu 1.2 í viðauka b1 er lagt mat á stöðu þekkingar og gæði gagna um hverja virkjunarhugmynd. Greint er á milli þriggja flokka, A, B og C. Þar svarar flokkur B til þeirra gæða sem æskileg eru talin við mat vegna rammaáætlunar. Flokkur A táknar gögn sem eru ítarlegri og yfirleitt fullnægjandi til mats á umhverfisáhrifum framkvæmdar. Flokkur C táknar hins vegar gögn sem eru ófullkomnari en æskilegt telst við mat á vegum rammaáætlunar.

2.3 Heimildir

- [1] *Maður - nýting - náttúra*. Greinargerð iðnaðarráðherra 8. mars 1999.
- [2] Sigmundur Einarsson, Sigurður H. Magnússon, Erling Ólafsson, Kristinn Haukur Skarphéðinsson, Guðmundur Guðjónsson, Kristbjörn Egilsson og Jón Gunnar Ottósson 2000. *Náttúruverndargildi á virkjunarsvæðum norðan jökla*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-00009, 220 bls. og kort.
- [3] Sigurður H. Magnússon, Guðmundur Guðjónsson, Erling Ólafsson, Guðmundur A. Guðmundsson, Borgþór Magnússon, Hörður Kristinsson, Kristbjörn Egilsson og Kristinn Haukur Skarphéðinsson 2002. *Vistgerðir á fjórum hálendisvæðum*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-02006, 246 bls. og kort.
- [4] Ásrún Elmarsdóttir, Jón S. Ólafsson, María Ingimarsdóttir, Sigurður H. Magnússon og Íris Hansdóttir 2002. *Lífriki háhitasvæða á Reykjanesi, Ölkelduhálsi og Þeistareykjum*. Framvinduskýrsla. Náttúrufræðistofnun Íslands og Líffræðistofnun Háskólans, maí 2002.
- [5] Hilmar J. Malmquist, Jón S. Ólafsson, Guðni Guðbergsson, Þórólfur Antonsson, Skúli Skúlason og Sigurður S. Snorrason 2003. *Vistfræði- og verndarflokkun íslenskra stöðuvatna*. Áfangaskýrsla. Náttúrufræðistofa Kópavogs, október 2003, 33 bls.
- [6] Helgi Torfason og Ingvar A. Sigurðsson 2002. *Verndun jarðminja á Íslandi. Tillögur vegna náttúruverndaráætlunar 2002*. Náttúrufræðistofnun Íslands og Náttúruvernd ríkisins. Reykjavík, NÍ-02019, 47 bls.
- [7] Ingibjörg Kaldal 2000. *Umhverfi og orkuöflun - jöklalandslag. Stöðuyfirlit í árslok 1999*. Orkustofnun, greinargerð. IK-0001. 2000-1-24.
- [8] Ingibjörg Kaldal 2003. *Umhverfi og orkuöflun - jöklalandslag. Norðvestanverður Vatnajökull frá Sylgjujökli að Kverkfjöllum. Staða gagnasafns í árslok 2002*. Orkustofnun, greinargerð. IK-0301. 2003-02-06.

- [9] Elsa G. Vilmundardóttir og Ingibjörg Kaldal 2001. *Forn lón að Fjallabaki*. Unnið fyrir auðlindadeild Orkustofnunar og Landsvirkjun. Orkustofnun, OS-2001/072.
- [10] Ingibjörg Kaldal og Elsa G. Vilmundardóttir 2002. *Jökulmenjar á Emstrum, norðvestan Mýrdalsjökuls*. Unnið fyrir auðlindadeild Orkustofnunar og Landsvirkjun. Orkustofnun, OS-2002/080.
- [11] Ingibjörg Kaldal 2002. *Skaftá - Athugun á áfoki. Útbreiðsla Skaftárhlaupsins 1995*. Orkustofnun, OS-2002/022.
- [12] Rögnvaldur Guðmundsson 2001. *Ferðamenn á hálendi Íslands - sumarið 2000. Ferðamenn á Torfajökulssvæði, Síðuvatnasvæði, norðan Hofsjökuls og viðmiðunarhópar á láglendi. Símakönnun meðal Íslendinga*. Rannsóknir og ráðgjöf ferðaþjónustunnar, mars 2001; 86 bls. og viðaukar.
- [13] Rögnvaldur Guðmundsson 2003. *Gildi hálendisins fyrir ferðaþjónustu og útivist til 2020. Áhersla á svæðin norðan Hofsjökuls og Vatnajökuls, Síðuvatnasvæði og Torfajökulssvæði*. Rannsóknir og ráðgjöf ferðaþjónustunnar, maí 2003.
- [14] Almenna verkfræðistofan hf. 2002. *Skaftárvirkjun, ofan Skaftárdals. Forathugun*. Orkustofnun, OS-2002/059.
- [15] Almenna verkfræðistofan hf. 2002. *Hólmsárvirkjun, Hólmsá í Skaftártungu. Forathugun*. Orkustofnun, OS-2002/060.
- [16] Almenna verkfræðistofan hf. 2003. *Virkjun Djúpár og Hverfisfljóts í Fljótshverfi. Forathugun*. Orkustofnun, OS-2003/020.
- [17] Hönnun hf. 2002. *Virkjanir í Skjálfafljóti ofan Bárðardals. Forathugun*. Orkustofnun, OS-2002/061.
- [18] Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf. 2002. *Markarfljótsvirkjanir. Forathugun*. Orkustofnun, OS-2002/058.
- [19] Valgarður Stefánsson 2000. *Stofnkostnaður jarðgufuvirkjana*. Orkustofnun, greinargerð VS-2000/01.
- [20] Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns hf. 2003. *Stofnkostnaður jarðvarmavirkjana*. Greinargerð - VGK/03.03.03.
- [21] Magnús Sigurðsson 2003. *Þróun nýtingartíma íslenska raforkumarkaðarins á næstu árum og áhrif þess á hagkvæmni jarðgufustöðva*. Minnisblað 25.02.2003/Magnús Sigurðsson.
- [22] Guðmundur Valsson 2003. *Minnisblað um áætlun á stofnkostnaði við tengingar virkjunarkosta í rammaáætlun við meginflutningskerfið og notkunarstaði*. (GV/4.3.2003).
- [23] VSÓ Ráðgjöf og Orkustofnun 2001. *Skatastaðavirkjun á Hofsafrétt - Tilhögun og umhverfi*. Orkustofnun, OS-2001/021.
- [24] Halldór Ármannsson 2001. *Þeistareykir - Yfirlit um rannsóknir og rannsóknakostnað*. Orkustofnun, OS-2001/035.
- [25] Almenna verkfræðistofan hf. 2001. *Yfirlit rannsókna á jarðhitasvæðinu í Krýsuvík*. Orkustofnun, OS-2001/041.
- [26] Helgi Torfason og Magnús Á. Sigurgeirsson 2001. *Brennisteinsfjöll - Rannsóknir á jarðfræði svæðisins*. Orkustofnun, OS-2001/048.

3 Aðferðafræði² við röðun virkjunarkosta

3.1 Val á matsaðferðum við röðun virkjunarkosta

Þegar vinna við rammaáætlun hófst var með öllu óljóst hvaða aðferðafræði væri heppilegt að beita við flokkun virkjunarkosta, mat á þeim og innbyrðis röðun. Rammaáætlun er unnin að norski fyrirmynd en ekki var talið sjálfgefið að beita aðferðum norsku áætlunarinnar (Samlet plan for vassdrag) [1].

3.1.1 Norska aðferðin

Í Noregi var matið í höfuðatriðum tvíþætt.³ Í fyrsta lagi voru virkjunarkostir settir í 6 hagkvæmnisflokka (Q1..Q6) á grundvelli kostnaðar og orkuframleiðslu. Í öðru lagi voru áhrif virkjana á umhverfið metin á 13 mismunandi sviðum. Á hverju sviði voru eitt eða fleiri atriði sem litið var til og á grundvelli þess hvaða gildi þau fengu var gefin einkunn fyrir viðkomandi svið á bilinu +4 til -4. Kostir, sem fengu -4, voru taldir hafa afar alvarlegar afleiðingar á viðkomandi sviði. Því næst var virkjunarkostum raðað í 8 mismundi flokka (K1...K8) eftir heildareinkunn sem var reiknuð sem einfalt meðaltal. Á þessum grundvelli var sett upp fylki þar sem virkjunarkostunum var raðað, annars vegar á grundvelli K1...K8 og hins vegar Q1...Q6. Bestu meðmæli fengu þeir kostir sem féllu undir K1 og Q1 (lítil neikvæð umhverfisáhrif en mikil hagkvæmni). Sístir þóttu þeir virkjunarkostir sem féllu undir K8 og Q6.

Á grundvelli fylkisins var virkjunarkostunum raðað í 3 flokka. Í 1. flokki voru kostir sem töldust mjög fýsilegir (samtals 10 TWh). Í 2. flokki voru virkjunarkostir sem talið var rétt að bíða með og skoða betur (samtals 21 TWh). Í 3. flokk féllu kostir sem náðu til svæða sem höfðu mjög hátt friðunargildi (og lága arðsemi) og voru ekki taldir koma til greina sem virkjanasvæði.

3.1.2 Samráð um aðferðafræði

Fljótlega eftir að vinna við rammaáætlun hófst vorið 1999 var Umhverfisstofnun Háskóla Íslands falið að taka saman yfirlit yfir skýrslur, rannsóknir og verkefni sem hugsanlega gætu haft að geyma hugmyndir um aðferðir sem hafa mætti sem fyrirmynd [2]. Þessi leit varpaði ljósi á þá staðreynd að sú rammaáætlun, sem að var stefnt, var á margan hátt einstakt viðfangsefni.

Haustið 1999 var haldið málþing um hugsanlegar aðferðir og í kjölfar hennar var skipaður vinnuhópur formanna faghópanna og fjögurra ráðgjafa sem fékk það hlutverk að móta hugmyndir um aðferðafræði. Ráðgjafarnir voru þeir Friðrik Már Baldursson, Páll Jenson, Stefán Gíslason og Þorlákur Karlsson. Vinnuhópurinn skilaði skýrslu 1. nóvember 2000 [3] þar sem fjallað var um fjórar meginleiðir til að meta virkjunarhugmyndir;

² Þetta er afar stutt lýsing á aðferðum faghópa og verkefnisstjórnar. Nánari lýsingu er að finna í viðaukum.

³ Sjá skýrslu „Samlet Plan for Vassdrag - Hovedrapport, Miljøverndepartementet 1984“.

1. aðferð sem beitt var við mat á virkjunarhugmyndum í Noregi
2. AHP-samanburðaraðferð
3. hagrænt mat á skilyrtum greiðsluvilja til að vernda landsvæði fyrir virkjunum
4. sjóðval [4,5]

Þótt hópurinn teldi norsku aðferðina bæði einfalda og skiljanlega mælti hann ekki með að henni yrði beitt þar sem hún tryggði ekki innra samræmi og gegnsæi auk þess sem vægi hinna ýmsu þátta matsins væri ávallt það sama.

Þá taldi hópurinn að skilyrt verðmætamat væri ekki heppileg leið þegar meta á margar virkjunarhugmyndir samtímis eins og gera á í rammaáætluninni. Ástæðan er sú að þegar einn virkjunarkostur hefur verið valinn umfram aðra og komið til framkvæmda er líklegt að sú framkvæmd geti haft áhrif á mat á verðgildi annarra áþekkra landsvæða.

Hópurinn taldi að sjóðval hentaði ekki í vinnu vegna rammaáætlunar þar sem aðferðin fæli í sér atkvæðagreiðslu einstaklinga en ekki mat með tilvísun í skilgreind viðmið.

Niðurstaða hópsins var að mæla með því að stuðst yrði við AHP-samanburðaraðferðina eftir því unnt væri. Meginkosti AHP-samanburðaraðferðarinnar taldi hópurinn vera þessar:

1. Aðferðin er tiltölulega auðveld í framkvæmd samanborið við aðrar aðferðir, sem settar hafa verið fram til að bera saman kosti, þar sem áhrif þeirra eru fleiri en af einum toga.
2. Aðferðin byggist alfarið á því að tvö atriði (tvö viðmið eða tveir kostir) eru borin saman í senn. Þetta virðist tryggja trúverðugri niðurstöður en sú aðferð að gefa einkunnir beint, auk þess sem ætíð verður hægt að rekja forsendur niðurstöðu.
3. Matið er agaðra en matið í norsku aðferðinni.
4. Mikilvægi viðmiða er metið á kerfisbundinn hátt og þau fá vogtölur þannig að ekki er um óvegna samlagningu einkunna að ræða eins og í norsku aðferðinni.
5. Hægt er að reikna út hvort samræmi er í svörum.⁴

Með hliðsjón af þessum ráðleggingum var innan hvers faghóps unnið að því að þróa aðferðir sem nota mætti til að leysa viðfangsefnið. Þessar aðferðir voru kynntar á opnum fundum og einnig á sérstökum fundum með viðkomandi stofnunum og orkufyrirtækjum og fleiri aðilum. Voru haldnir um 20 samráðs- og kynningarfundir um aðferðafræði faghópanna. Í upphafi þróunarferlisins var mikið stuðst við AHP-aðferðina en eftir tilraunamat og samráð við fjölmarga aðila varð niðurstaðan sú að beita AHP-aðferðinni einungis við endanlega röðun faghópa I og II á grundvelli einkunna um áhrif virkjunarmannvirkja á skilgreind viðföng.

3.1.3 Í hverju felst AHP-aðferðin

Í skýrslu vinnuhópsins [3] er að finna stutta lýsingu á AHP-aðferðinni. Þar segir m.a. að AHP-aðferðin hafi verið sett fram af Thomas Saaty fyrir u.þ.b. 25 árum til að velja milli kosta þegar um mörg viðmið eða markmið er að ræða. Slík viðfangsefni eru á vettvangi aðgerðarannsóknna kölluð ákvarðanatöku með mörgum viðmiðum eða á ensku „Multi

⁴ Bls. 5 í skýrslu vinnuhópsins.

Criteria Decision Making“. AHP stendur fyrir „Analytic Hierarchy Process“, og eins og nafnið bendir til er byggt á skipulögðum þrepum í greiningarferlinu.⁵

Það er einkennandi fyrir AHP-aðferðina að bera saman aðeins tvo þætti í senn. Einkunnakvarðinn, sem Saaty stakk upp á fyrir þennan samanburð, er frá 1-9 og er túlkaður þannig:

- 1 - Enginn munur
- 3 - Smávægilegur munur
- 5 - Allnokkur munur
- 7 - Mikill munur
- 9 - Afgerandi munur

Einnig má velja tölurnar 2, 4, 6 og 8 þegar vafi leikur á hvora einkunnina á að velja.⁶

Vinnuhópurinn mælti með því að þrengja kvarðann í 1-5 vegna þess að mikil reynsla er komin á hann í skoðanakönnunum og sá skali mundi síður ýkja muninn á lægsta og hæsta gildi.

AHP-aðferðinni var eingöngu beitt við lokaröðun í faghópum I og II og við þá röðun var stuðst við víðtækt mat á fjölmörgum þáttum er snerta hvern virkjunarkost. Hlutverk hennar var að fá fram sem heildstæðast mat við lokaröðun og að gera niðurstöður faghópa I og II sambærilegar þannig að draga mætti þær saman í eina vísitölu um umhverfisáhrif.

3.1.4 Sjónarmið verkefnisstjórnar

Áhersla var lögð á að móta aðferðafræði og vinnureglur áður en til mats á virkjunarhugmyndum kæmi. Með því verklagi yrði minni hætt á því að huglægir þættir tengdir einstökum atriðum eða svæðum réðu afstöðu manna og niðurstöðum í mati. Faghóparnir gerðu hver sína tillögu að vinnureglum og aðferðafræði sem þeir lögðu fyrir verkefnisstjórn og hún samþykkti. Verkefnisstjórnin samþykkti að faghópar I og II beittu AHP-aðferðinni við lokaröðun og einnig við aðra þætti matsins eftir því sem þeir teldu henta.

Ljóst var að niðurstöður faghópa I og II yrðu ekki settar fram á fjárhagslegum mælikvarða. Verkefnisstjórnin ákvað því að vega niðurstöður faghópa I og II saman í eina einkunn sem kallast vísitala umhverfisáhrifa. Þar er niðurstaða faghóps I látin vega 2/3 en niðurstaða faghóps II 1/3. Rök verkefnisstjórnar fyrir þessum hlutföllum eru m.a. eftirfarandi:

- Viðföng faghóps I eru mun fjölþættari en viðföng faghóps II.
- Faghópur I metur verðmæti sem eru undirstaða fyrir það sem faghópur II fjallar um.
- Verðmæti náttúrunnar eru varanlegri og breytast ekki með þróun samfélagsins eins og þau verðmæti sem faghópur II metur.

Þess var vænst að suma þætti í niðurstöðum faghóps III um þjóðhagsmál, atvinnulíf og byggðaðróun mætti meta á fjárhagslegum kvarða og tengja niðurstöðum faghóps IV um heildarhagnað eða arðsemi virkjana. Þar var einkum litið til tekna af ferðaþjónustu. Í reynd var þó horfið frá beinni tengingu niðurstaðna faghóps III við niðurstöður faghóps IV en tekið er tillit til þeirra í umfjöllun um flokkun og heildarröðun í kafla 5.

⁵ Bls. 2 í skýrslu vinnuhópsins.

⁶ Sjá bls. 2 í skýrslu hópsins.

3.2 Aðferðir faghóps I

3.2.1 Viðföng

Faghópur I um náttúrufar og minjar skipti viðfangsefni sínu í 5 meginviðföng: Jarðminjar og vatnafar, tegundir lífvera, vistgerðir og jarðveg, landslag og víðerni, og menningarminjar. Faghópurinn notaði AHP-aðferð til að velja vogtölur þessara meginviðfanga í útreikningi á heildareinkunn fyrir verðmæti eða áhrif á hverju svæði. Eftir samráð við Náttúrufræðistofnun var ákveðið að þessar vogtölur skyldu vera eins og sýnt er í töflu 3.1.

Tafla 3.1 Vogtölur meginviðfanga náttúru- og menningarminja

Viðföng	Vogtala
Jarðminjar og vatnafar	0,25
Tegundir lífvera	0,20
Vistgerðir og jarðvegur	0,20
Landslag og víðerni	0,25
Menningarminjar	0,10

Meginviðföngin skiptust svo eftir atvikum í undirviðföng.

3.2.2 Viðmið

Hvert undirviðfang er metið og því gefin einkunn með tilvísun í skilgreind viðmið (sjá töflu 3.2). Viðmiðin eru auðgi eða fjölbreytni, fágæti, stærð og heild, alþjóðleg ábyrgð, upplýsingagildi og sjónrænt gildi. Oftast eru notuð 4 eða 5 viðmið við matið, en þó t.d. aðeins 2 fyrir víðerni.

Almennt gildir að það telst verðmætt sem er **auðugt eða fjölbreytt**. Tiltekið svæði getur t.d. verið sérlega auðugt að fuglategundum og annað getur verið sérlega fjölbreytt hvað vistgerðir varðar.

Fágætar náttúru- og menningarminjar hafa sérstakt gildi; brotthvarf þeirra skerðir fjölbreytni. Ísland er t.d. auðugt að jarðfræðifyrirkærum sem mörg eru sjaldgæf á heimsvísu.

Verðmæti náttúru- og menningarminja er metið hærra ef þær eru **stórar, samfelldar** eða mynda sérstaka **heild**.

Alþjóðleg ábyrgð vísar til náttúru- eða menningarfyrirkæra sem viðurkennt er að Íslendingar beri einhvers konar alþjóðlega ábyrgð á.

Náttúru- og menningarminjar geta haft sérstakt **vísinda- eða rannsóknagildi** eða verið verndarverð sakir **dæmigildis eða heimildagildis**. Önnur henta e.t.v. fyrir kennslu vegna þess að þau eru í eða rétt við skóla eða þéttbýli (fræðslugildi). Menningarminjar geta líka haft sérstaka táknræna þýðingu, t.d. minjar á Þingvöllum.

Sjónrænt samspil og mikilfengleiki eru einu óhlutbundnu gildin sem lagt er mat á. Þau eru aðeins metin fyrir landslag og stök í landi.

Tafla 3.2 sýnir hvaða viðmið og undirviðföng voru metin og hvaða vægi einstaka viðmið fengu. Við útreikning á meðaleinkunn fyrir meginviðfang voru undirviðföngin látin veða jafnt nema við mat á landslagi og víðernum þar sem vægi landslags var tvöfalt á við vægi víðerna.

Tafla 3.2 Viðföng og undirviðföng fyrir mat á verðmætum virkjunarsvæða og áhrifum virkjunar á þessi verðmæti

Viðföng	Undirviðföng	Viðmið					Sjónrænt gildi
		Auðgi, fjölbreytni	Fágæti	Stærð, heild	Alþjóðleg ábyrgð	Upplýsingagildi	
Jarðminjar og vatnafar	Berggrunnur	0,5		0,3		0,2	
	Jarðgrunnur	0,5		0,3		0,2	
	Grunnvatn	0,5		0,3		0,2	
	Fallvötn, stöðuvötn	0,5		0,3		0,2	
Tegundir lífvera	Tegundir (plöntur og dýr)	0,4	0,4		0,2		
Vistgerðir og jarðvegur	Vistgerðir og jarðvegur	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	
Landslag og víðerni	Landslag og stök	0,3	0,2	0,2			0,3
	Víðerni		0,2	0,8			
Menningarminjar	Búseta, samgöngur, saga, þjóðtrú	0,2	0,3	0,2		0,3	

Sýnd eru vægi viðmiða sem notuð eru fyrir hvert viðfang. Fyrir jarðminjar og vatnafar var gefin ein einkunn fyrir auðgi/fjölbreytni og fágæti.

3.2.3 Mat á verðmætum

Matsaðferðin sjálf er tvískipt. Annars vegar er mat á verðmætum, hins vegar mat á áhrifum virkjunar á þessi verðmæti.

Fyrst eru verðmæti svæðis metin fyrir hvert undirviðfang á einkunnaskalanum 1, 3, 6 og 10 þar sem 10 vísar til mestu verðmæta. Samtals voru 30 atriði metin fyrir hvert svæði með þessum hætti, eins og sjá má í töflu 3.2. Verðmætaeinkunn hvers meginviðfangs fannst svo sem meðaltal af einkunnum viðeigandi undirviðfanga. Í tilraunamati 2002 [6] notaði faghópurinn AHP-aðferð til að bera saman verðmætaeinkunn fyrir hvert meginviðfang á svæðunum og bjó þannig til raðtölur fyrir hvert meginviðfang sem notaðar voru með viðeigandi vogtölum úr töflu 3.1 til að reikna raðtölur fyrir heildarverðmæti svæðanna. Í mati við lok 1. áfanga voru svæðin og virkjunarhugmyndirnar mun fleiri og því hefði þetta verklag orðið mjög vinnufrekt. Þess vegna var horfið frá AHP-röðun á meginviðföngum og heildareinkunn verðmæta fyrir hvert svæði reiknuð beint úr einkunnum meginviðfanga með viðeigandi vogtölum úr töflu 3.1.

3.2.4 Mat á áhrifum

Í mati á áhrifum virkjunar á verðmætin var notaður skalinn 0, 1, 3, 6 og 10 þar sem 10 vísar til mestu áhrifa. Heildareinkunn áhrifa var fundin á hliðstæðan hátt og heildareinkunn verðmæta þar sem vægi viðmiða voru tekin úr töflu 3.2 og vægi meginviðfanga úr töflu 3.1.

3.2.5 AHP-röðun

Þegar heildareinkunnir verðmæta og áhrifa voru ljósar á svæðunum beitti faghópurinn AHP-aðferð til að raða virkjunarhugmyndunum þar sem samanburður var gerður á tveimur kostum í senn. Við þá röðun var litið til áhrifaeinkunnar en einnig verðmæta á svæðinu, fjaráhrifa, óvissu um áhrif og sérstaks mikilvægis, s.s. friðlýsingar, tegunda á valista eða alþjóðlegra samninga með skuldbindandi ákvæðum sem snerta viðkomandi svæði⁷. AHP-aðferðin raðar virkjunum í sæti og gefur þeim AHP-einkunn. Heildarsumma allra AHP-einkunna er 100. Sú virkjun, sem fær hæsta AHP-einkunn í þessari summu, telst hafa mest áhrif á náttúru og minjar samanlagt og raðast í efsta sæti.

Faghópurinn raðaði fyrst öllum virkjunarhugmyndum sem til skoðunar voru í 1. áfanga. Síðar kom ósk um að úr safninu væru teknar þær virkjanir sem valdar höfðu verið til samanburðar en eru þegar heimilaðar eða fallið hefur verið frá. Við þetta fækkaði hugmyndum sem metnar voru úr 43 í 35. Fyrri einkunnir fyrir undirviðföng voru þá endurskoðaðar með tilliti til þess að einhver atriði svo sem fágæti eða mikilvægi gætu hafa breyst þegar landsvæði eru tekin undir virkjanir. Einnig þurfti að endurreikna AHP-einkunnir þegar tekið var úr safninu og breyta sætistölum í samræmi við það.

3.3 Aðferðir faghóps II

Faghópur II um útivist og hlunnindi skipti viðfangsefni sínu í 3 meginviðföng: Útivist, veiðar og hlunnindi. Lagt var mat á gildi útivistar til afþreyingar með því að áætla fjölda daga sem varið er til þessara þátta. Efnahagsleg áhrif af ferðaþjónustu og veiðum falla undir faghóp III. Með hlunnindum er átt við landnytjar aðrar en veiði svo sem beit og nýttjar af berjum og grösom.

Tafla 3.3 sýnir meginviðföngin þrjú, sem faghópur II mat, og undirviðföngin ásamt vogtölum þeirra. Við mat á útivist var stuðst við skýrslur sem unnar voru fyrir verkefnisstjórn um útivistar- og afþreyingarmöguleika og áhrif virkjana á þau atriði (sjá m.a. [7] og [8]). Við mat á veiðum og hlunnindum var stuðst við gögn viðkomandi sérfræðinga í hópnum. Nánar er greint frá þessu í viðauka b4.

Faghópur II studdist við lýsingar á verðmætum en gaf þeim ekki einkunnir. Áhrif virkjana á undirviðföng voru hins vegar metin til einkunna. Áhrifin gátu verið jákvæð og þá var gefin einkunni +3. Ef áhrifin voru talin engin var gefin einkunnin 0, -1 fyrir lítil áhrif, -3 fyrir talsverð áhrif og -5 fyrir mikil neikvæð áhrif. Einkunnir fyrir áhrif á undirviðföng voru vegnar saman með viðeigandi vogtölum í meðaleinkunn hvers meginviðfangs. Virkjunum var síðan raðað með AHP-aðferðinni fyrir hvert meginviðfang og

⁷ Í viðauka b3 er yfirlit sem sýnir til hvaða þátta er litið við AHP-samanburð.

vogtölur meginviðfanga notaðar til að reikna heildareinkunn áhrifa virkjunar á hverju svæði og AHP-sæti hennar frá mestu til minnstu áhrifa.

Tafla 3.3 Meginviðföng og undirviðföng faghóps II

Meginviðföng	Vogtala	Undirviðföng	Vogtala
Útivist	0,72	Stuttar ferðir	0,10
		Langar ferðir	0,13
		Náttúruskoðun	0,17
		Ævintýraferðir	0,13
		Þjóðfræðiferðir	0,10
		Hestaferðir	0,10
		Vetrarferðir	0,10
		Upplifun	0,17
		Veiði	0,19
Veiðar í vötnum	0,46		
Skotveiðar	0,17		
Önnur hlunnindi	0,09	Beit	0,95
		Grös og ber	0,05

3.4 Aðferðir faghóps III

Verkefni faghóps III um þjóðhagsmál og byggðaðpróun var m.a. að meta hve mikil áhrif það mundi hafa á þjóðfélagið til langs tíma ef orkulindirnar verða nýttar, einkum efnahag, atvinnu og byggðaðpróun. Þá var hópnum ætlað að meta hvaða áhrif það hefur á aðra atvinnustarfsemi, þ.m.t. ferðamennsku, að nýta virkjunarkosti.

Hópurinn þróaði líkan til að meta áhrif virkjanaframkvæmda á efnahag og atvinnu-markað og gerði útreikninga til tilraunar á 10 virkjunarhugmyndum [9]. Helsta niðurstaða tilraunamatsins var að ekki væri hægt að gera upp á milli virkjana hvað varðaði staðbundin áhrif byggingar virkjunar á grundvelli þeirra upplýsinga sem eru fyrirbyggjandi um sundurliðaðan stofnkostnað. Ekki var því talin ástæða til að gera þessa greiningu í endanlegu mati á virkjunum í 1. áfanga.

Hópurinn þróaði einnig líkan til að meta áhrif virkjana á ferðapjónustu. Líkanið ber saman núvirtar tekjur tveggja mismunandi þróunarferla; annars vegar tekjur af þróun ferðapjónustu ef ekki kæmi til virkjunar og hins vegar þróun tekna af ferðapjónustu samhliða virkjun. Með þessari aðferð greindi hópurinn þær virkjanir þar sem líklegast er talið að verulegir hagsmunir ferðapjónustu séu í húfi.

Þá flokkaði faghópurinn virkjanir með tilliti til þess hvort staðbundin nýting orkunnar væri líkleg eða ekki og hvort nýting orku væri líkleg til að hafa umtalsverð byggðaaáhrif. Þar naut hópurinn m.a. þeirrar forvinnu sem unnin var á vegum staðarvalsnefndar um iðnrekstur á árunum 1980-1985 [10].

Að lokum lagði hópurinn mat á möguleika til að nota afgangsvarma jarðvarmavirkjana eða jarðvarma beint til annars en raforkuframleiðslu.

3.5 Aðferðir faghóps IV

Hlutverk faghóps IV var að greina virkjunarkosti, meta orkugetu þeirra og stofn- og rekstrarkostnað. Hópurinn sótti upplýsingar í fyrirbyggjandi virkjunarskýrslur og beint til verkfræðistofa og orkufyrirtækja eða til Orkustofnunar. Þær meginstærðir, sem hópurinn notar, eru orkugeta, stofnkostnaður og vísitölur um heildarhagnað og arðsemi.

Orkugeta vatnsaflsvirkjana ræðst af rennsli vatnsfallanna og möguleikum á miðlun þess yfir árið. Í jarðvarmavirkjunum er almennt gert ráð fyrir 120 MW á hverjum virkjunarstað og þar með 840 GWh/ár miðað við 7.000 stunda sölu á orku á ári.

Stofnkostnaður miðast við verðlag í ársbyrjun 2003. Þar er allur kostnaður við mannvirki, sem tengjast virkjuninni, ásamt vegum innan virkjunarsvæðis og að næsta stofnvegi, kostnaður vegna undirbúningsrannsókna og mats á umhverfisáhrifum, vinnubúða og vaxta á byggingartíma. Kostnaður miðast við háspennna orku inn á tengivirki við stöðvarvegg en tekur ekki til flutningsvirkja til að koma orkunni frá virkjuninni. Stuðst er við kostnaðartölur frá orkufyrirtækjum þar sem þær eru tiltækar, að öðrum kosti við mat hönnuða í frumáætlunum. Í niðurstöðum faghópsins er sýndur stofnkostnaður á orkueiningu (kr/(kWh/ár)) þar sem orkugetu er deilt upp í stofnkostnaðinn.

Þá er reiknaður núvirtur heildarhagnaður af rekstri virkjana. Sá reikningur er gerður með sérstöku hermilíkani. Reiknað er yfir 50 ára rekstrartíma. Afskriftartími er einnig valinn 50 ár. Notað var orkuverð við stöðvarvegg 1,70 kr/kWh á forgangsortku sem seld er í 7.000 stundir á ári en verð á ótryggðri orku er 0,60 kr/kWh og hún seld allt að 10% til viðbótar við forgangsortku. Árlegur rekstrarkostnaður reiknast 0,8% af stofnkostnaði vatnsaflsvirkjana og 2% af stofnkostnaði jarðvarmavirkjana. Rekstrargjöld hvers árs eru dregin frá sölutekjum hvers árs og mismunur núvirtur með 5,5% vöxtum til fyrsta rekstrardags. Á sama hátt er stofnkostnaður, sem fellur til á mismunandi tíma, núvirtur til fyrsta rekstrardags og dreginn frá núvirtum nettótekjum. Mismunurinn er skilgreindur sem núvirtur heildarhagnaður af rekstri virkjunar. Hagkvæmnireikningarnir hafa aðeins þann tilgang að bera virkjunarkosti saman. Þótt hagkvæmnitölurnar séu byggðar á umdeilanlegum forsendum er þess vænst að óvissa í þeim riðli ekki hagkvæmnisröð virkjana.

Við útreikning á heildarhagnaði er gert ráð fyrir að allar virkjanir selji forgangsortku á sama verði. Þar sem stofnkostnaður á orkueiningu er svipaður fyrir flestar virkjanir í þeim hópi sem um var fjallað í 1. áfanga, og forsendur um reksturkostnað og orkuverð hinar sömu fyrir hvora gerð virkjana, vatnsafl og jarðvarma, endurspeglar vísitala heildarhagnaðar fyrst og fremst sölutekjur og stærð virkjana í hvorri gerð. Til að leggja áherslu á hagkvæmnisröð fremur en umdeilanlega fjárhæð heildarhagnaðar eru niðurstöður settar fram sem vísitala heildarhagnaðar þar sem mestur núvirtur heildarhagnaður virkjunar er látinn samsvara 10 í vísitölu og aðrar virkjanir fá vísitölu í hlutfalli við það.

Hlutfall núvirtis heildarhagnaðar og stofnkostnaðar virkjunar dregur skýrt fram arðsemi fjárfestingar í virkjun. Önnur leið til að meta arðsemi er að reikna afkastavexti virkjunar. Afkastavextir sýna þá hæstu ávöxtunarkröfu, sem virkjunin gæti staðið undir, án þess að núvirtur heildarhagnaður verði neikvæður. Þessir reikningar voru gerðir með hermilíkaninu og undir sömu forsendum og reikningar á núvirtum heildarhagnaði. Þar sem hér er einnig um röð fremur en upphæð að ræða voru niðurstöður settar fram sem vísi-

tala arðsemi, reiknuð á þann hátt að hæstu afkastavextir virkjunar í safninu gefa vísitölu 10 en afkastavextir annarra virkjana gefa þeim vísitölu í hlutfalli við það.

Ekki var talið gerlegt að meta tengikostnað nákvæmlega þar sem virkjunartilhögun er víðast enn óljós. Tengikostnaður er á þessu stigi ekki látinn hafa áhrif á röðun virkjana eftir hagkvæmni en athugasemdir eru gerðar um það hvort hann er líklegur til að vera mikill, miðlungs eða lítill.

3.6 Heimildir

- [1] *Samlet Plan for Vassdrag, Hovedrapport*, Miljöverndepartementet 1984.
- [2] *Heimildaskrá vegna aðferðafræði*, Umhverfisstofnun Háskóla Íslands, desember 1999. Birt á www.landvernd.is/natturuafli
- [3] *Val á aðferðafræði*, skýrsla til verkefnisstjórnar, 1. nóvember 2000. Birt á www.landvernd.is/natturuafli.
- [4] Björn S. Stefánsson 2001. *Sjóðval við forgangsröðun virkjana og friðunar*. Orkuþing 2001, bls. 116-119.
- [5] Björn S. Stefánsson 2003. *Lýðræði með raðvali og sjóðvali*. Háskólaútgáfan, Reykjavík, september 2003, 145 bls.
- [6] *Tilraunamat á 15 virkjunarkostum í vatnsafla*. Verkefnisstjórn um gerð rammaáætlunar um nýtingu vatnsafls og jarðvarma, apríl 2002, 16 bls. + 41 bls viðauki.
- [7] Rögnvaldur Guðmundsson 2001. *Ferðamenn á hálendi Íslands - sumarið 2000. Ferðamenn á Torfajökulssvæði, Síðuvatnasvæði, norðan Hofsjökuls og viðmiðunarhópar á láglandi. Símakönnun meðal Íslendinga*. Rannsóknir og ráðgjöf ferðaþjónustunnar, mars 2001; 86 bls. og viðaukar.
- [8] Rögnvaldur Guðmundsson 2003. *Gildi hálendisins fyrir ferðaþjónustu og útivist til 2020. Áhersla á svæðin norðan Hofsjökuls og Vatnajökuls, Síðuvatnasvæði og Torfajökulssvæði*. Rannsóknir og ráðgjöf ferðaþjónustunnar, maí 2003.
- [9] *Tilraunamat á 10 virkjunarkostum*. Greinargerð faghóps III á vegum rammaáætlunar um nýtingu vatnsafls og jarðvarma, október 2002, 16 bls. Greinargerðin er birt á www.landvernd.is/natturuafli.
- [10] *Staðarval fyrir orkufrekan iðnað*. Forval. Staðarvalsnefnd um iðnrekstur. Iðnaðarráðuneytið, mars 1983, 137 bls.

4 Samráð

Vorið 1999 fólu stjórnvöld Landvernd að standa að samráðsvettvangi við undirbúning rammaáætlunarinnar. Þetta hlutverk hefur Landvernd leyst með ýmsum hætti.

1. Með vefsíðu þar sem safnað er saman upplýsingum um vinnuna og fræðsluefni sem henni tengist og boðið upp á gagnvirka miðlun.
2. Með því að standa fyrir opnum fundum þar sem almenningur, fyrirtæki og stofnanir gátu kynnt sér framþróun verksins og komið athugasemdum á framfæri.
3. Með fundum með stofnunum, fyrirtækjum og fulltrúum samtaka sem hafa sérstakan áhuga á að fylgjast með framgangi verkefnisins.
4. Með því að taka þátt í fundum þar sem óskað hefur verið eftir kynningu á rammaáætlun.

4.1 Heimasíðan www.landvernd.is/natturuafi

Landvernd setti upp sérstaka heimasíðu í þeim tilgangi að veita almennan aðgang að upplýsingum um verkefnið. Á heimasíðunni má finna lýsingu á skipulagi og verklagi, skipan vinnuhópa og verkefnisstjórnar. Þar eru einnig skýrslur um einstaka verkþætti og tengingar inn á heimasíður með efni er snertir vinnu við rammaáætlun. Á heimasíðunni hafa verið birtar fréttir um framgang verkefnisins og viðburði á vegum þess og þar eru fundargerðir af fundum verkefnisstjórnar og frásagnir af opnum fundum sem haldnir voru. Efni af heimasíðu rataði oft inn á síður dagblaðanna. Stefnt er að enskum texta með lýsingu á aðferðum, virkjunarhugmyndum og markverðustu niðurstöðum.

4.2 Almennir fundir um rammaáætlun

Frá því að þessi vinna hófst árið 1999 hefur Landvernd staðið fyrir 22 almennum fundum og málstofum með liðlega 1.100 þátttakendum. Eftirfarandi fundir hafa verið haldnir:

- *Almenn kynning*. Almennur kynningarfundur í Háskóla Íslands með gagnvirkum sjónvarpstengingum við Hvanneyri, Ísafjörð, Sauðárkrók, Akureyri, Egilsstaði og Höfn í Hornafirði. (16. október 1999, þátttakendur um 50).
- *Aðferðafræði*. Málstofa í Háskóla Íslands (21. október 1999, þátttakendur um 50).
- *Efnahagslegt mat á náttúrunni*. Málstofa í Reykjavík (Þjóðhagsstofnun) með Ståle Navrud, frá Landbúnaðarháskólanum á Ási í Noregi (26. nóvember 1999, þátttakendur um 30).
- *Gerð langtímaáætlana*. Í samstarfi við Umhverfismiðstöð Háskólans í Lundi var haldinn fundur í Háskóla Íslands um þróun aðferða sem auðvelda gerð langtímaáætlunar um sjálfbæra þróun á Íslandi (10. janúar 2000, þátttakendur um 60).
- *Siðfræðileg álitamál*. Í samstarfi við Siðfræðistofnun Háskólans var haldin málstofa í Háskóla Íslands um siðfræði og álitamál við virkjanir (6. mars 2000, þátttakendur um 70).
- *Hagrænar leiðir til að meta náttúru*. Í samstarfi við Þjóðhagsstofnun var haldin málstofa í Reykjavík um hagrænar leiðir til að meta verðgildi náttúru (23. mars 2000, þátttakendur um 40).

- *Valkostir í aðferðafræði*. Málstofa um valkosti í aðferðafræði í Háskóla Íslands (17. maí 2000, þátttakendur um 40).
- *Almenn kynning*. Kynningarfundir á Reyðarfirði, Egilsstöðum og Akureyri (í maí 2001, þátttakendur samtals um 80).
- *Almenn kynning*. Kynningarfundur í Skagafirði (í júní 2001, þátttakendur um 90).
- *Verndarviðmið*. Opinn kynningarfundur í Reykjavík (Háskóla Íslands) um skýrslu Náttúrufræðistofnunar um verndarviðmið (16. október 2001, þátttakendur um 60).
- *Landslag*. Málþing í Reykjavík (Norræna húsið) um mat á landslagi (október 2001, þátttakendur um 50).
- *Landslag*. Hádegisfundur í Reykjavík (Hótel Borg) um mat á landslagi (10. nóvember 2000, þátttakendur um 70).
- *Hagræn áhrif virkjana*. Málstofa í Reykjavík (Þjóðhagsstofnun) um aðferðir til að meta hagræn áhrif virkjana (21. október, þátttakendur um 50).
- *Almenn kynning*. Kynningarfundir á Hellu og Kirkjubæjarklaustri (24. og 25. nóvember, þátttakendur um 60).
- *Útivist á hálendinu*. Málstofa með fjarfundabúnaði á Sauðárkróki, Akureyri og Egilsstöðum um rannsókn á viðhorfum til mannvirkja á hálendinu og framtíðarmöguleika fyrir útivist á hálendinu norðan Vatnajökuls (þátttakendur um 40).
- *Mat á landslagi*. Fyrirlestrar Carl Steinitz um mat á landslagi í Reykjavík. (Tveir fyrirlestrar í júlí 2001, þátttakendur liðlega 100 samtals).
- *Kynningarfundur* á Kirkjubæjarklaustri um virkjunarhugmyndir í Skaftá og Hólmsá. (2. október 2001, þátttakendur um 30).
- *Almenn kynning*. Kynningarfundur á Húsavík um virkjunarhugmyndir í Skjálfandafljóti, Jökulsá á Fjöllum, á Þeistareykjum, í Öxarfirði, við Kröflu og Bjarnarflag. (23. október 2001, þátttakendur um 60).
- *Útvistargildi*. Hádegisfyrirlestur í Reykjavík um athugun á útvistargildi hálendisins. (20. nóvember 2001, þátttakendur um 60).
- *Tilraunamat*. Kynningarfundur um niðurstöður tilraunamats á 15 vatnsaflsvirkjunum. Haldinn í Háskóla Íslands með fjarfundabúnaði á Akureyri og á Egilsstöðum. (29. maí 2002, þátttakendur um 40).
- *Heildstæð sýn á náttúrufar*. Kynningarfundur um rannsóknir Náttúrufræðistofnunar Íslands undir fyrirsögninni „Heildstæð sýn á náttúrufar á hálendi Íslands“. Haldinn í Norræna húsinu í Reykjavík (11. desember 2002, þátttakendur um 80).

4.3 Samráð um aðferðafræði

Haustið 2001 komu fram fyrstu heildstæðu hugmyndirnar um aðferðafræði faghópanna. Um þessar hugmyndir var fjallað á opnum fundum eins og fram kemur í yfirlitinu hér að framan en einnig á fjölmörgum fundum með tilteknum aðilum og hópum. Þannig voru í samstarfi við Landsvirkjun skipulagðir fjórir fundir þar sem farið var yfir aðferðafræði hvers faghóps fyrir sig með hópi sérfræðinga frá stærstu orkufyrirtækjunum. Í kjölfar tilraunamatsins, sem lauk vorið 2002, skapaðist einnig víðtæk umræða um aðferðafræðina, m.a. á fundum með fulltrúum orkufyrirtækja og frjálsra félagasamtaka á sviði umhverfis- og náttúruverndar.

4.4 Aðrir fundir um rammaáætlun

Auk framangreindra opinna funda hafa verið haldnir ótaldir fundir með stofnunum, fyrirtækjum og fulltrúum samtaka sem tengjast sérstaklega vinnu við verkefnið. Einnig hafa formaður verkefnisstjórnar og framkvæmdastjóri Landverndar tekið þátt í fjölmörgum fundum á vegum ýmissa samtaka til að kynna verkefnið. Þá var talsverð umfjöllun um þetta verkefni á Orkuþingi haustið 2001. Sérstaklega mikil umfjöllun var um aðferðafræði faghóps I og stóð formaður faghópsins að um 20 fyrirlestrum og samræðufundum um hana. Í kjölfar tilraunamats, sem lauk vorið 2002, skapaðist einnig víðtæk umræða um aðferðafræðina við fjölmarga aðila.

4.5 Kostnaður

Samráðsvettvangurinn tók til starfa haustið 1999 og heildarkostnaður við rekstur hans fram til 1. ágúst 2003 er liðlega 8 m.kr. Þar af er þóknun vegna vinnuframlags starfsmanna Landverndar um 3 m.kr. Landvernd sinnti einnig skrifstofuþjónustu fyrir verkefnisstjórn og faghópa frá því í maí 1999. Heildarkostnaður vegna þessa verkefnis fram til 1. ágúst 2003 er um 10,5 m.kr. og þar af var greitt fyrir vinnuframlag starfsmanna Landverndar um 8,5 m.kr.

4.6 Annað

Landvernd notaði fjölmörg tækifæri til að koma á framfæri upplýsingum um rammaáætlunina, m.a. í fréttabréfi samtakanna. Bæklingur um verkefnið var gefinn út (og endurútgefinn) og var hann þýddur og prentaður á ensku. Greinar um fundi, sem birtar hafa verið á vefsíðu, hafa í nokkrum tilvikum einnig verið birtar í blöðum.

Haldnir voru þrír sérstakir fundir fyrir fjölmiðla:

- Kynningarfundur í Reykjavík með fulltrúum fjölmiðla vegna skýrslu Náttúrufræðistofnunar (21. september 2001).
- Kynningarfundir í Reykjavík með fjölmiðlum um niðurstöður rannsóknar Rögnvaldar Guðmundssonar um viðhorf ferðamanna til mannvirkja á hálendinu m.m. (febrúar 2001 og júní 2003).

Landvernd hefur svarað fjölmörgum fyrirspurnum um verkefnið, jafnt innlendum sem erlendum.

5 Niðurstöður

5.1 Virkjanir metnar í 1. áfanga

Faghópunum var falið að meta 35 virkjunarhugmyndir. Orkugeta þeirra samanlagt er um 28 þúsund GWh á ári. Í fjórum tilvikum voru tvær virkjunarleiðir, a og b, metnar fyrir sama orkukost. Til samanburðar voru einnig metnar 8 virkjunartillögur sem ítarleg gögn eru til um og því var æskilegt að hafa með í samanburði. Orkugeta þeirra er allt að 6,7 þús. GWh á ári. Lengi var að því stefnt að taka einnig til mats í 1. áfanga virkjunarhugmyndir í Hvítá í Árnassýslu og í Hverfisfljóti til þess að samanburður næðist milli allra stærstu orkukosta í jökulám. Vegna takmarkaðra rannsókna á náttúrufari og kostnaðar varð þó að fresta Hvítá til 2. áfanga. Rannsókn á aðstæðum við Hverfisfljót leiddi í ljós að vegna leka yrði erfitt að finna stað fyrir miðlunarlón. Því var sú hugmynd ekki tekin til mats nú. Í töflu 5.1 er yfirlit yfir þær virkjanir sem metnar voru í 1. áfanga. Númer framan við nöfn virkjananna eru auðkennisnúmer þeirra. Jarðvarmavirkjunum er þar raðað í landfræðilega röð eftir gosbeltinu frá Reykjanesi í suðvestri til Þeistareykja í norðri en vatnsaflsvirkjunum frá Skagafirði austur um land og suður.

5.2 Mat faghóps I

Mat faghóps I var unnið í þremur áföngum. Í fyrsta lagi var lagt mat á verðmæti virkjunarsvæða m.t.t. fimm viðfanga, þ.e. jarðminja og vatnafars, tegunda lífvera, vistgerða og jarðvegs, landslags og víðernis og menningarminja. Fjórar einkunnir voru notaðar: 1, 3, 6 og 10 þar sem 10 vísar til mesta verðmætis. Þá var lagt mat á áhrif framkvæmda á þessi viðföng. Fimm einkunnir voru mögulegar: 0, 1, 3, 6 og 10 þar sem 10 vísar til mestu umhverfisáhrifa. Að lokum var virkjunarhugmyndunum raðað með þrepagreiðingu (AHP-aðferð). Við þá röðun var litið til áhrifa einkunnar en einnig verðmæta á svæðinu, fjaráhrifa, óvissu og annarra þátta sem að mati faghópsins er nauðsynlegt að líta til.⁸

⁸ Almenna lýsingu á aðferðafræði faghóps I er að finna í kafla 3 og nákvæmari lýsingu í viðauka b3.

Tafla 5.1 Virkjanir metnar í 1. áfanga

Jarðvarmavirkjanir	Orkugeta GWh/ár	Vatnsaflsvirkjanir	Orkugeta GWh/ár
30 Reykjanes	840	Jökulsár í Skagafirði:	
Krýsuvíkursvæði:		1 Skatastaðavirkjun a	1.046
32 Sandfell	840	2 Skatastaðavirkjun b	(1.290)
33 Trölladyngja	840	Skjálfandaflijt:	
34 Seltún	840	4 Fljótshnjúksvirkjun	405
35 Austurengjar	840	5 Hrafnabjargavirkjun a	575
36 Brennisteinsfjöll	840	6 Hrafnabjargavirkjun b	(618)
Hengilssvæði:		7 Jökulsá á Fjöllum	4.000
37 Hellisheiði	840	10 Skaftárvirkjun	904
38 Innstidalur	840	11 Hólmsárvirkjun	438
40 Grændalur	840	14 Skaftárveita	450
41 Þverárdalur	840	12 Markarfljót a	735
42 Ölkelduháls	840	13 Markarfljót b	(855)
Torfajökulssvæði:		17 Núpsvirkjun a	1.001
44 Reykjadalir vestari	840	18 Núpsvirkjun b	(1.019)
45 Reykjadalir austari	840	19 Urriðafossvirkjun	920
46 Reykjadalir (Kaldaklof)	840		
47 Háuhverir	840		
48 Brennisteinsalda	840		
43 Hágöngusvæði	840		
49 Þeistareykir	840		
50 Bjarnarflag	560		
52 Krafla Vestursvæði	840		
53 Krafla Leirhnjúkur	840		
Metin orkugeta í jarðvarma	17.360	Metin orkugeta í vatnsaflí	10.474
Til samanburðar:		Til samanburðar:	
31 Svartsengi - stækkun	140	3 Villinganesvirkjun	190
39 Nesjavellir - stækkun	210	8 Kárahnjúkavirkjun	4.670
51 Krafla I - stækkun	280	9 Fljótisdalsvirkjun	(1.390)
Samanburður alls	630	15 Norðlingaölduveita (575 m)	650
Metin orkugeta í jarðvarma alls	17.990	16 Búðarhálsvirkjun	630
		Samanburður alls	6.140
		Metin orkugeta í vatnsaflí alls	16.614
Metin orkugeta í 1. áfanga alls		34.604	

5.2.1 Mat á verðmætum náttúru og minja

5.2.1.1 Verðmætamat með samanburðarvirkjunum⁹

Í töflu 5.2a er að finna samantekt á niðurstöðum mats faghóps I á 12 verðmætustu virkjanasvæðunum.

Tafla 5.2a Mat faghóps I á verðmætum (með samanburðarvirkjunum)
-12 efstu af 41 sýndar hér.

		Jarðminjar og vatnafar	Menn- ingar- minjar	Tegundir lífvera	Vistgerðir og jarðvegur	Landslag og viðerni	
	Vægi	0,25	0,10	0,20	0,20	0,25	
Nr.	Virkjun	Samvegin verðmæti					
15	Norðlingaölduveita (575 m)	7,2	3,2	5,4	10,0	9,9	7,5
7	Jökulsá á Fjöllum	7,2	7,6	7,3	5,1	5,9	9,7
8	Kárahnjúkavirkjun	6,8	5,1	8,5	5,9	8,2	7,5
9	Fljótisdalsvirkjun	6,0	3,8	5,6	6,2	6,9	7,3
44-46	Reykjadalur (Torfajökull) ¹⁰	6,0	6,8	1,0	5,0	3,4	10,0
14	Skaftárveita	5,1	6,0	1,1	2,7	5,8	7,1
13	Markarfljót b	5,1	5,0	4,4	1,8	3,2	9,5
12	Markarfljót a	5,0	4,9	4,4	1,8	3,2	9,5
2	Skatastaðavirkjun b	4,9	4,8	7,4	4,0	5,0	4,6
1	Skatastaðavirkjun a	4,8	4,6	7,3	4,0	5,0	4,6
40	Grændalur (Hengill)	4,7	4,7	1,6	5,0	5,4	5,3
34	Seltún (Krýsuvík)	4,7	6,0	4,8	3,8	4,5	4,0
	Meðaltal 41 svæðis	3,8	3,8	3,9	3,3	3,4	4,6

Lengst til vinstri í töflunni er auðkennisnúmer og heiti virkjunarhugmyndar. Sýnd er einkunn fyrir 5 viðföng og samvegin verðmæti þar sem jarðminjar og vatnafar vega 0,25, menningarminjar 0,10, tegundir lífvera 0,20, vistgerðir og jarðvegur 0,20 og landslag og viðerni 0,25. Í viðauka b3 er tafla sem sýnir verðmætamat á öllum svæðum og jafnframt hvernig matið skiptist á undirviðföng. Rökstuðningur faghópsins og skýringar á tilteknum einkunnum verða birt á heimasíðu rammaáætlunar. Að mati hópsins eru verðmætust virkjunarsvæði Norðlingaölduveitu (575 m), Jökulsár á Fjöllum, Kárahnjúka- og Fljótisdalsvirkjunar og Reykjadala á Torfajökulssvæðinu. Þar á eftir koma svæði Markarfljóts og Skaftárveitu um Langasjó. Sérstaklega eru vistgerðir og jarðvegur og tegundir lífvera á svæði Norðlingaölduveitu hátt metin. Landslag og viðerni fá hæsta einkunn á Torfajökulssvæðinu og við Markarfljót.

⁹ Samanburðarvirkjanir eru Villinganesvirkjun, Kárahnjúkavirkjun, Fljótisdalsvirkjun, Búðarhálsvirkjun, Norðlingaölduveita (575 m) og stækkun jarðvarmavirkjana við Nesjavelli, Kröflu og Svartsengi. Fljótisdalsvirkjun er ekki framkvæmanleg samhliða Kárahnjúkavirkjun. Ekki verður heldur af Norðlingaölduveitu (575m) vegna úrskurðar setts umhverfissráðherra um lægra lón. Tilhögun samkvæmt úrskurði ráðherra er ekki endanlega skilgreind og því ekki tekin til mats að sinni.

¹⁰ Í Reykjadölum var fjallað um þrjá virkjunarstaði, Reykjadali vestari, Reykjadali austari og Reykjadali (Kaldaklof). Vegna takmarkaðra gagna um náttúrufar treysti faghópur I sér ekki til að greina á milli þessara staða heldur mat svæðið sem heild.

5.2.1.2 Verðmætamat án samanburðarvirkjana

Ákvörðun um að heimila virkjun á tilteknum stað getur haft áhrif á verðmæti annarra svæða þar sem bæði fágætis- og fræðslugildi geta breyst. Samanburður á töflum 5.2a og 5.2b sýnir þetta. Í töflu 5.2a kemur fram hátt verðmætamat á áhrifasvæði Kárahnjúkavirkjunar. Ákvörðun um Kárahnjúkavirkjun hefur áhrif á verðmæti annarra svæða. Þannig hækkar heildareinkunn vegna Jökulsár á Fjöllum, Reykjadala og Markarfljóts í töflu 5.2b við það að fágæt náttúruverðmæti á áhrifasvæði Kárahnjúkavirkjunar glatast.

Tafla 5.2b Mat faghóps I á verðmætum (án samanburðarvirkjana)
-15 verðmætustu svæðin af 33.

		Jarðminjar og vatnafar	Menn- ingar- minjar	Tegundir lífvera	Vistgerðir og jarðvegur	Landslag og viðemi
	<i>Vægi</i>	0,25	0,10	0,20	0,20	0,25
Virkjun	Samvegin verðmæti					
Jökulsá á Fjöllum	7,4	7,6	7,3	5,5	6,5	9,7
Reykjadalir (Torfajökull)	6,0	6,8	1,0	5,0	3,4	10,0
Markarfljót a og b	5,2	5,5	4,4	1,8	3,2	9,5
Skaftárveita	5,1	6,0	1,1	2,7	5,8	7,1
Skatastaðavirkjun b	5,0	4,8	7,4	4,0	5,0	5,0
Skatastaðavirkjun a	4,9	4,6	7,3	4,0	5,0	5,0
Brennisteinsalda (Torfajökull)	4,8	4,7	2,1	4,1	4,0	7,3
Grændalur (Hengill)	4,7	4,7	1,6	5,0	5,4	5,3
Seltún (Krýsuvík)	4,7	6,0	4,8	3,8	4,5	4,0
Austurengjar (Krýsuvík)	4,6	6,0	4,7	3,8	4,5	4,0
Reykjanes	4,5	4,9	5,2	5,4	2,6	4,4
Hrafnabjargavirkjun b	4,4	4,6	7,2	4,5	2,9	4,3
Hrafnabjargavirkjun a	4,4	4,6	7,1	4,2	2,9	4,3
Fljótshnúkavirkjun (m.v. Sprengisandslínu)	4,3	3,5	7,2	4,5	2,9	4,7
Háuhverir (Torfajökull)	4,2	3,9	1,0	1,0	2,2	9,9
Meðaleinkunn 33 svæða	3,9	4,1	3,8	3,0	3,1	4,8

5.2.2 Mat á áhrifum framkvæmda á náttúru og minjar

Í töflu 5.3 er greint frá mati faghóps I á áhrifum framkvæmda. Þar eru samanburðarvirkjanir undanskildar. Virkjun Jökulsár á Fjöllum hefur áberandi mest áhrif og þar á eftir koma virkjanir í Markarfljóti. Á báðum þessum stöðum eru áhrif á landslag og viðemi mjög mikil. Í fjórða og fimmta sæti eru tvær mismunandi útfærslur á Skatastaðavirkjun og í sjötta sæti Grændalur. Þrettán virkjanir fá samvegin áhrif 3 eða þar fyrir ofan en meðaleinkunn er 2,9. Landslagsáhrif eru að jafnaði metin hvað hæst og eru að meðaltali 4,5.

Í viðauka b3 er einnig að finna áhrifamat fyrir virkjanir sem metnar voru til að fá samanburð, m.a. Kárahnjúkavirkjun og Norðlingaölduveitu (575 m).

Tafla 5.3 Mat faghóps I á áhrifum (án samanburðarvirkjana)
-15 svæði af 33 þar sem áhrifaeinkunn er hæst.

		Jarðminjar og vatnafar	Menn- ingar- minjar	Tegundir lífvera	Vistgerðir og jarðvegur	Landslag og viðerni	
	<i>Vægi</i>	0,25	0,10	0,20	0,20	0,25	
Nr.	Virkjun	Samvegin verðmæti					
8	Jökulsá á Fjöllum	7,3	7,0	4,9	5,4	8,5	9,3
13	Markarfljót b	4,9	5,0	2,0	2,6	2,7	9,5
12	Markarfljót a	4,8	4,7	2,0	2,6	2,7	9,4
2	Skatastaðavirkjun b	4,4	4,3	3,6	3,7	4,6	5,3
1	Skatastaðavirkjun a	4,2	4,2	3,6	3,7	4,6	4,6
40	Grændalur (Hengill)	4,1	2,6	0,9	3,1	5,7	6,4
48	Brennisteinsalda (Torfajökull)	4,0	2,2	0,0	4,2	3,7	7,7
44-46	Reykjadalir (Torfajökull)	3,7	1,6	0,0	3,1	2,1	9,1
6	Hrafnabjargavirkjun b	3,5	2,7	6,3	3,0	2,6	4,5
47	Háuhverir (Torfajökull)	3,3	1,3	0,0	2,4	1,5	8,7
5	Hrafnabjargavirkjun a	3,2	2,7	6,3	3,0	2,6	3,0
19	Urriðafossvirkjun	3,1	2,4	5,9	5,0	1,5	2,6
49	Þeistareykir	3,1	1,5	4,7	2,4	1,5	5,7
4	Fljótshnjúksvirkjun (m.v. Sprengisandslínu)	2,9	2,0	1,9	2,6	3,5	4,1
36	Brennisteinsfjöll	2,8	1,1	1,0	0,8	1,3	8,1
14	Skaftárveita ¹¹	2,8	2,5	1,3	3,0	1,3	4,7
	Meðaltal 33 virkjana	2,9	2,3	2,2	2,5	2,4	4,5

5.2.3 Röðun virkjunarhugmynda

Faghópur I raðaði virkjunarhugmyndunum með þrepagreiningu (AHP-aðferðinni). Við þá röðun var litið til áhrifaeinkunnar en einnig verðmæta á svæðinu, fjaráhrifa, óvissu um áhrif og sérstaks mikilvægis, s.s. friðlýsingar, tegunda á valista eða alþjóðlegra samninga með skuldbindandi ákvæðum sem snerta viðkomandi svæði. Nánari skýringar á aðferðafræði hópsins er að finna í viðauka b3.

Faghópur I hefur raðað virkjunum með tvennum hætti. Í fyrsta lagi með samanburðarvirkjunum (sjá viðauka b3). Í öðru lagi þeim virkjunum sem eftir standa þegar samanburðarvirkjanir eru undanskildar. Sú röð birtist í töflu 5.4.

Virkjun Jökulsár á Fjöllum er að mati faghóps I sú virkjunarhugmynd sem hefur mest áhrif á náttúru og minjar. Þar á eftir koma virkjanir í Markarfljóti og á vestari hluta Torfajökulssvæðis. Skatastaðavirkjun með öllum veitum raðast talsvert lægra og er því sem næst á pari við Brennisteinsöldu og Háuhveri.

¹¹ Sjá nánar um áhrif Skaftárveitu í gr. 5.6.7.

Tafla 5.4 AHP-röðun faghóps I (án samanburðarvirkjana)

Há AHP-einkunn er vísbending um mikil umhverfisáhrif virkjunar.

Nr.	Virkjun	AHP-einkunn	Nr.	Virkjun	AHP-einkunn
7	Jökulsá á Fjöllum	14,2	14	Skaftárveita ¹²	1,0
13	Markarfljót b	10,6	18	Núpsvirkjun b	0,8
12	Markarfljót a	9,9	11	Hólmsárvirkjun	0,8
44	Reykjadalir vestari	7,3	10	Skaftárvirkjun	0,7
45	Reykjadalir austari	7,3	38	Innstidalur (Hengill)	0,6
46	Reykjadalir (Kaldaklof)	7,3	50	Bjarnarflag	0,6
2	Skatastaðavirkjun b	5,2	30	Reykjanes	0,6
48	Brennisteinsalda (Torfajökull)	5,1	35	Austurengjar (Krýsuvík)	0,5
47	Háuhverir (Torfajökull)	5,1	17	Núpsvirkjun a	0,5
1	Skatastaðavirkjun a	4,7	34	Seltún (Krýsuvík)	0,4
40	Grændalur (Hengill)	3,5	33	Trölladyngja (Krýsuvík)	0,4
6	Hrafnabjargavirkjun b	2,9	32	Sandfell (Krýsuvík)	0,3
19	Urriðafossvirkjun	1,8	41	Þverárdalur (Hengill)	0,3
5	Hrafnabjargavirkjun a	1,5	52	Krafla Vestursvæði	0,3
49	Þeistareykir	1,5	43	Hágöngusvæði	
36	Brennisteinsfjöll	1,3		(m.v. Sprengisandslínu)	0,3
4	Fljótshnjúksvirkjun		42	Ölkelduháls (Hengill)	0,2
	(m.v. Sprengisandslínu)	1,2	37	Hellisheiði (Hengill)	0,2
53	Krafla Leirhnjúkur	1,1			

5.2.4 Samanburður á mati á verðmætum, áhrifum og AHP-röðun

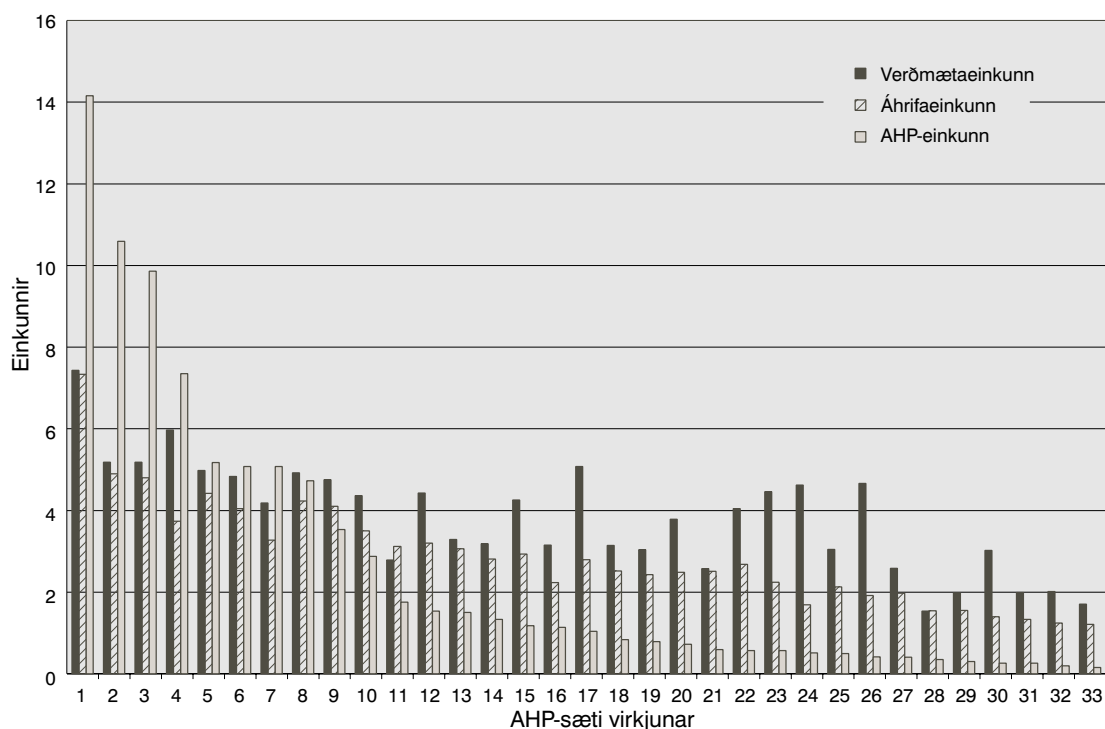
Í verkefnisstjórn var mikið um það rætt hvort einfalda mætti framsetningu á niðurstöðum faghóps I og hvort nauðsyn væri á þremur einkunnakvörðum, verðmætaeinkunn, áhrifa-einkunn og AHP-einkunn. Stigaskipt matskerfi hefur ýmsa kosti, m.a. gerir það matið gegnsærra þannig að betur má greina hvers vegna tilteknir kostir raðast hátt eð lágt. Af þessum sökum var ákveðið að meta virkjunarsvæðin og virkjunarkostina með þremur einkunnakvörðum. Á mynd 5.1 má sjá að nokkur fylgni er á milli verðmætaeinkunnar, áhrifa-einkunnar og AHP-einkunnar. Þannig er fylgnistuðull á milli einkunnar fyrir áhrif og AHP-einkunnar 0,91, fylgnistuðull einkunnar fyrir verðmæti og AHP-einkunnar er 0,75 og fylgnistuðull fyrir verðmætaeinkunn annars vegar og áhrifa-einkunn hins vegar er 0,82. Verðmætaeinkunn er vísbending um hversu ríkt virkjunarsvæðið er af náttúru- og minjaverðmætum en ekki er sjálfgefið að virkjunin hafi áhrif á þau. Áhrifa-einkunn fer eftir umfangi áhrifa. Hún er ekki metin sem hlutfall af þeim verðmætum sem á svæðinu eru en þó geta líkur á áhrifum verið meiri á svæðum þar sem mikil verðmæti er að finna. Í mörgum tilvikum eru svæði metin verðmæt en fá tiltölulega lága áhrifa-einkunn.¹³ Væð AHP-röðun er bæði horft til áhrifa og verðmæta. Ef áhrif eru jöfn fær verðmætara svæðið hærri AHP-einkunn sem vísbendingu um meiri umhverfisáhrif virkjunar af þeirri ástæðu

¹² Sjá athugasemd um áhrif Skaftárveitu í gr. 5.6.7¹³ Dæmi um þetta eru Skaftárveita, Bjarnarflag og Seltún í Krýsuvík.

að þar er meira í húfi. Önnur rök til þessa eru óvissa í mati á áhrifum. Áhrifamatið er byggt á verðmætamatinu og felur þar með í sér sömu óvissu og verðmætamatið en því til viðbótar kemur að upplýsingar um áhrif eru oft ófullkomnar meðan virkjunarhugmynd er á frumstigi. Við AHP-röðun er auk þessa litið til sérstaks mikilvægis svæða og áhættu sem röskun fylgir. Í viðauka b3 er yfirlit yfir þá þætti sem hafa áhrif á AHP-röðun fyrir hvert tiltekið virkjunarsvæði. AHP-röðunin felur bæði í sér röðun í sæti og AHP-einkunn. Einkunnin er ekki línulegur mælikvarði á umhverfisáhrif heldur vísbending um hve mikil umhverfisáhrif virkjun hefur í samanburði við þær sem næst henni raðast í samanburðarhópnum. Summa þessara einkunna er 100. Á mynd 5.1 sést að AHP-röðunin skerpir áherslu á þær virkjanir sem teljast hafa mest umhverfisáhrif en gerir minni mun á þeim sem hafa minni áhrif. Gæta þarf að því að AHP-einkunnir eru háðar því safni sem er til samanburðar. Ef einhverjir kostir eru teknir úr safninu breytast AHP-einkunnir þeirra sem eftir eru. Þessi annmarki er ekki á einkunnakvörðunum fyrir verðmæti eða áhrif en þær einkunnir gætu þó breyst ef ráðist er í framkvæmdir við einhverja virkjun úr safninu. Við virkjunina gætu farið forgörðum einhver verðmæti og þar með yrðu slík verðmæti á öðrum svæðum talin enn fágætari og dýrmætari en áður.

5.2.5 Sérstakar ábendingar faghóps I

Eftir að faghópur I hafði lokið við röðun var talið nauðsynlegt að koma á framfæri sérstökum ábendingum um tiltekin svæði. Í fyrsta lagi bendir hópurinn á svæði sem fá mjög háa einkunn í sumum viðföngum en lenda þó ekki í efstu röð. Þetta eru Háuhverir og Brennisteinsalda (á Torfajökulssvæði) sem hluti af einni sérstæðustu og áhrifamestu



Mynd 5.1 Samanburður einkunna faghóps I fyrir verðmæti og áhrif og AHP-einkunnar (án samanburðarvirkjana)

landslagsheild landsins og Grændalur sem er það jarðhitasvæði sem fær hæsta áhrifa-einkunn í jarðminjum og vatnafari og í vistgerðum og skorar hátt í öllum viðföngum nema menningarminjum. Í öðru lagi svæði sem ekki fá háa einkunn samtals en búa yfir tilteknum þáttum sem teljast mjög verðmætir. Þetta eru Brennisteinsfjöll sem fá næst hæsta áhrifa-einkunn jarðhitasvæða fyrir landslag og víðerni og Skaftárveita (Langisjór) vegna landslags og víðernis.¹⁴

5.3 Mat faghóps II

5.3.1 Mat á áhrifum framkvæmda á útivist, veiðar og hlunnindi

Faghópur II vann sitt mat með heldur einfaldari hætti en faghópur I. Metin voru þrjú viðföng og 13 undirviðföng. Í töflu 5.5 má sjá einkunnir fyrir þær 15 virkjunarhugmyndir sem koma lakast út vegna neikvæðra áhrifa mannvirkja á útivist, veiðar og hlunnindi. Hér eru samanburðarvirkjanir undanskildar. Lakasti virkjunarkosturinn er virkjun Markarfljóts en virkjanir á Torfajökulssvæði og vatnasviði Jökulsár á Fjöllum fylgja þar á eftir.

Tafla 5.5 Mat faghóps II á áhrifum (án samanburðarvirkjana)

Undirviðföng	Útivist									Veiðar				Hlunnindi		Heildareinkunn	
	Stuttar ferðir	Langar ferðir	Náttúrskoðun	Ævintýraferðir	Þjóðfræðiferðir	Hestaferðir	Vetraferðir	Upplifun	Útivist	Veiðar í ám	Veiðar í vötnum	Skotveiðar	Veiðar	Grös og ber	Beit		Hlunnindi
Vægi	0,10	0,13	0,17	0,13	0,10	0,10	0,10	0,17	0,72	0,37	0,46	0,17	0,19	0,05	0,95	0,09	
Nr. Virkjun																	
13 Markarfljót b	-1	-5	-5	-5	-3	-5	-5	-5	-4,4	-1	0	0	-0,4	0	-1	-1,0	-3,3
12 Markarfljót a	-1	-5	-5	-5	-3	-5	-3	-5	-4,2	-1	0	0	-0,4	0	-1	-1,0	-3,2
48 Brennisteinsalda	0	-5	-5	-5	0	-1	-5	-5	-3,6	0	0	0	0,0	0	0	0,0	-2,6
7 Jökulsá á Fjöllum - allt vatnasvið	-3	-3	-3	-3	-1	0	0	-5	-2,5	-3	-3	-3	-3,0	0	-1	-1,0	-2,5
44 Reykjadalir vestari	0	-5	-5	-5	0	-1	-3	-5	-3,4	0	0	0	0,0	0	0	0,0	-2,4
45 Reykjadalir austari	0	-5	-5	-5	0	0	-3	-5	-3,3	0	0	0	0,0	0	0	0,0	-2,4
46 Reykjadalir (Kaldaklof)	0	-5	-5	-5	0	0	-3	-5	-3,3	0	0	0	0,0	0	0	0,0	-2,4
47 Háuhverir	0	-5	-5	-5	0	0	-1	-5	-3,1	0	0	0	0,0	0	0	0,0	-2,2
6 Hrafnabjargavirkjun b	-5	-3	-5	-1	0	-1	-1	-3	-2,6	0	0	-3	-0,5	-1	-3	-2,9	-2,2
14 Skaftárveita	0	-5	-3	-1	0	0	-1	-5	-2,2	-3	-3	0	-2,5	0	0	0,0	-2,1
5 Hrafnabjargavirkjun a	-5	-3	-5	-1	0	-1	-1	-3	-2,6	0	0	-3	-0,5	-1	-1	-1,0	2,0
10 Skaftárvirkjun	3	-5	-5	-3	0	0	0	-3	-2,1	-3	0	0	-1,1	0	-1	-1,0	-1,8
40 Grændalur	-3	0	-3	-1	0	0	0	-5	-1,8	0	0	0	0,0	0	-3	-2,9	-1,5
53 Krafla Leirhnjúkur	-3	0	-5	-1	0	0	0	-5	-2,1	0	0	0	0,0	0	0	0,0	-1,5
36 Brennisteinsfjöll	-3	0	-3	-3	0	0	0	-5	-2,1	0	0	0	0,0	0	0	0,0	-1,5
Meðaltal 35 svæða	-0,1	-1,8	-2,6	-1,8	-0,4	-0,4	-0,9	-2,8	-1,5	-0,7	-0,2	-0,3	-0,4	-0,1	-0,7	-0,7	-1,3

¹⁴ Sjá nánar um áhrif Skaftárveitu í gr. 5.6.7.

Meðaltal heildareinkunnar er -1,3, þ.e. virkjanir hafa að jafnaði neikvæð áhrif á útivist, veiðar og hlunnindi að mati faghóps II. Í einu tilviki er talið að um engin áhrif sé að ræða (Sandfell).

Alvarlegustu neikvæðu áhrifin eru vegna útivistar við Markarfljót og á Torfajökulssvæðinu.

Að mati faghóps II mun það ekki hafa áhrif á útivistargildi þeirra 35 svæða, sem hópurinn mat, þótt ráðist verði í framkvæmdir á þeim virkjunarsvæðum sem höfð voru til samanburðar.

5.3.2 Röðun virkjunarhugmynda

Með hliðsjón af einkunnagjöf raðaði faghópurinn virkjunarhugmyndum með AHP-aðferðinni. Heildarröðun kemur fram í neðangreindri töflu 5.6.

Sætaskipan virkjana er sú sama fyrir einkunn og AHP-röðun. Fylgnistuðull þessara tveggja raða er 0,85. Markarfljótsvirkjun er með mestu neikvæðu áhrifin, þá koma virkjanir á Torfajökulssvæðinu og vatnasviði Jökulsár á Fjöllum. Nokkru neðar eru Hrafnabjargavirkjun í Skjálfandafljóti og Skaftárveita um Langasjó.

Tafla 5.6 AHP-röðun faghóps II (án samanburðarvirkjana)

Há AHP-einkunn er vísbending um mikil umhverfisáhrif virkjunar.

Nr.	Virkjun	AHP-einkunn	Nr.	Virkjun	AHP-einkunn
13	Markarfljót b	14,4	1	Skatastaðavirkjun a	1,2
12	Markarfljót a	12,5	42	Ölkelduháls	1,0
48	Brennisteinsalda (Torfajökull)	8,7	52	Krafla - Vestursvæði	1,0
7	Jökulsá á Fjöllum	7,2	34	Seltún (Krýsuvík)	0,9
44	Reykjadalir vestari	6,8	38	Innstidalur	0,8
45	Reykjadalir austari	6,3	11	Hólmsárvirkjun	0,8
46	Reykjadalir (Kaldaklof)	5,6	41	Þverárdalur	0,7
47	Háuhverir- Jökulgil	4,4	4	Fljótshnjúkur	0,7
6	Hrafnabjargavirkjun b	4,1	37	Hellisheiði	0,7
14	Skaftárveita	3,5	18	Núpsvirkjun b	0,6
5	Hrafnabjargavirkjun a	3,2	17	Núpsvirkjun a	0,6
10	Skaftárvirkjun	2,4	19	Urriðafossvirkjun	0,6
40	Grændalur	1,8	35	Austurengjar	0,6
3	Krafla - Leirhnjúkur	1,7	30	Reykjanes	0,6
36	Brennisteinsfjöll	1,5	32	Sandfell	0,5
49	Þeistareykir	1,3	43	Hágöngusvæði	0,5
33	Trölladyngja	1,2	50	Bjarnarflag	0,3
2	Skatastaðavirkjun b	1,2			

5.4 Mat faghóps III

Hlutverk faghóps III var að bera saman virkjanir m.t.t. áhrifa þeirra á efnahag og byggðir. Eftir yfirgrípsmikla vinnu komst hópurnir að þeirri niðurstöðu að ekki væru forsendur til að greina á milli virkjana með m.t.t. áhrifa þeirra á atvinnu og efnahag. Hins vegar taldi hópurnir að líta mætti til þriggja þátta sem gætu gefið vísbendingar um efnahagsleg áhrif virkjana og áhrif sem þær kynnu að hafa á viðkomandi byggð. Þessi atriði eru talin upp í töflu 5.7.

Í fyrsta lagi greindi hópurnir svæðin með tilliti til þess hvort þau hefðu gildi fyrir ferðaþjónustu og hvaða áhrif virkjun gæti haft á möguleika fyrirtækja í ferðaþjónustu til að nýta sér svæðið til framdráttar starfsemi sinni. Taldi hópurnir að svæði Jökulsár á Fjöllum, Torfajökulssvæðið, Nesjavellir, Bjarnarflag, Markarfljót, Skaftárvæði og Svartsengi væru mikilvægust fyrir ferðaþjónustu. Nokkur svæði voru tilgreind þar sem virkjun var talin hafa neikvæð áhrif á ferðaþjónustu. Þetta voru Krafla-Leirhnjúkur, Markarfljót og Villinganesvirkjun. Hins vegar voru Kárahnjúkavirkjun, Skatastaða-virkjun, Reykjanesvirkjun, Bjarnarflagsvirkjun og Hellisheiðarvirkjun taldar geta stuðlað að frekari vexti og viðgangi ferðaþjónustu. Hópurnir taldi sig ekki hafa forsendur til að komast að sameiginlegri niðurstöðu um áhrif virkjana á ferðaþjónustu á nokkrum stöðum, m.a. á Torfajökulssvæðinu.

Í öðru lagi taldi hópurnir að aðstæður til að nýta varma til annars en rafmagnsframleiðslu og möguleg nýting afgangsvarma gætu skotið traustari stöðum undir jarðvarmavirkjanir og skapað möguleika til framþróunar atvinnulífs í nærliggjandi byggð. Í mati hópsins eru tilgreindar jarðvarmavirkjanir þar sem þessi möguleiki gæti verið fyrir hendi. Í töflu 5.7 má sjá að allar jarðvarmavirkjanir nema virkjun á Hágöngusvæði og jarðvarmavirkjanir á Torfajökulssvæðinu eru taldar hafa þessa kosti. Kostir virkjana við Kröflu eru þó eingöngu bundnir við nýtingu afgangsvarma.

Í þriðja lagi greindi faghópurinn þær virkjanir sem gætu skapað forsendur fyrir orkufrekum iðnaði á landsbyggðinni. Þessi greining bendir til þess að allar virkjanir norðan jökla gætu skapað forsendu fyrir orkufrekum og atvinnuskapandi iðnaði á landsbyggðinni.

Tafla 5.7 Mat faghóps III (með samanburðarvirkjunum)
-raðað eftir vísitölu heildarhagnaðar.

Nr.	Virkjun	Vísitala heildarhagnaðar	Bein nýting jarðvarma	Nýting afgangsvarma	Mikilvægi ferðaþjónustu	Áhrif á ferðaþjónustu	Nýting orku á landsbyggð	Tengikostnaður
7	Jökulsá á Fjöllum	10,0			xxxx		x	Miðlungs
(8)	Kárahnjúkavirkjun	9,1			xx	+	x	Miðlungs)
(9)	Fljótsdalsvirkjun	3,3			xx	+	x	Lítill)
14	Skaftárveita ¹⁵	2,2			x			Lítill
10	Skaftárvirkjun	1,8			xxx	0		Miðlungs
30	Reykjanes	1,8	x	x	óþekkt	+		Lítill
52	Krafla Vestursvæði	1,4		x	0	0	x	Lítill
43	Hágöngusvæði	1,4			ath.			Lítill
(15)	Norðlingaölduveita (575 m)	1,4						Lítill)
17	Núpsvirkjun a	1,2			0	0		Lítill
18	Núpsvirkjun b	1,1			0	0		Lítill
19	Urriðafossvirkjun	1,1			0	0		Lítill
5	Hrafnabjargavirkjun a	1,1			0	0	x	Lítill
35	Austurengjar (Krýsuvík)	1,0	x	x	0	0		Lítill
48	Brennisteinsalda (Torfaj.)	1,0			xxxx	ath.		Miðlungs
36	Brennisteinsfjöll	1,0	x	x	0	0		Lítill
40	Grændalur (Hengill)	1,0	x	x	ath.	ath.		Lítill
47	Háuhverir (Torfajökull)	1,0			xxxx	ath.		Miðlungs
37	Hellisheiði (Hengill)	1,0	x	x	óþekkt	+		Lítill
38	Innstidalur (Hengill)	1,0		x	ath.	ath.		Lítill
53	Krafla - Leirhnjúkur	1,0		x	xx	-	x	Lítill
45	Reykjadalir austari	1,0			xxxx	ath.		Miðlungs
46	Reykjadalir (Kaldaklof)	1,0			xxxx	ath.		Miðlungs
44	Reykjadalir vestari	1,0				ath.		Miðlungs
32	Sandfell (Krýsuvík)	1,0	x	x	0	0		Lítill
34	Seltún (Krýsuvík)	1,0	x	x	0	0		Lítill
33	Trölladyngja (Krýsuvík)	1,0		x	x	0	0	Lítill
49	Þeistareykir	1,0	x	x	0	0	x	Miðlungs
41	Þverárdalur (Hengill)	1,0	x	x	ath.	ath.		Lítill
42	Ölkelduháls (Hengill)	1,0	x	x	ath.	ath.		Lítill
1	Skatastaðavirkjun a	0,8			xx	+	x	Mikill
2	Skatastaðavirkjun b	0,8			xx	+	x	Mikill
50	Bjarnarflag	0,8	x	x	xxxx	+	x	Lítill
(39)	Nesjavellir - stækkun	0,8	x	x	óþekkt	+		Lítill)
11	Hólmsárvirkjun	0,7			0	0		Miðlungs
(51)	Krafla I - stækkun	0,7		x	0	0	x	Lítill)
13	Markarfljótsvirkjun b	0,7			xxxx	-		Mikill
(16)	Búðarhálsvirkjun	0,7			0	0		Lítill)
6	Hrafnabjargavirkjun b	0,7			0	0	x	Lítill
12	Markarfljótsvirkjun a	0,6			xxxx	-		Mikill
(31)	Svartsengi - stækkun	0,6	x	x	xxxx	0		Lítill)
(3)	Villinganesvirkjun	0,2			xx	-	x	Lítill)
4	Fljótshnúksvirkjun	-1,5			0	0	x	Lítill

¹⁵ Sjá nánar um áhrif Skaftárveitu í gr. 5.6.7 og hugsanleg efnahagsáhrif á bleikjueldi í byggð.

5.5 Mat faghóps IV

Hlutverk faghóps IV var að greina virkjunarkosti, meta orkugetu þeirra og stofn- og rekstrarkostnað. Hópurinn sótti upplýsingar í fyrirbyggjandi virkjunarskýrslur og beint til verkfræðistofa og orkufyrirtækja eða til Orkustofnunar. Þær meginstærðir, sem hópurinn notar, eru orkugeta, stofnkostnaður og vísitölur um heildarhagnað og arðsemi. Eðlismunur er á vatnsaflsvirkjunum og jarðvarmavirkjunum en samt var reynt að gera forsendur sambærilegar eftir því sem eðli máls leyfði.

Í töflu 5.8 er að finna helstu kennistærðir sem faghópur IV hefur tekið saman um virkjunarhugmyndirnar. Hugmyndunum er raðað í töflunni eftir vísitölu heildarhagnaðar. Í 1. dálki er auðkennisnúmer virkjunar, í 2. dálki vinnuheiti hennar, síðan orkugeta (GWh/ár), stofnkostnaður á orkueiningu (kr/(kWh/ár)), þá vísitala núvirts heildarhagnaðar yfir 50 ára rekstrartíma, hlutfall arðsemi reiknað út frá hlutfalli núvirts heildarhagnaðar og stofnkostnaðar, þá afkastavextir og vísitala arðsemi. Í síðasta dálki er gefið til kynna hvort tengikostnaður gæti orðið mikill, miðlungs eða lítill.

Mikil stærðarmunur er á virkjunum og orkugetu þeirra, eða frá 4.670 GWh á ári í Kárahnjúkavirkjun niður í 140 GWh á ári í stækkun Svartsengisvirkjunar. Orkugeta vatnsaflsvirkjana ræðst af rennsli vatnsfallanna og möguleikum á miðlun þess yfir árið. Í jarðvarmavirkjunum er almennt gert ráð fyrir 120 MW á hverjum virkjunarstað og þar með 840 GWh/ár miðað við 7.000 stunda sölu á forgangsorku á ári. Undantekning er Bjarnarflag þar sem afl virkjunar er reiknað 80 MW og stækkanir núverandi virkjana.

Við útreikning á heildarhagnaði er gert ráð fyrir að allar virkjanir selji forgangsorku á sama verði sem er 1,7 kr/kWh. Í 50 ára rekstri eru rekstrargjöld hvers árs, 0,8% í vatnsafl og 2% í jarðvarma, dregin frá sölutekjum hvers árs og mismunur núvirtur með 5,5% vöxtum til fyrsta rekstrardags. Á sama hátt er stofnkostnaður, sem fellur til á mismunandi tíma, núvirtur til fyrsta rekstrardags og dreginn frá núvirtum nettótekjum. Mismunurinn er skilgreindur sem núvirtur heildarhagnaður af rekstri virkjunar. Mestur núvirtur heildarhagnaður virkjunar er látinn samsvara 10 í vísitölu heildarhagnaðar og aðrar virkjanir fá vísitölu í hlutfalli við það. Þar sem stofnkostnaður á orkueiningu er svipaður fyrir flestar virkjanir í þessu safni og forsendur um rekstrarkostnað og orkuverð hinar sömu fyrir hvora gerð virkjana, vatnsafl og jarðvarma, endurspeglar vísitala heildarhagnaðar fyrst og fremst stærð virkjana í hvorri gerð. Kárahnjúkavirkjun og Jökulsá á Fjöllum gnæfa yfir aðra kosti vegna stærðar. Aðeins ein virkjun í þessu safni, Fljótshnjúksvirkjun, er með tap á rekstri miðað við það verð forgangsorku og ávöxtunarkröfu fjár sem notuð eru í reikningum.

Hlutfall arðsemi sýnir hlutfall núvirts heildarhagnaðar og stofnkostnaðar virkjunar. Það dregur skýrt fram hagkvæmni Skaftárveitu. Afkastavextir sýna þá hæstu ávöxtunarkröfu sem virkjunin gæti staðið undir án þess að núvirtur heildarhagnaður verði neikvæður. Þar er Skaftárveita einnig langhæst en lægst er Fljótshnjúksvirkjun sem þolir aðeins 2,6% vexti á því orkuverði sem reiknað er með. Vísitala arðsemi er reiknuð á þann hátt að afkastavextir Skaftárveitu gefa vísitölu 10 en vextir annarra virkjana gefa þeim vísitölu í hlutfalli við það. Líklegt er að vatnsaflsvirkjanir með vísitölu arðsemi 4 og yfir séu marktækt arðsamari en virkjanir með vísitölu nærri 3.

Stækkanir núverandi virkjana í Svartsengi, Kröflu og á Nesjavöllum eru vel arðsamari.

Í töflu 5.8 eru virkjanir á Reykjanesi, Hágöngusvæði, í Bjarnarflagi og á Kröflu - Vestursvæði sýndar með nokkru lægri stofnkostnað á orkueiningu og þar með meiri arðsemi en staðalvirkjun¹⁶ jarðhita. Þar höfðu orkufyrirtækin rök fyrir lægri kostnaði vegna nálægðar við aðrar virkjanir eða vegna sérstakra skilyrða. Sama mundi væntanlega gilda um þær virkjanir á stærri jarðhitasvæðunum sem byggðar yrðu eftir að fyrsta virkjun væri komin á svæðið. Munurinn á virkjunum á Reykjanesi, Hágöngusvæði, í Bjarnarflagi og á Kröflu - Vestursvæði annars vegar og staðalvirkjun hins vegar er því ekki marktækur. Miklu meira máli gæti skipt nálægð við markað sem gæti nýtt varma beint eða afgangsvarma frá raforkuverinu. Þau skilyrði eru líklegri á jarðhitasvæðum nærri byggð eða höfn en á svæðum inni á miðju hálendi. Arðsemi jarðvarmavirkjana reiknast svipuð og þeirra vatnsaflsvirkjana sem hér eru metnar en hún gæti orði verulega meiri þegar aðstæður eru til fjölþættari nota jarðhitans með raforkuvinnslunni.

Það vekur athygli að lítil sem engin fylgni er á milli orkugetu og arðsemi fjármagns (fylgnistuðull er 0,01) þannig að lítil stærðarhagkvæmni virðist vera fyrir hendi í þessu úrtaki virkjana.

Í flestum tilfellum er tengikostnaður lítil og á aðeins tveimur virkjunarsvæðum, Skatastaðavirkjun í Skagafirði og í Markarfljóti, er talið að tengikostnaður verði mikill.

5.6 Flokkun verkefnisstjórnar

5.6.1 Kennistærðir faghóps IV

Til að átta sig á helstu kennistærðum faghóps IV hefur verkefnisstjórn teiknað myndir sem hér fara á eftir með skýringum. Virkjunarhugmyndir í vatnsafla eru auðkenndar með númerum 1-19 en jarðvarmavirkjanir með 30-53, sbr. töflu 5.8. Reikna má með að í þessu safni séu flestir hagstæðustu kostir, sem völ er á í vatnsafla og að flestar þær hugmyndir í vatnsafla, sem eftir er að meta, verði hlutfallslega dýrari og að jafnaði með minni orkugetu.

Sá munur, sem fram kom í mati á stofnkostnaði nýrra jarðvarmavirkjana í töflu 5.8, var ekki talinn marktækur. Þess vegna er stofnkostnaður þeirra hér settur jafn stofnkostnaði staðalvirkjunar og táknaður með punkti sem merktur er S á myndunum. Auk þess eru sýndir punktar fyrir stækkanir núverandi jarðvarmavirkjana í Svartsengi (31), á Nesjavöllum (39) og í Kröflu (51).

Stofnkostnaður þeirra virkjana, sem hér eru til umfjöllunar, er með allmikilli óvissu, einkum í þeim hugmyndum sem skammt eru þróaðar. Á mynd 5.2 er stofnkostnaður á orkueiningu teiknaður á móti orkugetu. Í þessum hópi virkjana gætir stærðarhagkvæmni lítið. Skaftárveita (14), stækkanir núverandi jarðvarmavirkjana (31, 39 og 51) og Norðlingaölduveita (575 m) (15) eru ódýrari en aðrir kostir og Fljótshnjúksvirkjun (4) dýrari. Þar fyrir utan má í vatnsafla greina nokkra lækkun stofnkostnaðar á orkueiningu með vaxandi orkugetu. Staðalvirkjun jarðhita er svipuð í stofnkostnaði á orkueiningu og stærstu vatnsaflsvirkjanirnar.

¹⁶ Sjá lýsingu á staðalvirkjun í viðauka b6.

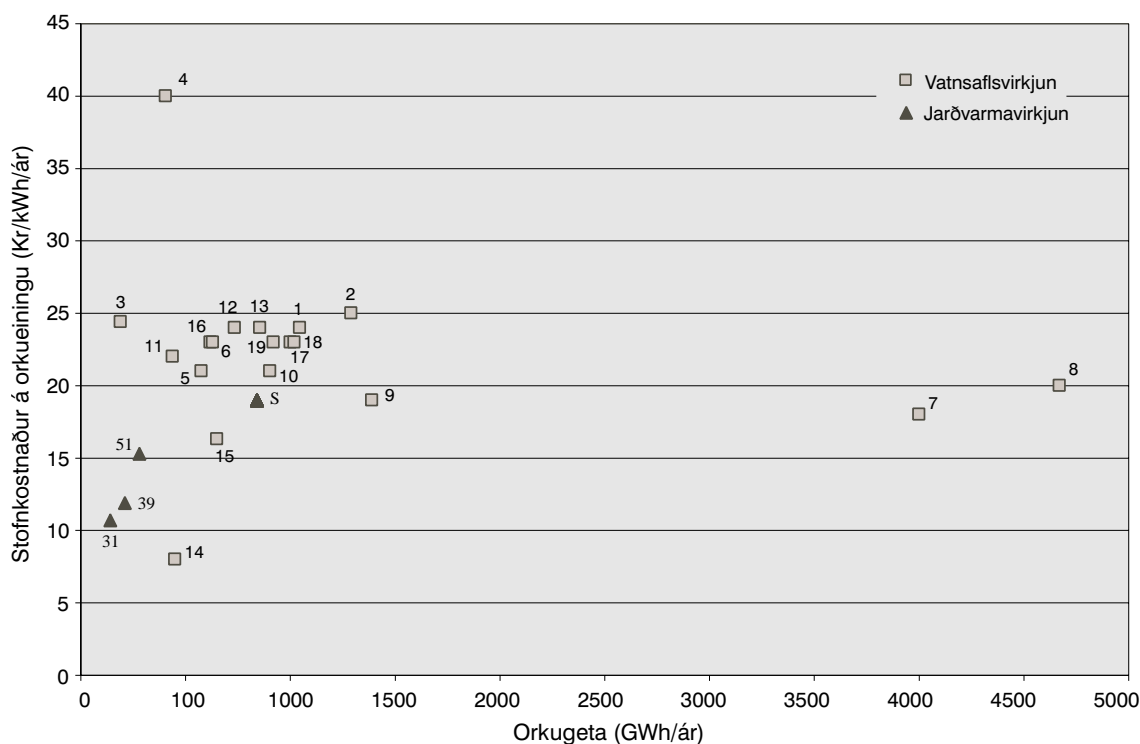
Tafla 5.8 Kennistærðir virkjunarhugmynda (með samanburðarvirkjunum)
 Raðað er eftir vísitölu heildarhagnaðar.

Nr.	Nafn virkjunarstaðar	Orkugeta GWh/ári	Stofnkostn. á orkuein. (kr/kWh/ári)	Vísitala heildar- hagnaðar	Hlutfall arðsemi	Afkasta vextir %	Vísitala arðsemi	Umfang tengi- kostnaðar
7	Jökulsá á Fjöllum	4.000	18,4	10,00	145	9,5	4,6	Miðlungs
8	Kárahnjúkavirkjun	4.670	20,0	9,28	105	8,3	4,0	Miðlungs
9	Fljótsdalsvirkjun	1.390	18,9	3,35	135	9,1	4,4	Lítill
14	Skaftárveita	450	8,2	2,18	630	20,5	10,0	Lítill
30	Reykjanes	840	16,7	1,79	136	9,1	4,4	Lítill
10	Skaftárvirkjun	904	20,5	1,74	99	8,2	4,0	Miðlungs
43	Hágöngusvæði	840	17,7	1,49	106	8,3	4,0	Lítill
52	Krafla - Vestursvæði	840	17,8	1,39	99	8,1	4,0	Lítill
15	Norðlingaölduveita (575 m)	650	16,3	1,38	139	8,6	4,2	Lítill
17	Núpsvirkjun a	1.001	22,7	1,26	59	7,1	3,5	Lítill
18	Núpsvirkjun b	1.019	23,1	1,16	53	7,0	3,4	Lítill
32	Sandfell	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
33	Trölladyngja	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
34	Seltún	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
35	Austurengjar	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
36	Brennisteinsfjöll	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
37	Hellisheiði	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
38	Innstidalur	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
40	Grændalur	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
41	Þverárdalur	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
42	Ölkelduháls	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
44	Reykjadalir vestari	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Miðlungs
45	Reykjadalir austari	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Miðlungs
46	Reykjadalir (Kaldaklof)	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Miðlungs
47	Háuhverir	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Miðlungs
48	Brennisteinsalda	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Miðlungs
49	Þeistareykir	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Miðlungs
53	Krafla - Leirhnjúkur	840	19,0	1,08	72	7,4	3,6	Lítill
19	Urriðafossvirkjun	920	23,2	1,06	53	7,0	3,4	Lítill
5	Hrafnabjargarvirkjun a	575	21,2	1,03	90	8,0	3,9	Lítill
50	Bjarnarflag	560	18,3	0,82	85	7,8	3,8	Lítill
1	Skatastaðavirkjun a	1.046	24,5	0,77	32	6,4	3,1	Mikill
39	Nesjavellir - stækkun	210	11,9	0,76	322	14,5	7,1	Lítill
2	Skatastaðavirkjun b	1.290	25,0	0,73	24	6,2	3,0	Mikill
16	Búðarhálsvirkjun	630	23,2	0,72	52	6,8	3,3	Lítill
51	Krafla I - stækkun	280	15,3	0,70	175	9,9	4,8	Lítill
6	Hrafnabjargavirkjun b	618	23,3	0,70	52	6,9	3,4	Lítill
13	Markarsfljótsvirkjun b	855	24,4	0,70	35	6,5	3,2	Mikill
11	Hólmsársvirkjun	438	22,0	0,67	74	7,5	3,7	Miðlungs
12	Markarsfljótsvirkjun a	735	23,7	0,59	36	6,4	3,1	Mikill
31	Svartsengi- stækkun	140	10,7	0,57	401	16,7	8,1	Lítill
3	Villinganesvirkjun	190	24,4	0,18	41	6,7	3,3	Lítill
4	Fljótshnúksvirkjun	405	40,3	-1,49	-97	2,6	1,3	Lítill

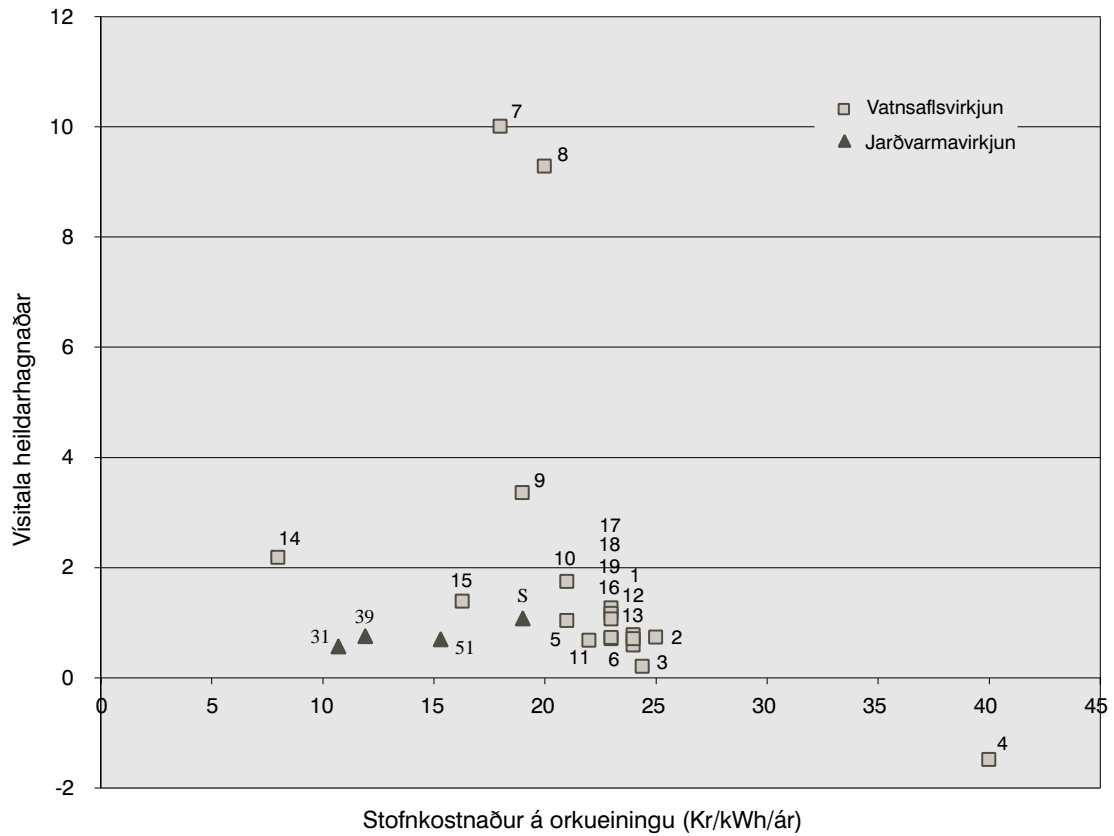
Á mynd 5.3 er vísitala núvirts heildarhagnaðar teiknuð á móti stofnkostnaði á orku-einingu. Hér skera Jökulsá á Fjöllum og Kárahnjúkavirkjun sig úr með háan heildarhagnað vegna mikillar orkugetu. Að sama skapi er vísitala heildarhagnaðar af stækkun jarðvarmavirkjana lág vegna lítillar orkugetu stækkunarinnar. Að öðru leyti má greina fallandi vísitölu heildarhagnaðar með vaxandi stofnkostnaði á orkueiningu.

Mynd 5.4 sýnir vísitölu arðsemi sem fall af stofnkostnaði á orkueiningu. Arðsamastar eru Skaftárveita (14) og stækkanir jarðvarmavirkjana (31, 39 og 51). Vísitala arðsemi lækkar línulega með vaxandi stofnkostnaði á orkueiningu. Greina má tvo flokka. Annars vegar eru veiturnar og stækkanir jarðvarmavirkjana sem skera sig úr með lægri stofnkostnað á orkueiningu og hærri arðsemi. Hins vegar vatnsaflsvirkjanirnar með öllu hærri stofnkostnað og miðlungsarðsemi. Þar eru Jökulsá á Fjöllum (7), Fljótsdalsvirkjun (9) og Kárahnjúkavirkjun (8) efstar í arðsemi en Skatastaðavirkjun (2) og Fljótshnjúksvirkjun (4) neðstar. Staðalvirkjun jarðvarma er með miðlungsarðsemi en lægri stofnkostnað á orkueiningu en flestar vatnsaflsvirkjanir.

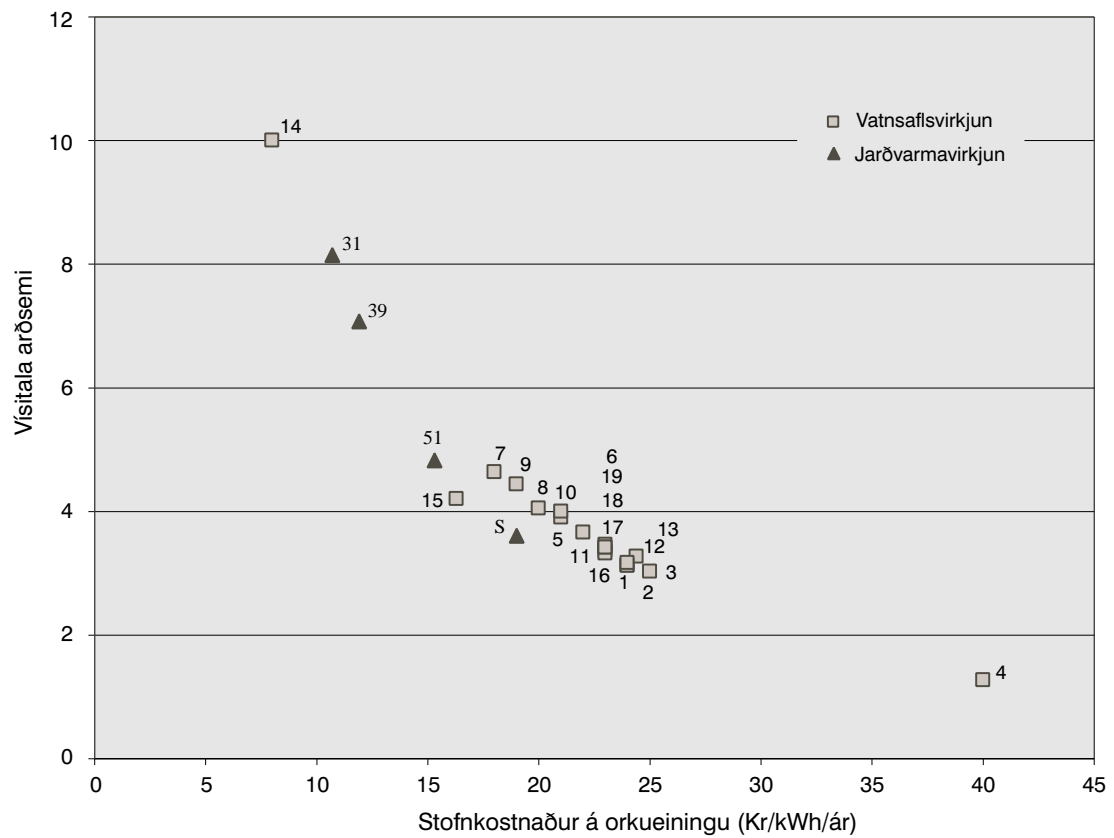
Á mynd 5.5 er vísitala heildarhagnaðar teiknuð á móti vísitölu arðsemi. Myndin sýnir vel eðlismun á þessum vísitölum. Jökulsá á Fjöllum (7) og Kárahnjúkavirkjun (8) yfirgnæfa í vísitölu heildarhagnaðar vegna stærðar en Skaftárveita (14) og stækkanir jarðvarmavirkjana (31, 39 og 51) eru arðsamastar þrátt fyrir miðlungshagnað.



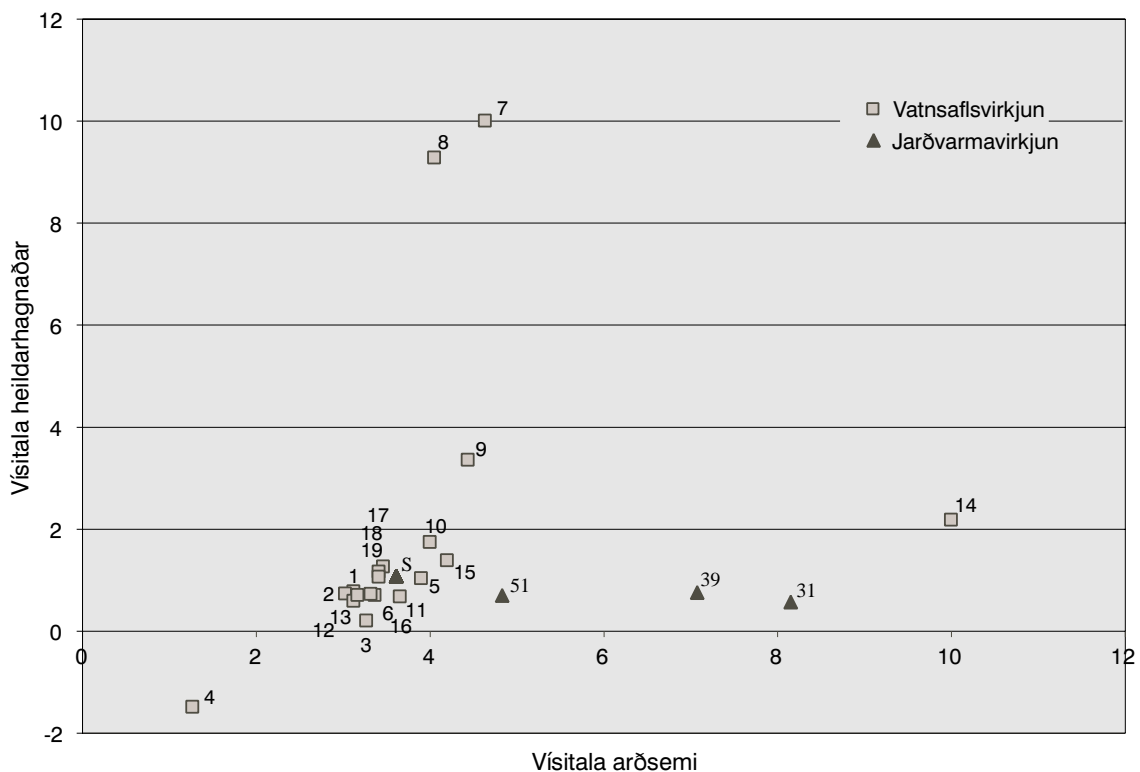
Mynd 5.2 Stofnkostnaður á orkueiningu miðað við orkugetu



Mynd 5.3 Vísitala heildarhagnaðar miðað við stofnkostnað á orkueiningu



Mynd 5.4 Vísitala arðsemi miðað við stofnkostnað á orkueiningu



Mynd 5.5 Vísitala heildarhagnaðar miðað við vísitölu arðsemi

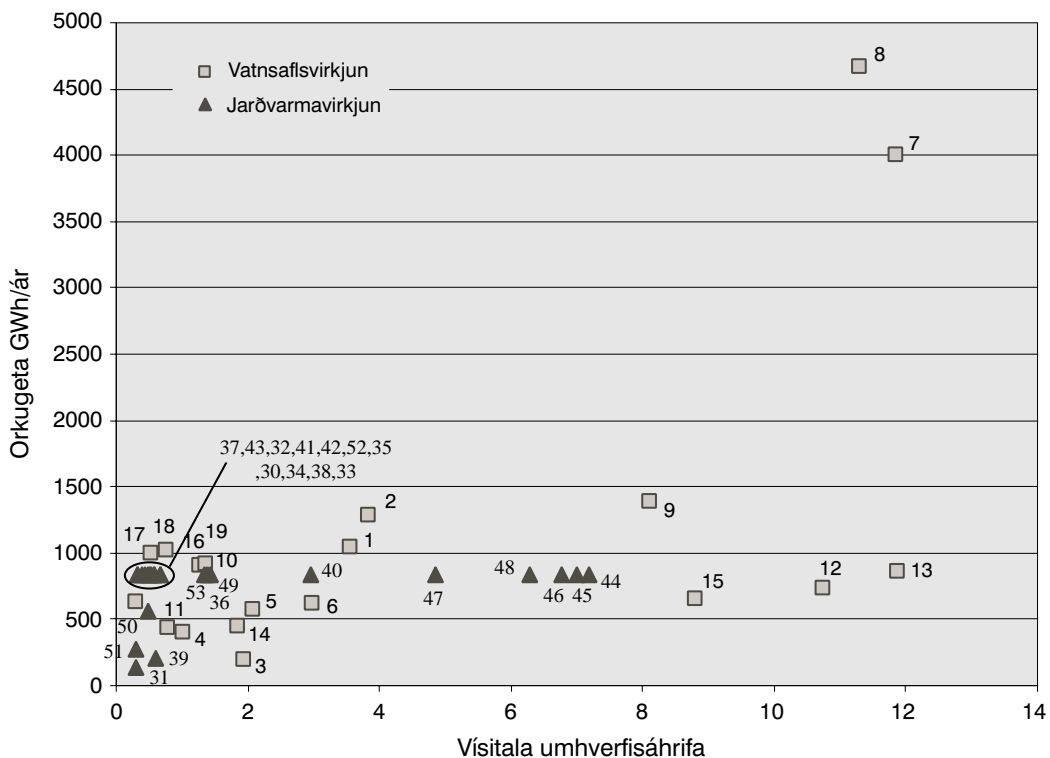
5.6.2 Kennistærðir og umhverfisáhrif

Næstu myndir bera niðurstöður faghóps IV saman við niðurstöður faghópa I og II. Notaðar eru AHP-einkunnir um vísitölu umhverfisáhrifa úr takmarkaða safninu (sjá töflu 2.2 í viðauka b2). Þar sem æskilegt er að samanburðarvirkjanir séu hér með líkt og í myndum 5.2-5.5 voru þeim áætlaðar AHP-einkunnir á þessum kvarða út frá stöðu þeirra á kvarðanum um allar virkjanir í töflu 2.1 í viðauka b2.

Á mynd 5.6 er orkugeta teiknuð á móti vísitölu umhverfisáhrifa. Hér eru jarðvarmavirkjanir sýndar hver fyrir sig enda er munur á nýjum jarðvarmavirkjunum í vísitölu umhverfisáhrifa þótt kostnaðartölur þeirra séu svipaðar. Mikil umhverfisáhrif virkjunar Jökulsár á Fjöllum (7) og Kárahnjúkavirkjunar (8) má að hluta skýra með umfangi þeirra. Sú skýring á ekki við um Markarfljótsvirkjanir (12 og 13), Fljótsdalsvirkjun (9) og Norðlingaölduveitu (575 m) (15) sem hafa mun meiri umhverfisáhrif en Skatastaðavirkjanir (1 og 2), Hrafnabjargavirkjanir (5 og 6) og Skaftárveita (14). Af jarðvarmavirkjunum skera virkjunarstaðir á Torfajökulssvæði (44, 45, 46, 47 og 48) sig úr með meiri umhverfisáhrif en aðrar jarðvarmavirkjanir. Grændalur (40) á Hengilssvæði er einnig með hærri vísitölu umhverfisáhrifa en aðrir virkjunarstaðir á Hengilssvæði og jarðvarmavirkjanir almennt.

Rétt er að hafa í huga að vísitölur umhverfisáhrifa eru hlutfallstölur sem sýna hvort áhrif einnar virkjunar eru talin meiri en annarrar en kvarðinn er ekki línulegur. Ef önnur þrep hefðu verið notuð í einkunnagjöf gætu þau hafa gefið aðrar tölur á kvarðanum en innbyrðis röðun virkjana hefði þó ekki breyst. Af þessum sökum mundi summa umhverfis-

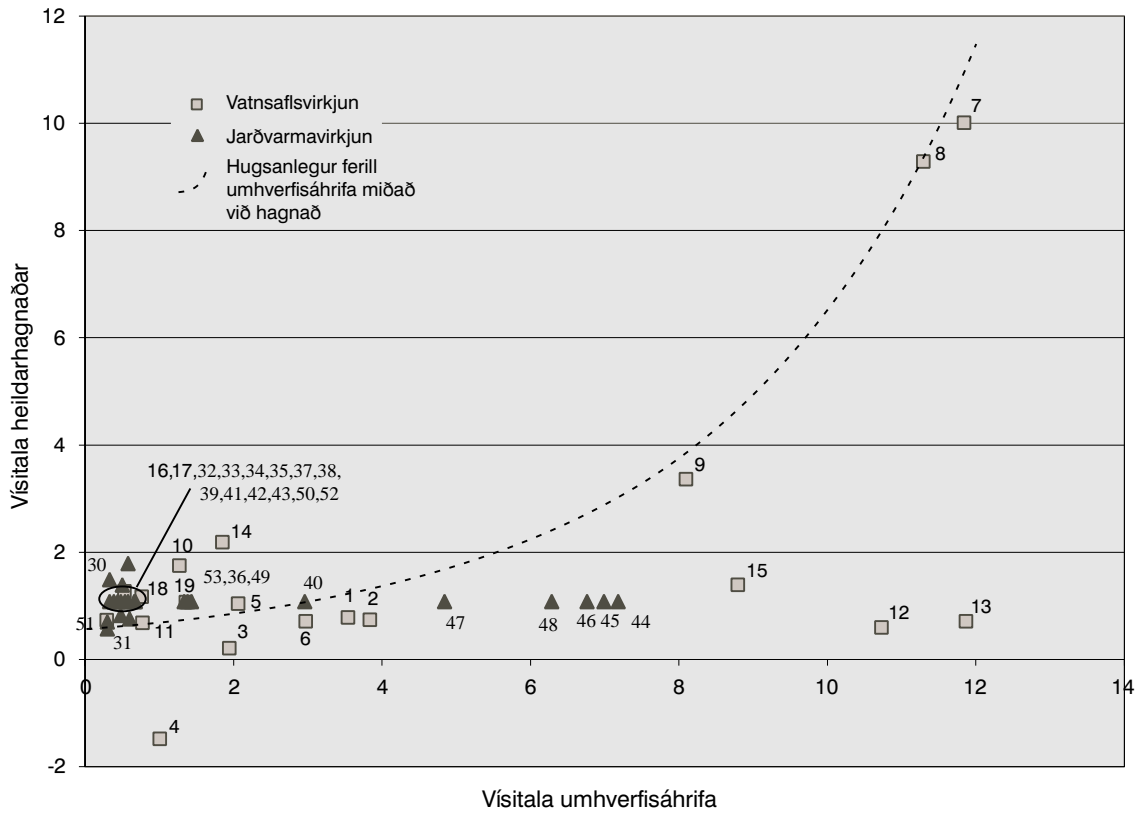
einkunna tveggja virkjana ekki verða réttur mælikvarði á umhverfisáhrif sem fylgdu því að byggja báðar virkjanirnar. Eins væri vísitala umhverfisáhrifa deild með orkugetu virkjunar ekki nothæfur mælikvarði þótt líklegt sé að umhverfisáhrif stórrar virkjunar verði minni en samanlögð áhrif margra virkjana sem hefðu samanlagt sömu orkugetu og sú stóra. Til að ná orkugetu Kárahnjúkavirkjunar (8) þyrfti t.d. 6-8 smærri virkjanir úr safninu. Í stað þess að leggja hlutfallstölur þessara virkjana saman til að reikna heildaráhrif þess að þær yrðu allar byggðar yrði að gera nýtt mat á samanlögðum umhverfisáhrifum þess að byggja allar virkjanirnar.



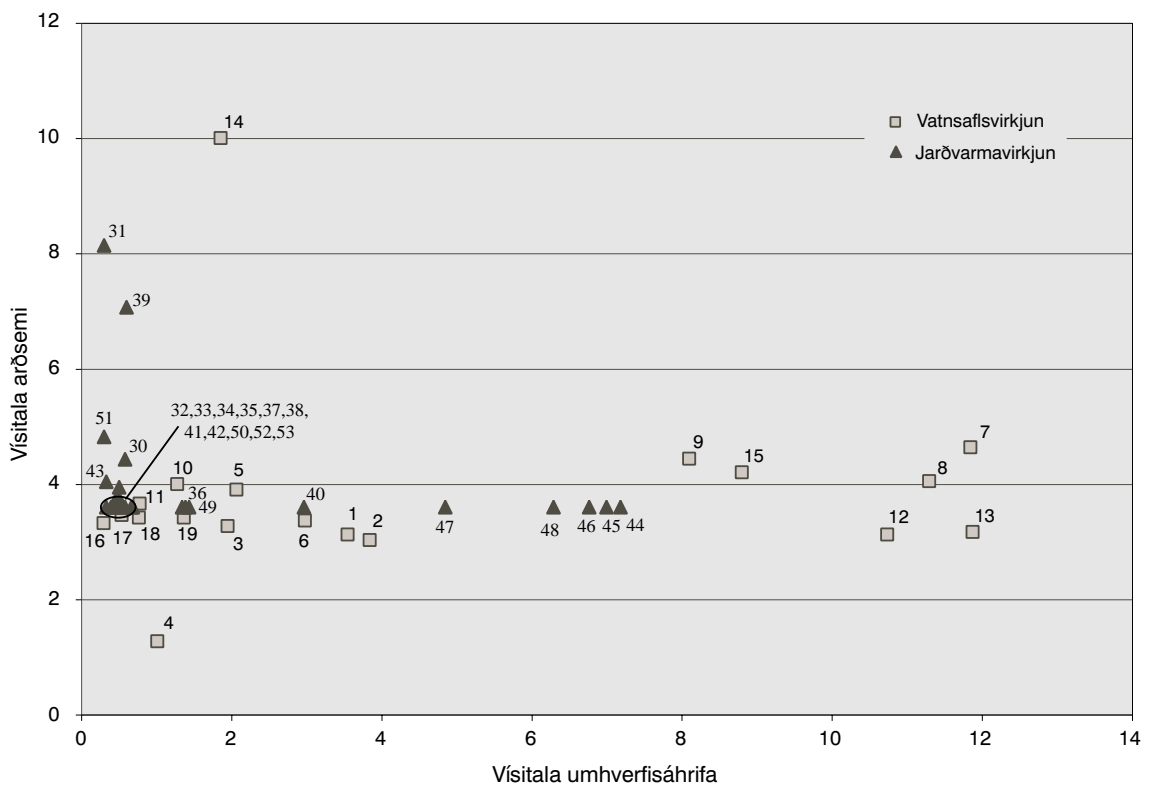
Mynd 5.6 Orkugeta miðað við vísitölu umhverfisáhrifa

Á mynd 5.7 er vísitala heildarhagnaðar teiknuð á móti vísitölu umhverfisáhrifa. Vegna stærðar skila Kárahnjúkavirkjun (8) og virkjun Jökulsár á Fjöllum (7) mestum heildarhagnaði. Miðað við núvirtan heildarhagnað og umhverfisáhrif koma Kárahnjúkavirkjun (8) og virkjun Jökulsár á Fjöllum (7) svipað út. Ferill, sem sýndi ásættanlegan vöxt í umhverfisáhrifum miðað við ávinning í heildarhagnaði, mundi sveigjast upp á við eftir því sem umhverfisáhrif verða meiri, líkt og ferillinn á myndinni sýnir. Þeir kostir sem liggja neðan við ferilinn yrðu þeim mun síðri sem þeir liggja fjær honum. Samkvæmt því væru Markarfljótsvirkjanir (12 og 13) sístar með tilliti til umhverfisáhrifa og heildarhagnaðar, þar næst kæmu Fljótshnúksvirkjun (4) og Norðlingaölduveita (575 m) (15) í vatnsafla en Torfajökulssvæðið í jarðvarma. Ákjósanlegastar væru hins vegar virkjanir sem lögju ofan við ferilinn og hefðu sem minnst umhverfisáhrif.

Á mynd 5.8 er vísitala arðsemi teiknuð á móti umhverfisáhrifum. Vísitalan er vís-



Mynd 5.7 Vísitala heildarhagnaðar miðað við vísitölu umhverfisáhrifa
 (Sýndur er hugsanlegur ferill fyrir ásættaleg umhverfisáhrif miðað við hagnað)



Mynd 5.8 Vísitala arðsemi miðað við vísitölu umhverfisáhrifa

bending um hve hratt fjárfesting í virkjuninni mundi skila sér. Skaftárveita (14) skilar langmestri arðsemi ásamt stækkunum í Svartsengi (31) og á Nesjavöllum (39), og hefur tiltölulega lítil umhverfisáhrif.¹⁷ Að öðru leyti er arðsemi virkjana í safninu svipuð en umhverfisáhrif mjög misjöfn. Virkjun Jökulsár á Fjöllum (7), Kárahnjúkavirkjun (8), Markarfljótsvirkjanir (12 og 13), Fljótsdalsvirkjun (9) og Norðlingaölduveita (575m) (15) hafa mikil umhverfisáhrif. Sama má segja um virkjanir á Torfajökulssvæðinu (44, 45, 46, 47, 48) og Grændal (40) á Hengilssvæði í samanburði við aðrar jarðvarmavirkjanir.

5.6.3 Flokkun verkefnisstjórnar á virkjunarhugmyndum

Eins og fram hefur komið eru niðurstöður faghópa margþættar og auk þess er fjöldi virkjunarhugmynda sem til mats eru teknar í 1. áfanga mikill, 35 nýjar hugmyndir auk 8 samanburðarvirkjana. Verkefnisstjórnin hefur leitað leiða til að einfalda yfirlit yfir niðurstöður faghópanna og draga ályktanir af þeim. Ákveðið var að flokka virkjunarhugmyndir eftir vísitölu umhverfisáhrifa, vísitölu heildarhagnaðar og vísitölu arðsemi og skipa virkjunarhugmyndunum í fimm flokka eftir hverri vísitölu. Skil milli flokka eru ekki sjálfgefin en þau voru valin þar sem greinilegt stökk kemur fram í vísitölum innan hópsins eða þar sem eðlileg skil eru af öðrum ástæðum.

Tafla 5.9 sýnir þau bil sem notuð voru til að afmarka flokk hverrar vísitölu.

Tafla 5.9 Flokkar eftir vísitölum

Flokkur	Vísitala umhverfisáhrifa	Vísitala heildarhagnaðar	Vísitala arðsemi
a	0 - 0,9	10 - 5	10 - 5
b	1,0 - 2,4	4,9 - 1,15	4,9 - 4,0
c	2,5 - 3,9	1,14 - 0,9	3,9 - 3,4
d	4,0 - 7,9	0,8 - 0,0	3,3 - 2,0
e	≥ 8	< 0	< 2

5.6.3.1 Flokkun eftir vísitölu umhverfisáhrifa

Vísitala umhverfisáhrifa er vegið meðaltal af AHP-einkunnum faghópa I og II þar sem álit faghóps I vegur tvöfalt á við álit faghóps II. Í töflu 5.10 er sýnd flokkun eftir þeirri vísitölu. Alls falla virkjunarhugmyndir með orkugetu 11.200 GWh/ár í flokk a. Þetta eru Núpsvirkjun a (1.001 GWh/ár) fremur en Núpsvirkjun b (1.019) og Hólmsárvirkjun (438 GWh/ár) í vatnsafla en hitt allt jarðvarmavirkjanir raðað eftir vaxandi umhverfisáhrifum: Hágöngusvæði, Hellisheiði, Sandfell, Þverárdalur, Ölkelduháls, Bjarnarflag, Krafla-Vestursvæði, Austurengjar, Seltún, Reykjanes, Innstidalur, Trölladyngja.

Í flokk b kemur orkugeta 5.800 GWh/ár. Þar eru Fljótshnúksvirkjun, Skaftárvirkjun, Urriðafossvirkjun, Skaftárveita og Hrafnabjargavirkjun a í vatnsafla og Krafla-Leirhnjúkur, Brennisteinsfjöll og Þeistareykir í jarðhita.

Í flokk c koma tvær virkjanir með 1.900 GWh/ár, Skatastaðavirkjun a og Grændalur

¹⁷ Sjá athugasemd um áhrif Skaftárveitu í gr. 5.6.7.

en auk þess Skatastaðavirkjun b og Hrafnabjargavirkjun b sem víkja fyrir tilhögun a um sama vatnsafl.

Í flokk d koma 4.200 GWh/ár á Torfajökulssvæði og í flokk e koma 4.700 GWh/ár, Markarfljót a og Jökulsá á Fjöllum en Markarfljót b vikur.

Fróðlegt er að aðgæta í hvaða flokk þær virkjanir hefðu fallið sem metnar voru til samanburðar. Þar þarf að hafa í huga að AHP-einkunnir eru ekki hinar sömu í heildarsafninu með samanburðavirkjunum og í takmarkaða safninu þar sem þær eru undanskildar. Flokkunin í töflu 5.10 notar AHP-einkunnir fyrir takmarkaða safnið. Ljóst er þó af samanburði á töflum 2.1 og 2.2 í viðauka b2 að Kárahnjúkavirkjun hefði fallið í flokk e, Fljótsdalsvirkjun og Norðlingaölduveita (575 m) í flokk d, Villinganesvirkjun í flokk b, og Búðarhálsvirkjun ásamt stækkunum í Kröflu, Svartsengi og á Nesjavöllum í flokk a.

5.6.3.2 Flokkun eftir vísitölu heildarhagnaðar

Í töflu 5.11 er virkjunarhugmyndunum skipt í flokka eftir vísitölu heildarhagnaðar. Heimilaðar virkjanir eru sýndar til samanburðar og flokkar umhverfisáhrifa í stað vísitölu. Nýjar jarðvarmavirkjanir eru allar settar með vísitölu heildarhagnaðar fyrir staðalvirkjun og falla því í flokk c. Alls eru þar teknar saman virkjanir á 20 stöðum með orkugetu 840 GWh/ári hver, auk 560 GWh/ár í Bjarnarflagi. Sumar þessara virkjana gætu reynst hagkvæmari vegna sérstakra aðstæðna, t.d. tækifæra til sölu á varma auk raforku. Það gæti orðið til að lyfta þeim í flokk b. Stækkanir núverandi jarðvarmavirkjana eru hins vegar settar inn með þeirri vísitölu heildarhagnaðar sem faghópur IV reiknaði þeim enda er þar byggt á fenginni reynslu fyrri áfanga. Vegna smæðar stækkananna raðast þær í flokk d.

Jökulsá á Fjöllum og Kárahnjúkavirkjun falla hér í flokk a og yfirgnæfa aðrar virkjanir vegna stærðar. Í flokk b falla Fljótsdalsvirkjun og Núpsvirkjun en einnig smærri virkjanir svo sem Skaftárvirkjun og veiturnar við Norðlingaöldu og Skaftá. Urriðafossvirkjun og Hrafnabjargavirkjun a falla í flokk c með staðalvirkjun jarðhita en í flokk d Skatastaðavirkjun, Markarfljótsvirkjun og flestar smærri vatnsaflsvirkjanir.

5.6.3.3 Flokkun eftir vísitölu arðsemi

Í töflu 5.12 er flokkað eftir vísitölu arðsemi. Flokkar umhverfisáhrifa og heildarhagnaðar eru sýndir til samanburðar. Í flokki a eru arðsömustu virkjanirnar Skaftárveita og stækkanir í Svartsengi og á Nesjavöllum. Í flokki b eru stækkun í Kröflu, Jökulsá á Fjöllum, Fljótsdalsvirkjun, Norðlingaölduveita (575 m), Kárahnjúkavirkjun og Skaftárvirkjun. Í flokki c er staðalvirkjun jarðhita ásamt Hrafnabjargavirkjun, Hólmsárvirkjun, Núpsvirkjun og Urriðafossvirkjun. Í flokk d falla Búðarhálsvirkjun, Markarfljót, Villinganesvirkjun og Skatastaðavirkjun.

Tafla 5.10 Flokkar umhverfisáhrifa (án samanburðarvirkjana)

Virkjanir	Orkugeta GWh/ár	Samanlögð orkugeta GWh/ári	Vísitala umhverfis- áhrifa	Flokkar umhverfis- áhrifa	Vísitala heildar- hagnaðar	Vísitala arðsemi
Hágöngusvæði	840	840	0,33	a	1,49	4,0
Hellisheiði (Hengill)	840	1.680	0,33	a	1,08	3,6
Sandfell (Krýsuvík)	840	2.520	0,39	a	1,08	3,6
Þverárdalur (Hengill)	840	3.360	0,44	a	1,08	3,6
Ölkelduháls (Hengill)	840	4.200	0,48	a	1,08	3,6
Bjarnarflag	560	4.760	0,48	a	0,82	3,8
Krafla Vestursvæði	840	5.600	0,50	a	1,39	4,0
Austurengjar (Krýsuvík)	840	6.440	0,54	a	1,08	3,6
Núpsvirkjun a	1.001	7.441	0,54	a	1,26	3,5
Seltún (Krýsuvík)	840	8.281	0,58	a	1,08	3,6
Reykjanes	840	9.121	0,58	a	1,79	4,4
Innstidalur (Hengill)	840	9.961	0,66	a	1,08	3,6
Trölladyngja (Krýsuvík)	840	10.801	0,68	a	1,08	3,6
Núpsvirkjun b	1.019		0,77	a	1,16	3,4
Hólmsársvirkjun	438	11.239	0,78	a	0,67	3,7
Fljótshnjúksvirkjun	405	11.644	1,02	b	-1,49	1,3
Skaftárvirkjun	904	12.548	1,28	b	1,74	4,0
Krafla Leirhnjúkur	840	13.388	1,34	b	1,08	3,6
Urriðafossvirkjun	920	14.308	1,37	b	1,06	3,4
Brennisteinsfjöll	840	15.148	1,38	b	1,08	3,6
Þeistareykir	840	15.988	1,43	b	1,08	3,6
Skaftárveita ¹⁸	450	16.438	1,86	b	2,18	10,0
Hrafnabjargavirkjun a	575	17.013	2,07	b	1,03	3,9
Grændalur (Hengill)	840	17.853	2,96	c	1,08	3,6
Hrafnabjargavirkjun b	618		2,98	c	0,70	3,4
Skatastaðavirkjun a	1.046	18.899	3,55	c	0,77	3,1
Skatastaðavirkjun b	1.290		3,85	c	0,73	3,0
Háuhverir (Torfajökull)	840	19.739	4,84	d	1,08	3,6
Brennisteinsalda	840	20.579	6,29	d	1,08	3,6
Reykjadalir (Kaldaklof)	840	21.419	6,76	d	1,08	3,6
Reykjadalir (Austur)	840	22.259	6,99	d	1,08	3,6
Reykjadalir (Vestur)	840	23.099	7,18	d	1,08	3,6
Markarfljót a	735	23.834	10,74	e	0,59	3,1
Jökulsá á Fjöllum	4.000	27.834	11,85	e	10,00	4,6
Markarfljót b	855		11,88	e	0,70	3,2

¹⁸ Sjá nánar um áhrif Skaftárveitu í gr. 5.6.7.

Tafla 5.11 Flokkar heildarhagnaðar (með samanburðarvirkjunum)

	Orkugeta GWh/ár	Flokkar umhverfis- áhrifa	Vísitala heildar- hagnaðar	Flokkar heildar- hagnaðar	Vísitala arðsemi
Virkjanir					
Jökulsá á Fjöllum	4.000	e	10,00	a	4,6
Kárahnjúkavirkjun	4.670	e	9,28	a	4,0
Fljótsdalsvirkjun	1.390	d	3,35	b	4,4
Skaftárveita	450	b	2,18	b	10,0
Skaftárvirkjun	904	b	1,74	b	4,0
Norðlingaölduveita (575m)	650	d	1,38	b	4,2
Núpsvirkjun a	1.001	a	1,26	b	3,5
Núpsvirkjun b	1.019	a	1,16	b	3,4
Staðalvirkjun jarðhita	17.360	a-d	1,08	c	3,6
Urriðafossvirkjun	920	b	1,06	c	3,4
Hrafnabjargavirkjun a	575	b	1,03	c	3,9
Skatastaðavirkjun a	1.046	c	0,77	d	3,1
Nesjavellir - stækkun	210	a	0,76	d	7,1
Skatastaðavirkjun b	1.290	c	0,73	d	3,0
Búðarhálsvirkjun	630	a	0,72	d	3,3
Hrafnabjargavirkjun b	618	c	0,70	d	3,4
Markarfljót b	855	e	0,70	d	3,2
Krafla I stækkun	280	a	0,70	d	4,8
Hólmsársvirkjun	438	a	0,67	d	3,7
Markarfljót a	735	e	0,59	d	3,1
Svartsengi - stækkun	140	a	0,57	d	8,1
Villinganesvirkjun	190	b	0,18	d	3,3
Fljótshnúksvirkjun	405	b	-1,49	e	1,3

Tafla 5.12 Flokkar arðsemi (með samanburðarvirkjunum)

	Orkugeta GWh/ár	Flokkar umhverfis- áhrifa	Flokkar heildar- hagnaðar	Vísitala arðsemi	Flokkar arðsemi
Virkjanir					
Skaftharveita	450	b	b	10,0	a
Svartsengi - stækkun	140	a	d	8,1	a
Nesjavellir - stækkun	210	a	d	7,1	a
Krafla I stækkun	280	a	d	4,8	b
Jökulsá á Fjöllum	4.000	e	a	4,6	b
Fljótsdalsvirkjun	390	d	b	4,4	b
Norðlingaölduveita (575m)	650	d	b	4,2	b
Kárahnjúkavirkjun	4.670	e	a	4,0	b
Skaftharvirkjun	904	b	b	4,0	b
Hrafnabjargavirkjun a	575	b	c	3,9	c
Hólmsárvirkjun	438	a	d	3,7	c
Staðalvirkjun jarðhita	17.360	a-d	c	3,6	c
Núpsvirkjun a	1.001	a	b	3,5	c
Núpsvirkjun b	1.019	a	b	3,4	c
Urriðafossvirkjun	920	b	c	3,4	c
Hrafnabjargavirkjun b	618	c	d	3,4	c
Búðarhálsvirkjun	630	a	d	3,3	d
Villinganesvirkjun	190	b	d	3,3	d
Markarfljót b	855	e	d	3,2	d
Skatastaðavirkjun a	1.046	c	d	3,1	d
Markarfljót a	735	e	d	3,1	d
Skatastaðavirkjun b	1.290	c	d	3,0	d
Fljótsahnjúksvirkjun	405	b	e	1,3	e

5.6.4 Einfaldaðar niðurstöður flokkunar

Í töflu 5.13 eru niðurstöður flokkunar eftir vísitölum umhverfisáhrifa, heildarhagnaðar og arðsemi dregnar saman. Í 4. dálki tákna fyrsti bókstafur flokk umhverfisáhrifa (U), næsti flokk heildarhagnaðar (H) og hinn síðasti flokk arðsemi (A). Efst er raðað virkjunarhugmyndum með minnst umhverfisáhrif (a), síðan (b) o.s.frv. Innan flokks minnstu umhverfisáhrifa (a) koma efst þær virkjanir sem hafa hagstæðasta flokkun heildarhagnaðar eða arðsemi. Á svipaðan hátt mætti draga niðurstöðurnar saman þar sem efst væri raðað virkjunum með hagstæðasta flokk heildarhagnaðar eða arðsemi eins og gert er í töflum 3 og 4. Þar skortir hins vegar gögn til að greina á milli jarðvarmavirkjana. Munur á þeim kemur fyrst og fremst fram í vísitölu umhverfisáhrifa. Í 5. dálki er sýnd einföld flokkun á gæðum gagna sem stuðst var við í mati. Fyrsti bókstafur tákna gæði gagna að mati faghóps I, síðan II og loks IV. Nánari lýsingu á þessari flokkun og sundurliðun hennar eftir viðföngum er að finna í töflu 1.2 í viðauka b1. Gæði B eru þau sem eðlilegt er að krefjast við mat vegna rammaáætlunar. Gæði A eru betri og oft fullnægjandi fyrir mat á umhverfisáhrifum framkvæmdar. Gæði C eru hins vegar minni en æskilegt er við mat vegna rammaáætlunar.

Í umhverfisflokki a eru Núpsvirkjun með einkennisflokkunina (abc) og Hólms-

árvirkjun (adc) álitlegir kostir í samanburði við Búðarhálsvirkjun (add). Hólmsárvirkjun fær lægri heildarhagnað en Núpsvirkjun vegna smæðar. Nýjar jarðvarmavirkjanir fá allar sömu flokkun (acc). Röðun þeirra innan umhverfisflokks a er eftir vaxandi umhverfisáhrifum. Allar þessar virkjanir nema Hágöngusvæði gætu vegna nálægðar við byggð reynst hagkvæmari en hér er sýnt ef þær njóta markaðar fyrir varma til annarra nota en raforkuframleiðslu. Virkjanir á Reykjanesi, Hellsheiði og í Bjarnarflagi eru taldar geta haft jákvæð áhrif á ferðaþjónustu og orka virkjana í Kröflu og Bjarnarflagi gæti nýst til styrktar atvinnu í nálægri byggð.

Í umhverfisflokki b bera Skaftárveita og Skaftárvirkjun af bæði í heildarhagnaði og arðsemi. Hrafnabjargavirkjun a er einnig vel arðsöm. Jarðvarmavirkjanir og Urriðafossvirkjun gætu haft vinning yfir Villinganesvirkjun en Fljótshnjúksvirkjun er ekki hagkvæm á því orkuverði sem notað er í samanburðarreikningum um heildarhagnað. Jarðvarmavirkjanirnar gætu hugsanlega átt von í betri arðsemi með sölu á afgangsvarma eða beinni nýtingu jarðvarma til iðnaðar. Faghópur I hefur bent á að þrátt fyrir lága meðaltölu umhverfisáhrifa leynist mikilvæg umhverfisverðmæti meðal virkjana í þessum hópi. Bent er á Skaftárveitu (Langasjó) vegna landslags og víðernis og Brennisteinsfjöll sem fá næsthæsta einkunn jarðhitasvæða fyrir landslag. Um Skaftárveitu verður einnig að gera fyrirvara vegna áhrifa veitunnar á vatnsmagn Skaftár og afar viðkvæma náttúru á vatnsvæði hennar.¹⁹

Faghópur III hefur gert sérstaka athugasemd við Villinganesvirkjun vegna neikvæðra áhrifa á ferðaþjónustu. Virkjun á Kröflusvæði við Leirhnjúk er einnig talin hafa neikvæð áhrif á ferðaþjónustu.

Í umhverfisflokki c eru aðeins tvær virkjanir, Skatastaðavirkjun (a) og Grændalur. Skatastaðavirkjun (b) og Hrafnabjargavirkjun (b) víkja þar sem kostur (a) fyrir þessar virkjanir yrði frekar valinn. Skatastaðavirkjun (a) er lakari bæði í heildarhagnaði og arðsemi en staðalvirkjun jarðhita í Grændal. Skatastaðavirkjun fær allhátt áhrifamat í öllum viðföngum en ekkert sérstakt atriði stendur þar upp úr að mati faghóps I. Faghópur III telur virkjunina geta haft jákvæð áhrif á ferðaþjónustu og nýting orku hennar gæti styrkt byggð í nágrenni hennar. Grændalur fær hæsta einkunn af jarðhitasvæðum í jarðminjum og vatnafari og í vistgerðum og liggur vel við til náttúruskoðunar, t.d. frá heilsudvöl í Hveragerði. Ef varðveita ætti eitthvert jarðhitasvæðanna á Hengilssvæði ósnortið kæmi Grændalur þar einna fyrst til greina.

Í umhverfisflokki d eru fimm virkjunarstaðir á Torfajökulssvæði ásamt samanburðarvirkjununum Fljótsdalsvirkjun og Norðlingaölduveitu (575m). Gögn skortir til að gera upp á milli virkjunarstaðanna á Torfajökulssvæðinu. Lægri einkunn, sem Háuhverir hljóta í umhverfisáhrifum, er varla marktæk. Vegna legu svæðisins er ekki gert ráð fyrir aukinni

¹⁹ Rennsli í Skaftá með Síðuheiðum hefur áhrif á rennsli í Bresti og Skálarálum og þar með á allar uppsprettur undan Eldhrauni og Landbrotshrauni sem eru undirstaða lífríkis og vega þungt fyrir afkomu íbúa héraðsins. Aformað er að í mannvirkjum Skaftárveitu felist gerð stíflu og lokuvirkja sem eiga að tryggja nægilegt rennsli úr Skaftá með Síðuheiðum inn í grunnvatnsgeyma hraunanna og gæta jafnframt annarra hagsmuna byggðarinnar. Takist að stýra vatni Skaftár svo að Skaftárveita hafi ekki áhrif á efnasamsetningu og hæð náttúrulegs grunnvatns í Eldhrauni gæti það dregið úr einhverjum þáttum umhverfisáhrifanna en að öðru leyti er ekki hægt að segja til um hve umhverfisáhrifin verða mikil og flokkun önnur af þeim sökum. Verkefnisstjórnin gerir fyrirvara um þetta mál þar til ljóst er hver umhverfisáhrifin niður í byggðinni verða. Niðurstöður um áhrif veitunnar munu væntanlega skýrast þegar kemur að mati á umhverfisáhrifum framkvæmdarinnar.

Tafla 5.13 Einfaldaðar niðurstöður flokkunar á virkjunarhugmyndum
(Með samanburðarvirkjunum) Raðað eftir umhverfisáhrifum og síðan heildarhagnaði eða arðsemi.

Nr.	Nafn virkjunarstaðar	Röðun eftir flokkum	Flokkun UHA	Gæði gagna			Orkugeta (GWh/ár)	Samanlögð ný orkugeta (GWh/ár)
				I	II	IV		
31	Svartsengi- stækkun	1	ada	B	A	A	140	-
39	Nesjavellir - stækkun	2	ada	A	A	A	210	-
17	Núpsvirkjun a	3	abc	A	A	A	1.001	1.001
18	Núpsvirkjun b	4	abc	A	A	A	1.019	-
51	Krafla I - stækkun	5	adb	B	A	A	280	-
43	Hágöngusvæði	6	acc	B	C	B	840	1.841
37	Hellisheiði	7	acc	A	A	B	840	2.681
32	Sandfell	8	acc	C	C	C	840	3.521
41	Þverárdalur	9	acc	C	C	C	840	4.361
42	Ölkelduháls	10	acc	B	C	B	840	5.201
50	Bjarnarflag	11	acc	A	A	A	560	5.761
52	Krafla - Vestursvæði	12	acc	B	A	B	840	6.601
35	Austurengjar	13	acc	B	C	C	840	7.441
34	Seltún	14	acc	B	C	B	840	8.281
30	Reykjanes	15	acc	A	A	B	840	9.121
38	Innstidalur	16	acc	B	C	B	840	9.961
33	Trölladyngja	17	acc	B	B	B	840	10.801
11	Hólmsárvirkjun	18	adc	B	B	B	438	11.239
16	Búðarhálsvirkjun	19	add	A	A	A	630	-
14	Skaftárveita	20	bba	B	B	B	450	11.689
10	Skaftárvirkjun	21	bbb	B	B	B	904	12.593
53	Krafla - Leirhnjúkur	22	bcc	B	B	C	840	13.433
19	Urriðafossvirkjun	23	bcc	A	A	A	920	14.353
36	Brennisteinsfjöll	24	bcc	C	B	C	840	15.193
49	Þeistareykir	25	bcc	B	C	B	840	16.033
5	Hrafnabjargarvirkjun a	26	bcc	B	C	B	575	16.608
3	Villinganesvirkjun	27	bdd	A	A	A	190	-
4	Fljótshnjúksvirkjun	28	bee	B	C	B	405	17.013
40	Grændalur	29	ccc	A	A	B	840	17.853
6	Hrafnabjargavirkjun b	30	cdc	B	C	B	618	-
1	Skatastaðavirkjun a	31	cdd	B	C	B	1.046	18.899
2	Skatastaðavirkjun b	32	cdd	B	C	B	1.290	-
9	Fljótisdalsvirkjun	33	dbb	B	A	A	1.390	-
15	Norðlingaölduveita (575m)	34	dbb	A	A	A	650	-
47	Háuhverir	35	dcc	C	C	C	840	19.739
48	Brennisteinsalda	36	dcc	B	C	C	840	20.579
46	Reykjadalir (Kaldaklof)	37	dcc	C	C	C	840	21.419
45	Reykjadalir austari	38	dcc	C	C	C	840	22.259
44	Reykjadalir vestari	39	dcc	C	C	C	840	23.099
8	Kárahnjúkavirkjun	40	eab	A	A	A	4.670	-
7	Jökulsá á Fjöllum	41	eab	C	C	B	4.000	27.099
12	Markarfljótsvirkjun a	42	edd	C	B	B	735	27.834
13	Markarfljótsvirkjun b	43	edd	C	B	B	855	-

arðsemi vegna annarra nota af jarðhita en til raforkuframleiðslu. Svæðið er mikilvægt útivistar- og ferðaþjónustusvæði en faghópur III komst ekki að niðurstöðu um áhrif virkjana á ferðaþjónustu. Frekari rannsókna er þörf til að skera úr um hvort og hvernig virkjanir og ferðaþjónusta tengd útivist gætu átt samleið á svæðinu. Svæðið gæti reynst vera með orkugetu sem dygði til framleiðslu 10.000 GWh á ári. Það verður því mjög áhugavert fyrir orkuframleiðendur en vegna mikilla umhverfishagsmuna er líklegt að aðrir kostir til virkjunar jarðhita verði fyrst nýttir.

Í flokk e falla virkjun Jökulsár á Fjöllum og Markarfljótsvirkjun, ásamt Kárahnjúka-virkjun. Jökulsá á Fjöllum er vegna stærðar með mikinn heildarhagnað og virðist einnig vel arðsöm. Henni verður helst jafnað við Kárahnjúkavirkjun um heildarhagnað, arðsemi og umhverfisáhrif. Frumáætlanir um Jökulsá á Fjöllum og vatnasvið hennar eru komnar til ára sinna og þær þyrfti að endurskoða. Jafnframt er rannsókn svæðisins mikilvæg vegna tillagna um stækkun þjóðgarðsins í Jökulsárgljúfrum og hugsanlegrar tengingar hans við Vatnajökulspjóðgarð.²⁰

Miðað við heildarhagnað og arðsemi og mikil umhverfisáhrif virðist virkjun Markarfljóts mun síðri en aðrir kostir. Áhrif hennar á ferðaþjónustu eru eindregið talin neikvæð.

5.6.5 Orkugeta eftir flokkum

Í töflu 5.14 er lögð saman orkugeta þeirra virkjunarhugmynda sem falla í sérhvern flokk umhverfisáhrifa og heildarhagnaðar annars vegar og flokk umhverfisáhrifa og arðsemi hins vegar. Í flokka umhverfisáhrifa a og b falla 16.170 GWh á ári með heildarhagnaðarflokk c eða betri og 16.608 GWh á ári með arðsemisflokk c eða betri. Þar af eru 12.320 í 15 jarðvarmavirkjunum en um 4.000 í 6 vatnsaflsvirkjunum. Í flokka umhverfisáhrifa c, d og e falla 10.821 GWh á ári. Þar af liggja 5.040 í 6 jarðvarmavirkjunum (5 á Torfajökulssvæði og 1 í Grændal) með heildarhagnaðar- og arðsemisflokk c, 4.000 í Jökulsá á Fjöllum með heildarhagnaðarflokk a og arðsemisflokk b, og 1.781 í Skatastaðavirkjun og Markarfljóti með heildarhagnaðar- og arðsemisflokk d.

Í heild benda niðurstöður 1. áfanga rammaáætlunar til þess að jarðhitavirkjanir geti vegna minni umhverfisáhrifa hentað betur en vatnsaflsvirkjanir til uppbyggingar raforku-iðnaðar á næstu áratugum. Um þetta verður þó að gera þann fyrirvara að jarðhitasvæðin eru flest enn lítið rannsökuð og að virkjanir þar verða að byggjast í áföngum og ná ekki fullri orkugetu fyrr en eftir 10-12 ár frá byrjun 1. áfanga virkjunar. Þessar niðurstöður ættu þó að hvetja til aukinna rannsókna á jarðhitasvæðum og ákvörðunar um hver þessara svæða henta best til raforkuframleiðslu og hver ættu fremur að nýtast ósnortin sem friðlönd.

Í viðauka b7 eru sýnd nokkur dæmi um hvernig mætti nota niðurstöður 1. áfanga rammaáætlunar til að velja úr hugmyndum virkjanir til að uppfylla tiltekna orkuþörf á ákveðnum landsvæðum.

²⁰ Í kjölfar umræðu um hugmyndir um verndun landsvæða norðan Vatnajökuls og mögulega stofnun þjóðgarðs á svæðinu skipaði umhverfisráðherra nefnd til að fara yfir kosti og möguleika á að friðlýsa hluta svæðisins og tengja við fyrirhugaðan Vatnajökulspjóðgarð. Nefndin skilaði áfangaskýrslu í mars 2003.

Tafla 5.14 Dreifing orkugetu á flokka
(Án samanburðarvirkjana). Tölur eru í GWh á ári.

Flokkar umhverfisáhrifa (U) og heildarhagnaðar (H)						
U-flokkur \ H-flokkur	a	b	c	d	e	Allir
a	0	0	0	0	4.000	4.000
b	1.001	1.354	0	0	0	2.355
c	9.800	4.015	840	4.200	0	18.855
d	438	0	1.046	0	735	2.219
e	0	405	0	0	0	405
Allir	11.239	5.774	1.886	4.200	4.735	27.834

Flokkar umhverfisáhrifa (U) og arðsemi (A)						
U-flokkur \ A-flokkur	a	b	c	d	e	Allir
a	0	450	0	0	0	450
b	0	904	0	0	4.000	4.904
c	11.239	4.015	840	4.200	0	20.294
d	0	0	1.046	0	735	1.781
e	0	405	0	0	0	405
Allir	11.239	5.774	1.886	4.200	4.735	27.834

6 Ábendingar og framhald

6.1 Endurnýjanlegar orkulindir og sjálfbær nýting þeirra

Í greinargerð iðnaðarráðherra *Maður - nýting - náttúra* [1] var markmið rammaáætlunarinnar skilgreint svo:

„Markmið rammaáætlunarinnar er að leggja mat á og flokka virkjunarkosti til raforkuframleiðslu, jafnt vatnsafls og háhita, með tilliti til orkugetu, hagkvæmni og annars þjóðhagslegs gildis, samhliða því að skilgreina, meta og flokka áhrif þeirra á náttúrufar, náttúru- og menningarminjar svo og á hagsmuni allra þeirra sem nýta þessi sömu gæði. Með þessu móti mætti leggja grundvöll að forgangsriðun virkjunarkosta með tilliti til þarfar þjóðfélagsins hvað varðar atvinnustarfsemi, varðveislu náttúrugæða, styrkingu landsbyggðar og hagsmuna allra þeirra sem nýta þessi sömu gæði með sjálfbæra þróun að leiðarljósi.“

Að öllu jöfnu eru meginorkulindir okkar Íslendinga, jarðhiti og vatnsorka, flokkaðar sem endurnýjanlegar, m.a. af þeim alþjóðastofnunum sem láta sig orkumál varða. Greina þarf á milli hugtakanna endurnýjanleiki og sjálfbærni. Endurnýjanleiki lýsir eiginleikum orkulindar en hugtakið sjálfbær, tengist því hvernig nýtingu hennar er háttáð. Á íslensku hefur hugtakið *sustainable* (í tengslum við *sustainable development*) verið þýtt sem *sjálfbær* í stað orðsins *haldbær* sem notað er á mörgum tungumálum í þessum tilgangi. Þetta hefur valdið hugtakaruglingi þar sem hugtökin *endurnýjanlegur* og *haldbær* fá sömu merkingu. Samkvæmt skilgreiningu sem á rætur að rekja til svonefndrar Brundtland-skýrslu lýsir *sustainable* ástandi eða aðgerðum sem tryggja svo sem kostur er hagsmuni komandi kynslóða bæði með hliðsjón af efnahagslegum, félagslegum og náttúrufarslegum sjónarmiðum. Nýtingu kola og olíu, þar sem árleg vinnsla er margþúsundföld miðað við árlegan endurnýjunarhraða, má nota sem dæmi um hugtakarugling. Kol og olía eru ekki endurnýjanleg auðlind en yrði vinnsla á þeim hætt með skömmum fyrirvara mundi það valda þjóðfélagsupplausn og það gæti því engan veginn talist *haldbær þróun* skv. skilgreiningu í Brundtland-skýrslunni.

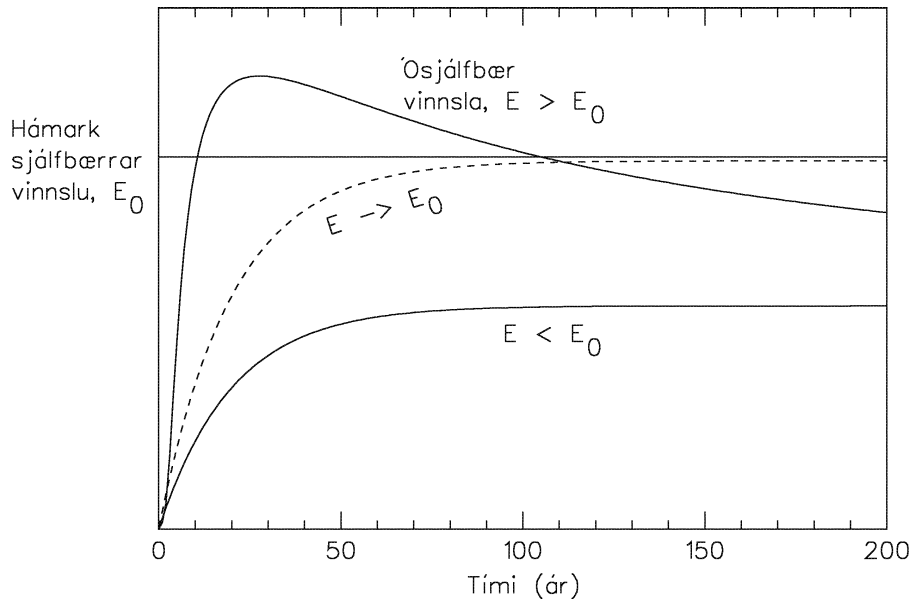
6.1.1 Sjálfbær vinnsla jarðhita

Hér verður stuðst við niðurstöður málstofu á vegum Orkustofnunar sem birtust í erindi á Orkuþingi 2001 [2]. Jarðhita er viðhaldið af samfelldum náttúrulegum orkustraumi og því er hann talinn eiga betur heima í flokki endurnýjanlegra orkulinda en í flokki endanlegra orkulinda. Þessi flokkun er þó ekki svo einföld því að jarðhiti er í eðli sínu tvíþættur, þ.e. samsettur af orkustraumi (með varnaburði og varmaleiðni) og varmaforða. Endurnýjun þessara tveggja þátta er mjög mismunandi þar sem orkustraurinn er stöðugur (endurnýjast jafnóðum) en varmaforðinn endurnýjast tiltölulega hægt. Sá hluti varmaforðans, sem endurnýjast með varmaleiðni, endurnýjast reyndar svo hægt að á tímakvarða mannlegra athafna ætti hann frekar að teljast endanlegur en endurnýjanlegur. Vægi þessara tveggja þátta í jarðhitaorkuvinnslu er bæði háð jarðhitakerfi og vinnsluálagi. Í svokölluðum „Hot Dry Rock“-kerfum er vægi forðans yfirgnæfandi en í öflugustu háhitakerfunum í gosbelti Íslands er vægi orkustraumsins mikið.

Í erindinu á Orkuþingi 2001 var gerð tillaga um eftirfarandi skilgreiningu á hugtakinu sjálfbær vinnsla jarðhita á einu jarðhitasvæði:

„Fyrir sérhvert jarðhitasvæði, og sérhverja vinnsluaðferð, er til ákveðið hámarksvinnslustig, E_0 , sem er þannig háttað að með lægra vinnslustigi en E_0 er unnt að viðhalda óbreyttri orkuvinnslu frá kerfinu yfir mjög langt tímabil (100-300 ár). Sé vinnsluálag meira en E_0 , er ekki unnt að viðhalda óbreyttri orkuvinnslu svo lengi. Jarðvarmavinnsla minni en eða jöfn E_0 er skilgreind sem sjálfbær vinnsla en vinnsla umfram E_0 er ekki sjálfbær.“

Skilgreining þessi tekur hvorki til hagrænna atriða, umhverfismálefna né tækniþróunar, en búast má við að slíkir þættir sveiflist mikið í tímans rás. Skilgreining þessi tekur til allrar vinnanlegrar orku og er því í raun háð eðli kerfis þess sem um er fjallað, en ekki álagsþáttum eða nýtni. Hún er og háð vinnsluaðferð sem getur falið í sér sjálfrennsli, dælingu, niðurdælingu eða vinnslu með hléum. Gildi E_0 er óþekkt fyrir fram en það má meta út frá þekktum gögnum, þ.e. með líkanreikningum. Mynd 6.1 sýnir meginrættina í ofangreindri skilgreiningu.



Mynd 6.1. Skýringarmynd fyrir hugtakið sjálfbær vinnsla jarðhita

Þessi einfalda skilgreining á hugtakinu sjálfbær nýting jarðhita byggist á því að fyrir sérhvert jarðhitakerfi séu til eins konar vinnslumörk þannig að hægt sé að halda vinnslunni nokkurn veginn í jafnvægi í langan tíma sé hún undir þeim. Reynslan frá mörgum jarðhitasvæðum síðustu áratugi styður þetta en hún hefur sýnt að með því að halda vinnslu innan ákveðinna marka er hægt að halda viðkomandi jarðhitakerfum nokkurn veginn í jafnvægi í mjög langan tíma. Lokatakmark þessara hugleiðinga er að meta hve mikla jarðhitaorku sé unnt að vinna á sjálfbæran hátt á Íslandi. Til þess þarf þó viðameiri vinnu.

6.1.2 Sjálfbær (haldbær) vinnsla vatnsorku

Við vatnsorkuvinnslu er hringrás vatnsins nýtt og hún er drifin af sólarorku. Frumaflið er óháð því hvernig vatnið er notað og þar með er vatnsorkan sem slík endurnýjanleg, þ.e. *self-sustainable* (sjálfbær), a.m.k. á fyrirsjáanlegum tímakvarða.

Á Íslandi er árstíðasveifla í rennsli vatnsfalla í flestum tilvikum í andfasa við eftirspurn eftir raforkuafurð vatnsaflsins. Þetta er leyst með því að geyma vatn, sem rennur fram að sumrinu, til vetrarins. Vatninu er miðlað milli árstíða í miðlunarlónum. Stærstu vatnsföll á Íslandi eru jökulár og þess vegna fylgir sá böggull skammrifi að með tímanum fyllast miðlunarlón af auri. Það breytir ekki eðli rennandi vatns sem endurnýjanlegrar auðlindar þótt ofantaldar aðstæður dragi smám saman úr afrakstri virkjunar verði ekkert að gert.

Í alþjóðasamfélaginu hafa verið skiptar skoðanir um hvernig ætti að flokka vatnsorku í þessu tilliti. Almennt er viðurkennt að fella megi nýtingu vatnsorkukosts í flokk endurnýjanlegra ef aurfylling og landnotkun eru óveruleg (neglectable). Hvað er óverulegt í þessu tilliti? Einn mikilvægur mælikvarði er eflaust endingartími virkjunar. Hvað er hæfilegt í því sambandi t.d. í samanburði við endingartíma annarra orkugjafa?

Hafa má uppi efasemdir um að nýting vatnsorkukosts sé haldbær ef hún hefur mjög neikvæð áhrif á samfélag manna eða vistgæði (ecological environment), t.d. ef flytja þarf burt fólk í stórum stíl og mikilvæg náttúrufarsleg gildi eru í húfi.

Ef náttúrulegt umhverfi vatnsorkukostanna er endurheimtanlegt er með meiri fullvissu hægt að tala um haldbæra virkjun. Þá verður einnig að hafa til hliðsjónar að ósnortin náttúra eins og við þekkjum hana er í sífelldri þróun og er vart sjálfbær í merkingunni ævarandi nema á einhvern skilgreindan tímakvarða. Náttúran er víða í hraðri mótun uppbyggingar og rofs. Dettifoss á eftir að hverfa í þeirri mynd sem hann er nú. Allar fjörur landsins eiga eftir að breytast; hverfa og nýjar myndast gangi spár eftir um loftslagsbreytingar af völdum gróðurhúsaáhrifa.

6.2 Heildarorkugeta í vatnsafli og jarðhita

Af framangreindu má ráða að engin ein skilgreining er fyrir hendi sem leysir úr spurningunni hvað það er sem skilur á milli haldbærra og óhaldbærra virkjunarhugmynda. Hins vegar má með samanburði greina hvort tiltekin virkjunarhugmynd sé haldbærari en önnur. Opið og gegnsætt ákvörðunarferli á að leiða fram kosti og ókosti valkosta. Í skýrslu alþjóðlegrar nefndar um stórar stíflur (World Commission on Dams) [3] er að finna leiðbeiningar um hvernig á að haga umfjöllun og ákvörðunartöku til að tryggja niðurstöðu sem er samfélaginu hagfelld. Fyrsta stigið í ákvörðunartökunni felst í því að staðfesta hvort meint þörf fyrir vatn og orku sé raunveruleg og æskileg. Ef svarið er já þá ber á öðru stigi að greina alla hugsanlega valkosti til að mæta tiltekinni þörf og velja þann sem er talinn hafa góðar fjárhagslegar, félagslegar og umhverfislegar forsendur. Frá þessu sjónarhorni er samanburður virkjana í rammaáætlun aðferð sem gæti stuðlað að því að orku verði aflað með haldbærari hætti.

Með hliðsjón af þessu markmiði og niðurstöðum sem ræddar voru í kafla 5 hér að framan er eðlilegt að spurningar vakni um þá heildarorkugetu sem menn vænta í orku-

lindum landsins, hve stór hluti hennar reynist nýtanlegur og hagkvæmur og hve stóran hluta menn kynnu að vilja láta óvirkjaðan vegna umhverfisáhrifa.

Mat á heildargetu vatnsafls og jarðhita til raforkuframleiðslu hefur að mestu verið byggt á forsendum orkuvinnslunnar. Hagkvæm nýtanleg vatnsorka á Íslandi, í einingum stærri en 10 MW, hefur verið metin um 37.000 GWh/ár [4,5]. Á árinu 2002 nam raforkuvinnsla úr vatnsafl 7.000 GWh. Vegna sjónarmiða náttúruverndar og annarrar landnotkunar ríkir veruleg óvissa um þann hluta sem óvirkjaður er.

Mat á nýtanlegri orku jarðhita er mun flóknara en matið á vatnsorku. Greina þarf á milli þess varmaforða sem aðgengilegur er í bergi og endurnýjunar þessa forða með varmaburði úr iðrum jarðar. Aðgengilegur og nýtanlegur varmaforði til raforkuframleiðslu á háhitasvæðum er talinn nægilegur til að framleiða 1.550 TWh af raforku [6]. Með núverandi vinnslutækni án niðurdælingar á afgangsvarma gæti þessi forði enst til vinnslu raforku sem næmi 30.000 GWh/ár í 50 ár. Raforkuvinnsla úr jarðhita nam alls um 1.400 GWh árið 2002. 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 26.000 GWh/ár án þess að ganga á varmaforðann [7]. Hér verður þó að gera þann fyrirvara að ekki er tæknilega gerlegt á öllum svæðum að skila varmanum í geyminn. Hugsanlegt er hins vegar að vinna megi raforku úr varmaforða í 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. Einnig er verulegan varmaforða til raforkuvinnslu að finna í sjóðandi lágghita á jöðrum gosbeltisins og utan þess. Með hliðsjón af þessum atriðum virðist ekki óvarlegt að áætla tæknilega hagkvæma orkugetu jarðhita til raforkuframleiðslu um 30.000 GWh/ár. Líkt og um vatnsaflað ríkir þó veruleg óvissa um hve langt menn vilja ganga þegar tekið er tillit til náttúruverndarsjónarmiða.

Tafla 6.1 sýnir heildarorkugetu í vatnsafl 1 og jarðhita og hvernig hún skiptist á virkjanir sem voru starfræktar 2002, þær samanburðarvirkjanir sem heimilaðar eru 2003,

Tafla 6.1 Heildarorkugeta í vatnsafl 1 og jarðhita

	Vatnsafl			Jarðhiti		
	GWh/ár	Fjöldi	%	GWh/ár	Fjöldi	%
Vinnsla 2002	7.000	10	18,9	1.400	3	4,7
Samanburðarvirkjanir heimilaðar 2003	6.140	5	16,6	630	3	2,1
1. áf. rammaáætlunar (U-flokkar a, b og c)	5.739	8	15,6	13.160	16	41,0
1. áf. rammaáætlunar (U-flokkar d og e)	4.735	2	12,7	4.200	5	16,8
2. áf. rammaáætlunar	>7.000	24	18,9	>5.000	6	16,7
Seinni áfangar	<6.386	?	17,3	<5.610	>6	18,7
Heild	um 37.000	>52	100	>30.000	>40	100

virðjunarhugmyndir sem í 1. áfanga rammaáætlunar falla í flokka umhverfisáhrifa (U-flokka) a, b og c og þær sem falla í U-flokka d og e. Þegar fjallað var um tvær hugmyndir (a) og (b) um nýtingu á sama vatnsfalli er orkugeta hugmynda (a) aðeins talin hér. Næst er sýnd orkugeta virðjunarhugmynda í vatnsafla og jarðhita sem lagt er til að verði viðfangsefni 2. áfanga rammaáætlunar (sbr. töflu 6.2), og að lokum sú orkugeta sem eftir væri til umfjöllunar í seinni áföngum rammaáætlunar. Sýndur er fjöldi virkjana í hverjum flokki og hlutdeild þeirra í heildarorkugetu hvorrar tegundar, vatnsafls og jarðhita. Of snemmt er að leggja mat á þá kosti sem verða til umfjöllunar í 2. áfanga rammaáætlunar en sennilegt er að í síðasta hópnum sem nefndur er „seinni áfangar“ verði fáir álitlegir kostir, fremur safn kosta sem ekki hafa þótt hagkvæmir eða taldir eru óæskilegir vegna umhverfisáhrifa.

6.3 Viðfangsefni 2. áfanga rammaáætlunar

Umfjöllun í 1. áfanga snerist einkum um vatnsaflsvirkjanir í jökulám á hálendinu og jarðhitavirkjanir nærri byggð auk Torfajökulssvæðis. Þar voru jafnframt flestir stærstu virkjunarkostirnir sem völ er á. Viðfangsefni 2. áfanga rammaáætlunar verður annars vegar að endurbæta þau gögn sem stuðst var við í 1. áfanga um marga virkjunarkosti og þær aðferðir sem beitt var við mat. Hins vegar þarf að undirbúa nýjar virkjunarhugmyndir með rannsóknum og gerð frumáætlana um tilhögun.

6.3.1 Endurmat og þróun aðferða

Af mikilvægum svæðum sem voru til umfjöllunar í 1. áfanga en rannsaka þyrfti betur má sérstaklega nefna vatnasvið Jökulsár á Fjöllum, Skaftárvæðið og Torfajökulssvæðið. Þessi svæði eru mikilvæg vegna orkugetu, mikilla náttúruverðmæta og útivistarhagsmuna. Á Skaftárvæði eru áhrif Skaftárveitu á vatnasvæði í Skaftárhreppi ekki nægilega þekkt. Auka þarf rannsóknir á náttúrufari háhitasvæða og áhrifum vinnslu á lífríki þeirra. Einnig væri æskilegt að huga að flokkun vatnsfallagerða. Rannsaka þarf og þróa betri aðferðir til að flokka landslag og meta. Enn fremur þarf að bæta aðferðir til að meta áhrif virkjana á atvinnustarfsemi sem byggist á ferðaþjónustu.

6.3.2 Nýir virkjunarkostir

Í töflu 6.2 eru sýndar hugmyndir um nýja virkjunarkosti til umfjöllunar í 2. áfanga rammaáætlunar. Mest orkugeta í vatnsafla er fólgin í Hvítá í Árnessýslu ásamt Jökulfalli og í neðri hluta Skjálfandafljóts. Aðrar virkjanir eru með 500 GWh/ár eða minna. Þessar virkjanir eru flestar nærri byggð og því má gera ráð fyrir að meira reyni á áhrif þeirra á ræktað land og veiðihlunnindi en við virkjanir í 1. áfanga. Að jafnaði eru þessar hugmyndir einnig skemmra á veg komnar. Um jarðhita er svipað að segja. Nefnd eru 12 svæði þar sem háhita gæti verið að finna en ekki er víst að aðstæður reynist fýsilegar til virkjunar þótt það teldist ásætlanlegt vegna umhverfisáhrifa. Röð svæðanna er hugsuð sem forgangsöröðun í rannsóknum frá sjónarhóli orkuvinnslu. Geysissvæði er tekið með vegna mikilvægis fyrir ferðaþjónustu en ekki vegna áhuga á virkjun. Hver fullbyggður virkjunarstaður jarðvarma gæti haft orkugetu 840 GWh/ár. Varlega er áætlað að 6 slíkir

Tafla 6.2 Virkjunarhugmyndir sem gætu komið til mats í 2. áfanga

Vatnsafl	Orkugeta (GWh á ári)
Berufjarðarvirkjun	?
Bjallavirkjun	300
Brúará	100
Byggðavötn í Skaftártungum	?
Djúpá	500
Eystri Rangá	?
Fjarðará, Seyðisfirði	100
Gláma - Vatnsfjörður	450
Grímsá, Reyðarvatn	70
Hagavatn - Farið	30
Hágönguvirkjun	100
Hólmsá,	120
Hvalá, Ófeigsfirði	300
Hvítá í Árnessýslu, efri hluti (án Gullfoss)	1.200
Hvítá í Árnessýslu, neðri hluti	800
Hvítá, Borgarfirði	270
Jökulfall	400
Lagarfossvirkjun	120
Mjóadalsá/Íshólsvatn	60
Neðri hluti Skjálfandaflióts	800
Norðlingafliót	100
Sandá, Þistilfirði	?
Selá, Vopnafirði	?
Stóra-Laxá	130
Þverá, Langadalsströnd	60
Tungufliót	100
Vatnsdalsá, Forsæludal	300
Virkjanir í Blöndu, Langadal	350
Virkjanir í Blönduveitu	120
Vatnsafl alls (a.m.k.)	7.000
Jarðhiti	Orkugeta (GWh á ári)
Austan Kleifarvatns	
Austan Hveragerðis	
Gjástykki	
Fremri Námar	
Hrúthálsar	
Prestahnúkur	
Tindfjöll	
Vonarskarð	
Kerlingarfjöll	
Hveravellir-Beljandi	
Dyngjufjöll	
Geysissvæði	
Jarðhiti alls (a.m.k.)	5.000
2. áfangi alls (a.m.k.)	12.000

virkJunarkostir finnast í þeim hópi sem valinn er.

Þær hugmyndir sem hér eru nefndar fyrir 2. áfanga eru yfirleitt ekki komnar á hendur orkufyrirtækja og því má búast við kostnaður við undirbúningsrannsóknir falli meira á ríkið og allmörg ár þurfi til að ljúka þeim.

6.4 Ábendingar um not á niðurstöðum

Líta má á niðurstöðu 1. áfanga rammaáætlunar um nýtingu vatnsafls og jarðvarma sem grunn fyrir mat á umhverfisáhrifum virkjunaráætlana. Umfang rannsókna og staða þekkingar eru hins vegar ekki sambærileg við það sem krafist er samkvæmt lögum um mat á umhverfisáhrifum framkvæmda. Yfirlit, sem tekið var saman um stöðu þekkingar á þeim svæðum sem tekin voru til mats og samanburðar í 1. áfanga rammaáætlunar, sýnir að aðeins í 20 tilfellum af 43 er talið að gögn séu fullnægjandi (sjá töflu 5.13). Þetta er með öðrum orðum gróft mat til að fá yfirsýn. Því er eðlilegt að spurt sé hvernig megi nota þetta grófa yfirlit.

Verkefnisstjórn telur að orkufyrirtækin, stofnanir og ráðuneyti, sem fjalla um virkjunarhugmyndir, geti haft talsvert gagn af þessari vinnu. Í fyrsta lagi gefur yfirlitið vísbendingu um hvaða kostir eru fjárhagslega vænlegir. Í öðru lagi greinir það þá kosti sem líklegir eru til að hafa umtalsverð umhverfisáhrif og sýnir á hvaða svæðum þekkingu er ábótavant. Í þriðja lagi bendir skýrslan á náttúruyfyrirbæri sem teljast verðmæt.

Orkufyrirtækin geta nýtt sér þessar upplýsingar með ýmsum hætti. Í fyrsta lagi geta þau án mikils tilkostnaðar greint vænlega kosti sem líklegt er að hvorki valdi umtalsverðum umhverfisáhrifum né deilum. Oft hafa orkufyrirtækin lagt í ærinn kostnað við að útfæra og meta virkjunarhugmyndir áður en í ljós kom að veruleg andstaða var gegn framkvæmdum vegna óæskilegra umhverfisáhrifa þeirra. Rammaáætlun gæti vísað á leiðir sem sneiddu hjá þessu. Í öðru lagi gætu orkufyrirtækin leitað annarra leiða við hönnun mannvirkja en þeirra sem lagðar voru til grundvallar í mati vegna rammaáætlunar og þannig sneitt hjá verstu umhverfisáhrifum sem niðurstöður faghópa I og II hafa bent til. Í þriðja lagi geta orkufyrirtækin bætt gögn um tiltekin virkjunarsvæði í þeirri von að aukin þekking leiði í ljós minni umhverfisáhrif en áætlað var á grundvelli takmarkaðrar þekkingar og virkjunin verði fýsilegri kostur.

Allt landið er nú skipulagsskylt og skulu öll sveitarfélög hafa lokið við gerð aðalskipulags eigi síðar en árið 2007. Bygging húsa og annarra mannvirkja ofan jarðar og neðan og aðrar framkvæmdir og aðgerðir sem hafa áhrif á umhverfið og breyta ásýnd þess skulu vera í samræmi við skipulagsáætlanir.²¹ Rammaáætlun gefur vísbendingar um hagkvæma virkjunarkosti og náttúruverðmæti og upplýsingar af því tagi munu eflaust gagnast sveitarfélögunum við ákvörðun um landnotkun, jafnt við breytingar á aðalskipulagi sem við skipulag á svæðum sem ekki hafa verið skipulögð áður.

Samkvæmt lögum um náttúruvernd skal umhverfisráðherra eigi sjaldnar en á fimm ára fresti láta vinna náttúruverndaráætlun fyrir landið og leggja fyrir Alþingi.²² Fyrsta

²¹ Sbr. 9.gr. skipulags- og byggingarlaga 73/1997.

²² Lög um náttúruvernd 44/1999, 63. gr.

áætlun af þessu tagi liggur nú fyrir í drögum²³ og verður lögð fyrir Alþingi á yfirstandandi þingi. Þess er að vænta að mat og samanburður faghóps I á náttúruverndarmætum tiltekinn svæða geti gagnast við gerð næstu náttúruverndaráætlunar.

6.5 Framhald rammaáætlunar

6.5.1 Öflun gagna

Gert er ráð fyrir að rannsóknir á virkjunarsvæðum verði sem áður á vegum Orkustofnunar í samstarfi við Náttúrufræðistofnun, Umhverfisstofnun og orkufyrirtæki. Viðfangsefni verði valin í samráði við verkefnisstjórn rammaáætlunar. Auk rannsókna á náttúruverndarmætum til virkjunar verði hugað að þeim atriðum sem nefnd eru í grein 6.3.1, áhrifum jarðvarmavinnslu á lífríki jarðhitasvæða, flokkun vatnsfallagerða, þróun betri aðferða til að flokka og meta landslag og betri aðferða til að meta áhrif virkjana á atvinnustarfsemi sem byggist á ferðaþjónustu.

6.5.2 Ný verkefnisstjórn

Lagt er til að skipað verði að nýju í verkefnisstjórn en hún verði fámennari. Verkefnisstjórnin hafi forgöngu um þróun og endurbætur á aðferðum til mats og annist endurmat á fyrri virkjunarhugmyndum eftir því sem óskir berast. Þar yrði byggt á nýjum upplýsingum eða breytti tilhögun um virkjunarkosti sem voru til mats í 1. áfanga. Einnig yrði tekið við nýjum hugmyndum sem menn vilja bera saman við þá kosti sem áður hafa verið metnir. Um þetta mat og þróun aðferða mundi verkefnisstjórnin styðjast við sérfræðinga sem hún kveddi með sér til starfa eða fengi sér til aðstoðar frá viðeigandi stofnunum. Ekki er talin ástæða til að skipa að nýju faghópa fyrir en dregur að mati á nýjum hópi virkjunarkosta í 2. áfanga og nægar niðurstöður undirbúningsrannsókna eru fengnar eftir nokkur ár. Æskilegt væri að verkefnisstjórnin kynnti starf sitt vel.

6.6 Heimildir

- [1] *Maður -nýting -náttúra*. Greinargerð iðnaðarráðherra 8. mars 1999.
- [2] Guðni Axelsson o.fl. 2001. *Um sjálfbæra vinnslu jarðhita*. Erindi flutt á Orkuþingi 2001, bls. 478-484.
- [3] *Dams and Development*, November 2000. Earthscan Publication Ltd., London
- [4] Haukur Tómasson og Hákon Aðalsteinsson 1991. *Vatnsorkulindir landsins, áttak í grunnrannsóknnum*. Erindi flutt á ársfundi Orkustofnunar 1991, bls. 45-49.
- [5] *Innlendar orkulindir til vinnslu raforku*. Iðnaðarráðuneytið maí 1994, 153 bls.
- [6] 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.
- [7] Sveinbjörn Björnsson 2001. *Orkulindir og umhverfi - rammaáætlun*. Erindi flutt á Orkuþingi 2001, bls. 89-95.

²³ Náttúruverndaráætlun 2003-2008, drög maí 2003, Umhverfisstofnun.



Nesjavallavirkjun og Hengill. Mynd tekin 20. júní 1999.

Ljósm. Oddur Sigurðsson

**Rammaáætlun
lðnaðar- og viðskiptaráðuneyti**