

Ráðgjafahópur um mat á háhitasvæðum

Lokaskýrsla

Halldór Ármannsson, ÍSOR, formaður
Haukur Jóhannesson, ÍSOR
Ásrún Elmarsdóttir, Náttúrufræðistofnun Íslands
Bjarni Pálsson, Landsvirkjun Power
Ólafur Arnar Jónsson, Umhverfisstofnun

Ritari hóps: Bryndís Guðrún Róbertsdóttir, Orkustofnun

Október 2009

1. Inngangur

Stýrihópur um mat á háhitasvæðum skv. 2. áfanga rammaáætlunar um nýtingu vatnsafls og jarðvarma var skipaður skv. erindisbréfi 26. ágúst 2005 og voru verkefni hans skilgreind sem:

1. Að skilgreina þá þætti sem mestu máli skipta í heildarmati á vinnslueiginleikum og náttúrufari háhitasvæða.
2. Að móta verkefni og tillögur um gagnaöflun sem að gagni kæmu við mat á nýtanleika og verndargildi háhitasvæða, með hliðsjón af þeirri þekkingu sem þegar gefur verið aflað um þessi svæði.
3. Að móta verklag við mat á þessum þáttum með hliðsjón af aðferðum sem notaðar voru við mat í 1. áfanga Rammaáætlunar.

Upphaflega voru skipuð í hópinn:

Ásrún Elmarsdóttir

Bjarni Pálsson

Haukur Jóhannesson

Sigurrós Friðriksdóttir

Stefán Arnórsson, formaður

Hákon Aðalsteinsson starfaði sem ritari hópsins. Frá janúar til desember 2006 tók Sigurður H. Magnússon sæti Ásrúnar meðan hún var í barneignarleyfi. Haustið 2007 tók Stefán Arnórsson sæti í Verkefnastjórn Rammaáætlunar og var Halldór Ármannsson skipaður formaður hópsins í hans stað á fundi verkefnisstjórnar 14. desember 2007. Í skipunarbréfi hans var hópurinn nefndur ”ráðgjafahópur um mat háhitasvæða” og þar komu fram viðbótarverkefni fyrir hópinn, þ.e.

4. Semja drög að reglum um framkvæmdir á háhitasvæðum sem hafa það að tryggja lágmarkun umhverfisáhrifa við framkvæmdir á háhitasvæðum og drög að reglum sem hafi það að markmiði að tryggja sjálfbæra nýtingu jarðvarma. Í starfi þessu skal taka tillit til viðeigandi alþjóðasamninga og yfirlýsinga sem Ísland á aðild að, m.a. Ríó-yfirlýsingarinnar og meginreglna umhverfisréttar.
5. Önnur verkefni sem verkefnisstjórn felur hópnum.

Fyrri hluta árs 2008 var hins vegar ákveðið að skipa sérstakan ráðgjafahóp til að fjalla um sjálfbæra nýtingu jarðvarma. Hópur sem vann að því markmiði var þegar starfandi á vegum Orkustofnunar og var hann nýttur í þessu skyni. Því hefur háhitahópurinn ekki fjallað um þann þátt. Háhitahópurinn tók aftur til starfa í apríl 2008, en í maí hætti Sigurrós og Ólafur Arnar Jónsson kom í hennar stað. Þá lét og Hákon Aðalsteinsson af störfum sem ritari hópsins en við tók Bryndís Guðrún Róbertsdóttir.

Hópurinn var sammála um að hlutverk hans ætti ekki að vera að semja reglur. Var farið fram á við verkefnisstjórn að því verkefni (sjá lið 4 hér að ofan) væri létt af honum og var það samþykkt.

Fram að áramótum 2007-2008 hafði hópurinn haldið 28 fundi, en síðan hafa verið haldnir 11 fundir til viðbótar auk þess sem farnar voru 3 skoðunarferðir á jarðhitasvæði.

2. Háhitasvæði Íslands og flokkun þeirra.

Meðal helstu verkefna hópsins var að skilgreina háhitasvæði Íslands. Upphaflega var sú takmörkun samþykkt að háhitasvæði undir jöklum yrðu ekki höfð með þar eð ólíklegt væri að nokkurn tíma kæmi til virkjunar þeirra. Eftir allnokkrar umræður var

eftirfarandi listi lagður fram (Tafla 1). Háhitasvæðunum var skipt í 3 flokka, þ.e. óröskuð, röskuð og virkjuð og er þá fyrst og fremst horft til þess hvort borað hefur verið í svæðin og hvort þau hafa verið virkjuð til rafmagns- eða iðnaðarframleiðslu.

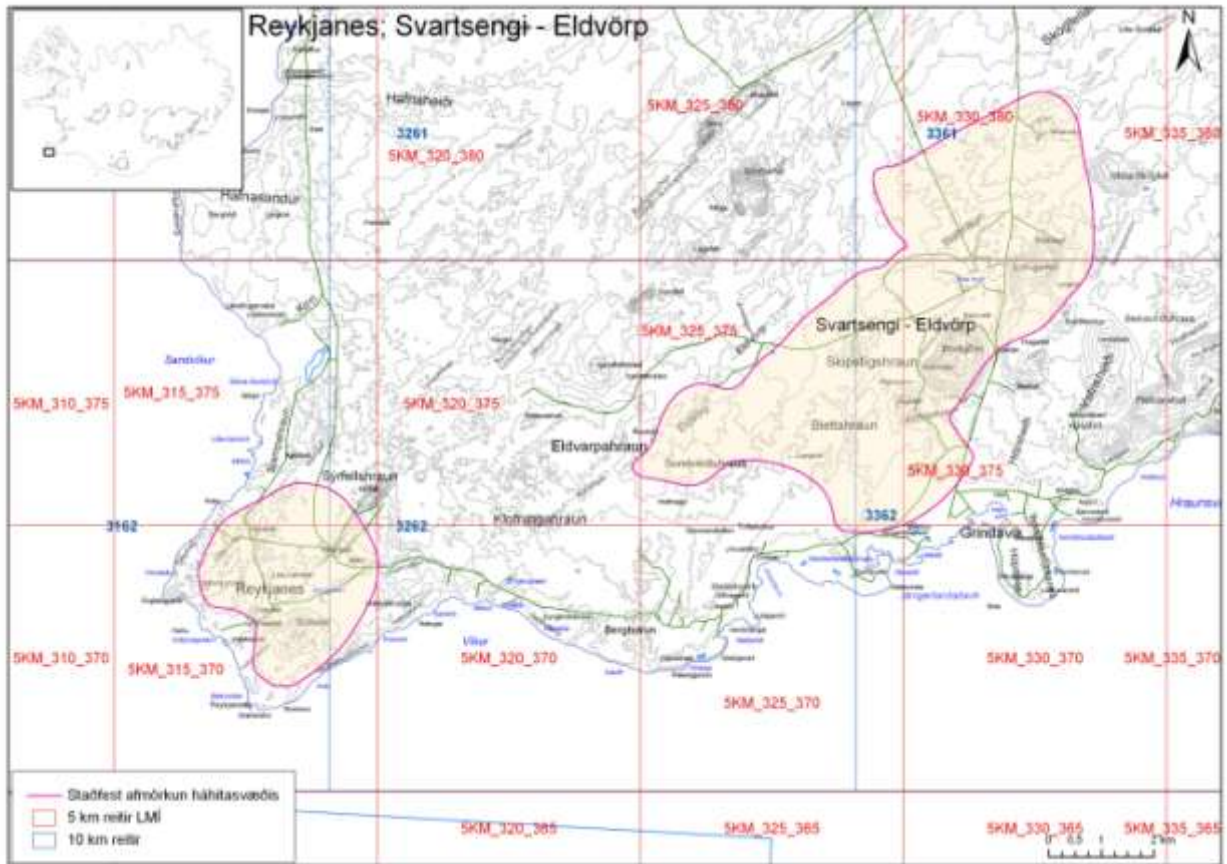
Tafla 1. HÁHITASVÆÐI Á ÍSLANDI OG STAÐA ÞEIRRA

1.	Reykjanes	Virkjað
2.	Svartsengi-Eldvörp	Virkjað
3.	Krýsuvík	
	a. Seltún-Sveifluháls,	Raskað
	b. Austurengjahver	Óraskað
	c. Trölladyngja	Raskað
	d. Sandfell	Óraskað
4.	Brennisteinsfjöll	Óraskað
5.	Hengill	
	a. Hverahlíð - Gráhnúkar	Raskað
	b. Hellisheiði - Skarðsmýrarfjall	Virkjað
	c. Nesjavellir-Þverárdalur	Virkjað
	d. Hveragerði-Grændalur	Óraskað
	e. Ölkelduháls - Bitra	Raskað
6.	Geysir	Óraskað
7.	Kerlingarfjöll	Óraskað
8.	Hveravellir	Óraskað
9.	Torfajökull	
	a. Blautakvísl	Óraskað
	b. Vestur-Reykjadalir	Óraskað
	c. Austur-Reykjadalir	Óraskað
	d. Ljósártungur	Óraskað
	e. Kaldaklof	Óraskað
	f. Landmannalaugar	Óraskað
10.	Köldukvíslarbotnar	Raskað
11.	Vonarskarð	Óraskað
12.	Kverkfjöll	Óraskað
13.	Askja	Óraskað
14.	Fremrinámar	Óraskað
15.	Hrúthálsar	Óraskað
16.	Námafjall	Virkjað
17.	Kröflusvæði	
	a. Krafla	Virkjað
	b. Leirhnúkur	Óraskað
	c. Vestursvæði	Raskað
18.	Gjástykki	Óraskað
19.	Þeistareykir	Raskað

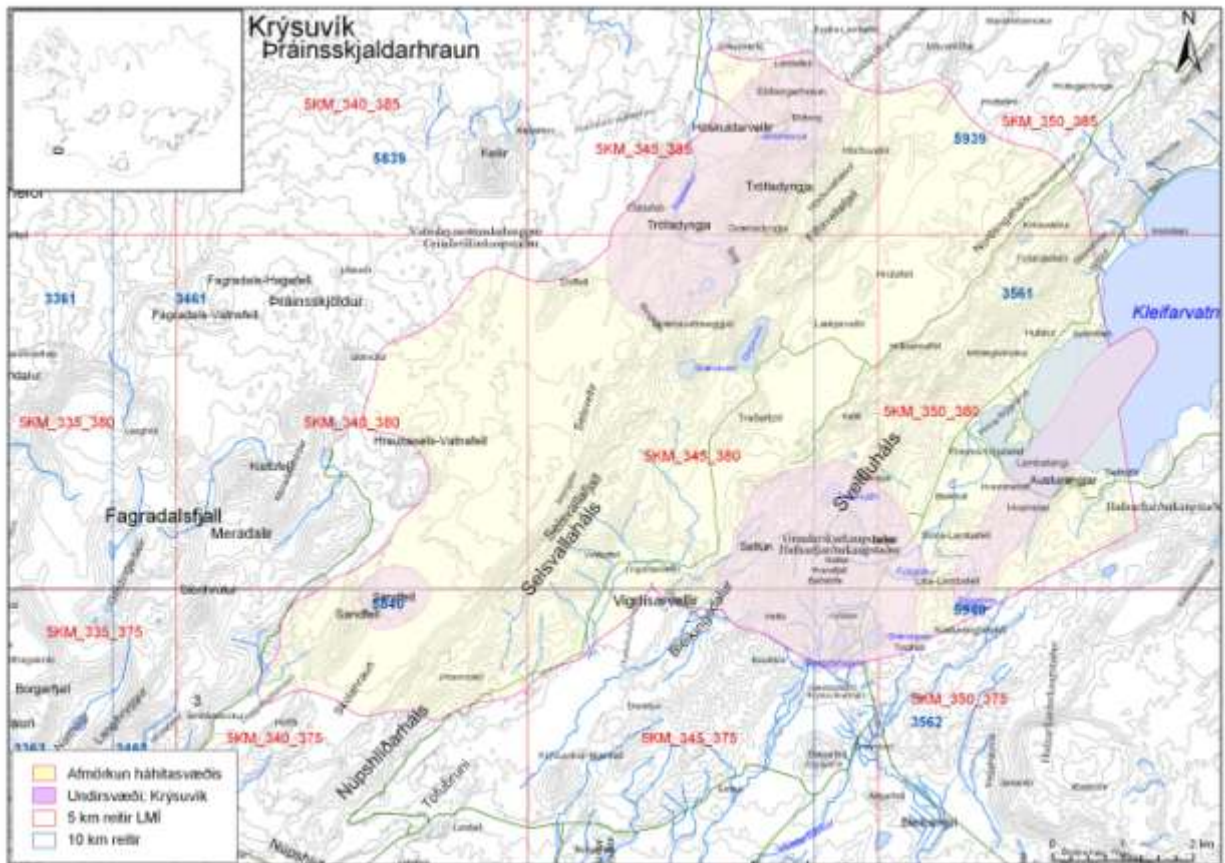
Öxarfirði, Tindfjallajökli, Prestahnúki og Klausturhólum er sleppt á þeirri forsendu að athuganir hafa leitt í ljós að svæðin séu ekki dæmigerð háhitasvæði. Ekki voru allir þó sammála um þá túlkun, einkum þótti vafasamt að hafa Prestahnúk ekki með í upptalningunni.

Afmörkun hvers svæðis miðast við það svæði þar sem háviðnámskjarninn kemur fram á 800 m dýpi eða grynna (Knútur Árnason og Ragna Karlsdóttir 2006). ÍSOR vann síðan

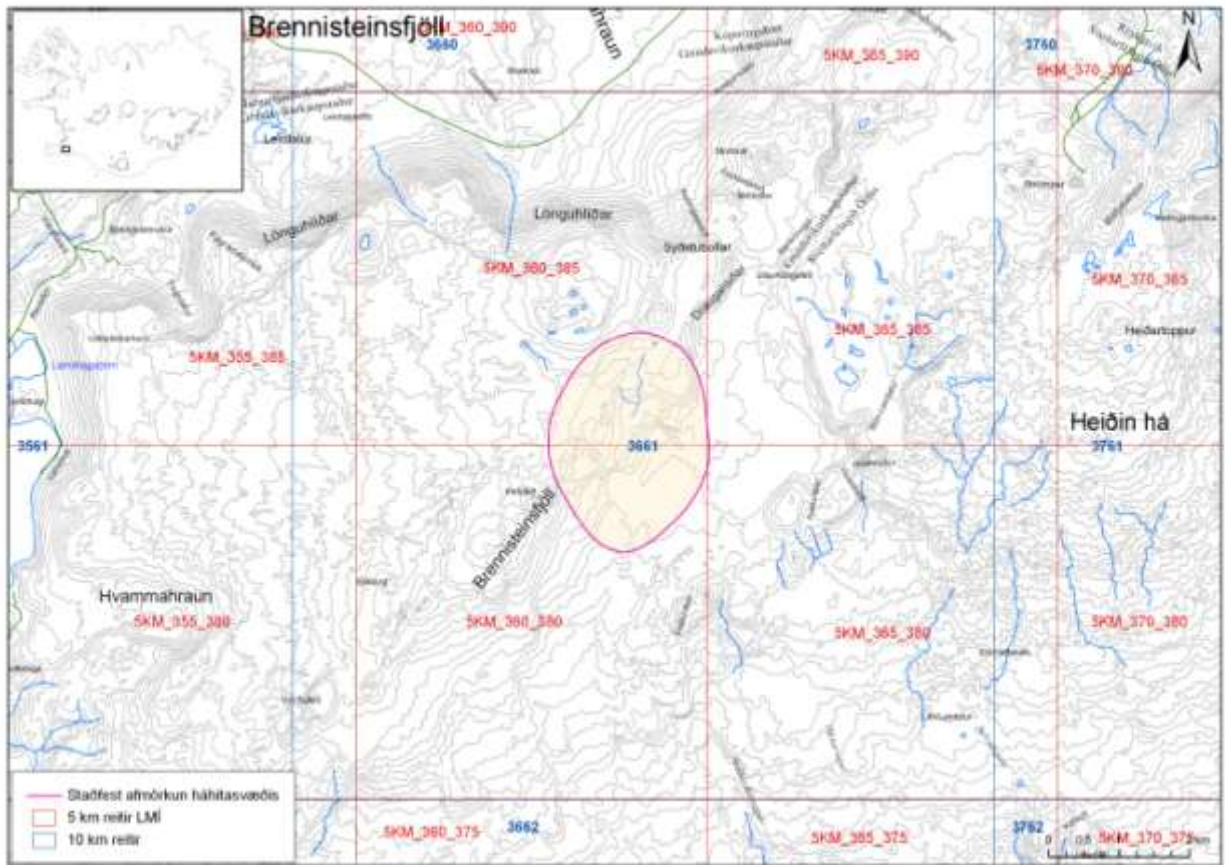
afmarkanir einstakra svæða á kort fyrir hópinn (myndir 1.-16.). Fyrir Námafjall og Kröflu er stuðst við viðnámskort fyrir 600 m dýpi undir sjávarmáli (myndir 13 og 14). Ekki eru til viðnámsmælingar frá Öskju, Kverkfjöllum og Hrúthálsum, en afmörkun háhitasvæðanna við Öskju og Kverfjöll hefur verið unnin út frá jarðfræðiupplýsingum. Svæðið við Hrúthálsa hefur ekki verið afmarkað.



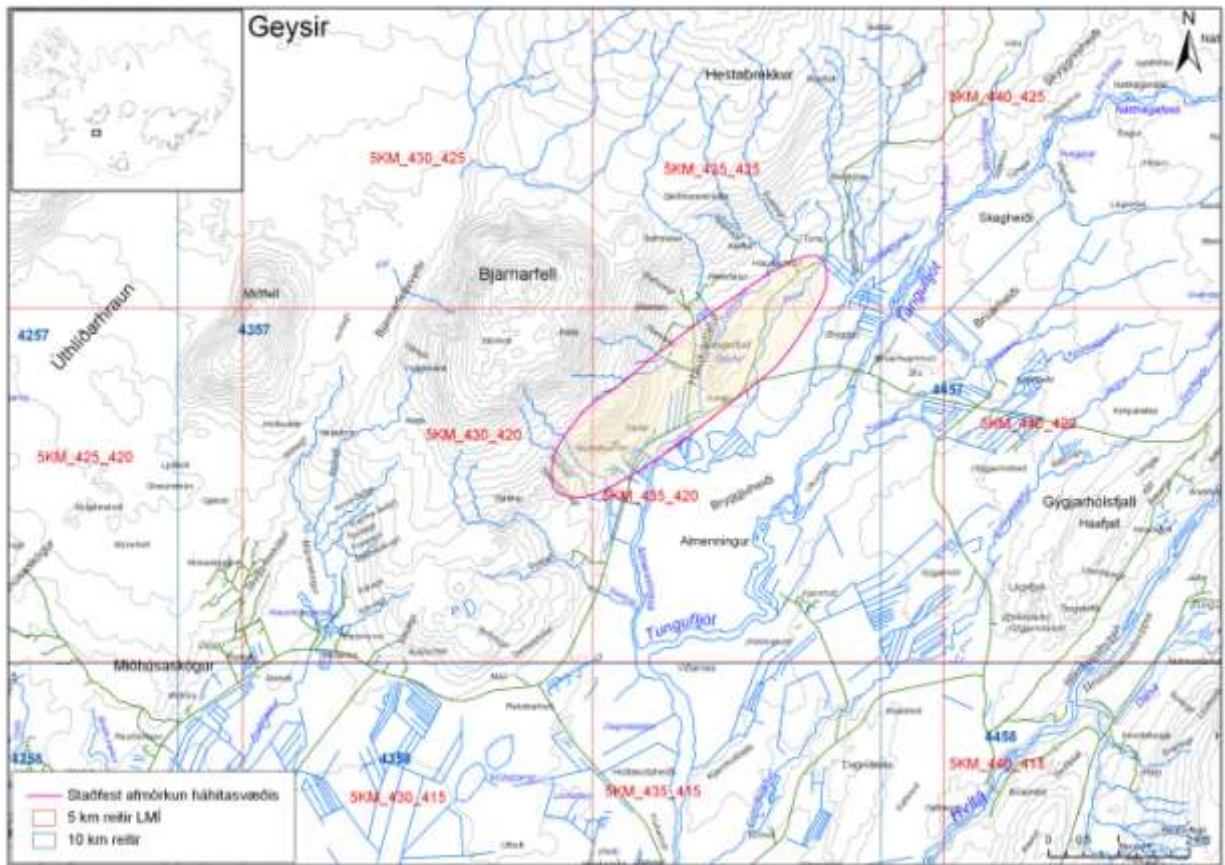
Mynd 1. Reykjanes, Svartsengi-Eldvörp. Afmörkun



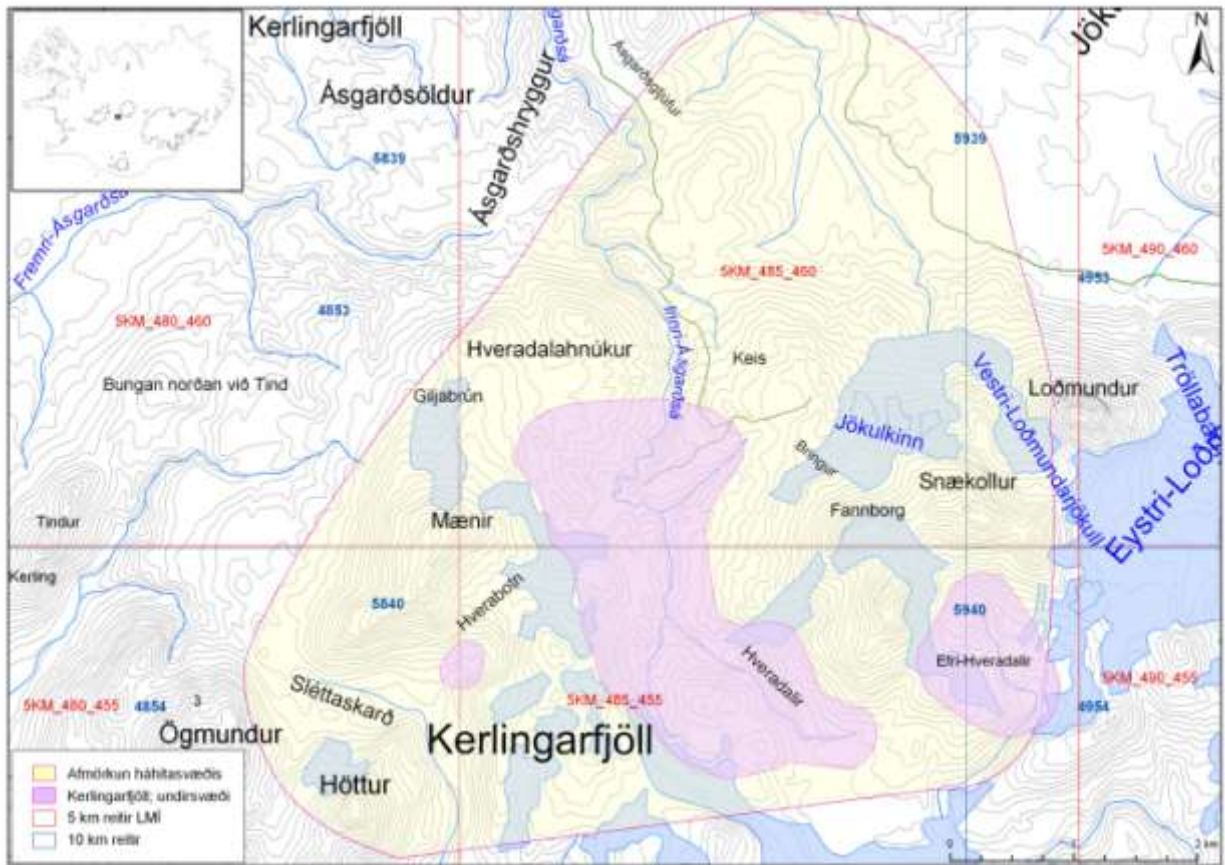
Mynd 2. Krýsuvík. Afmörkun



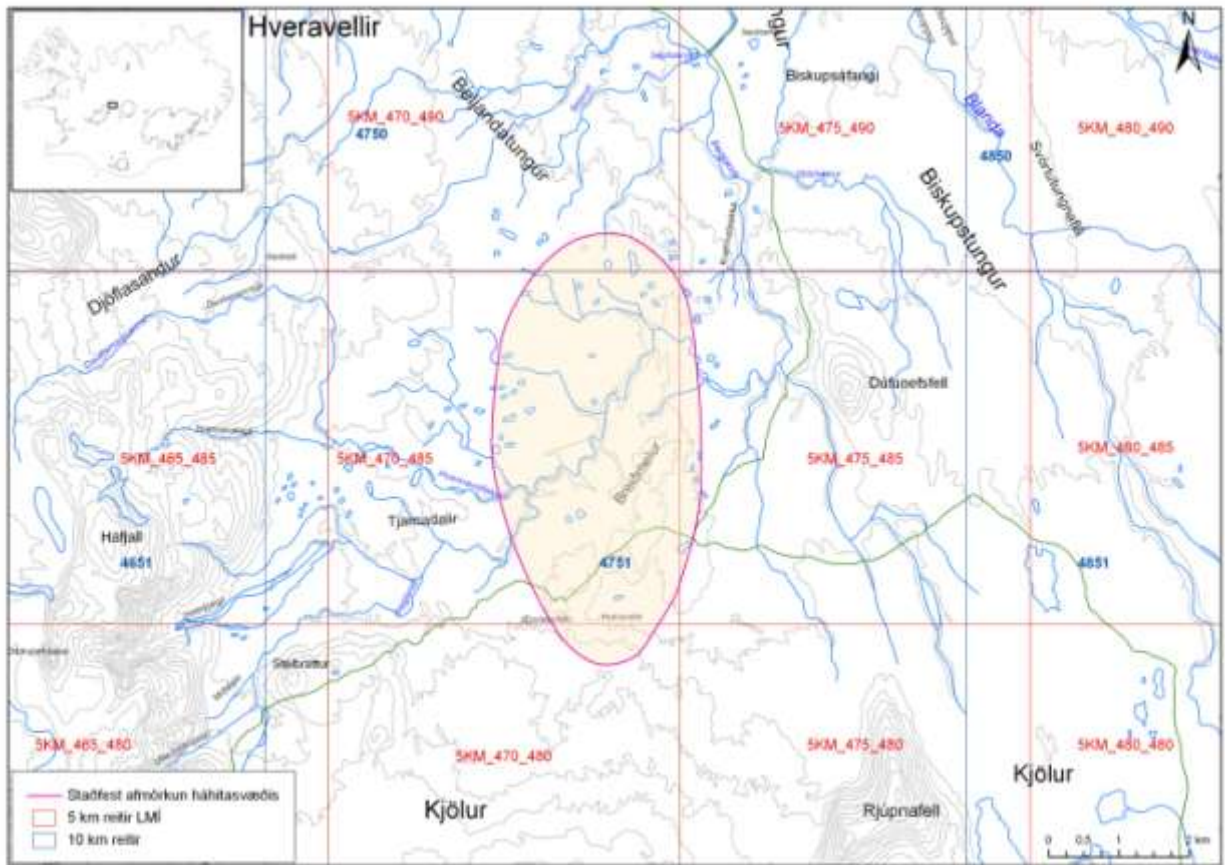
Mynd 3. Brennisteinsfjöll. Afmörkun



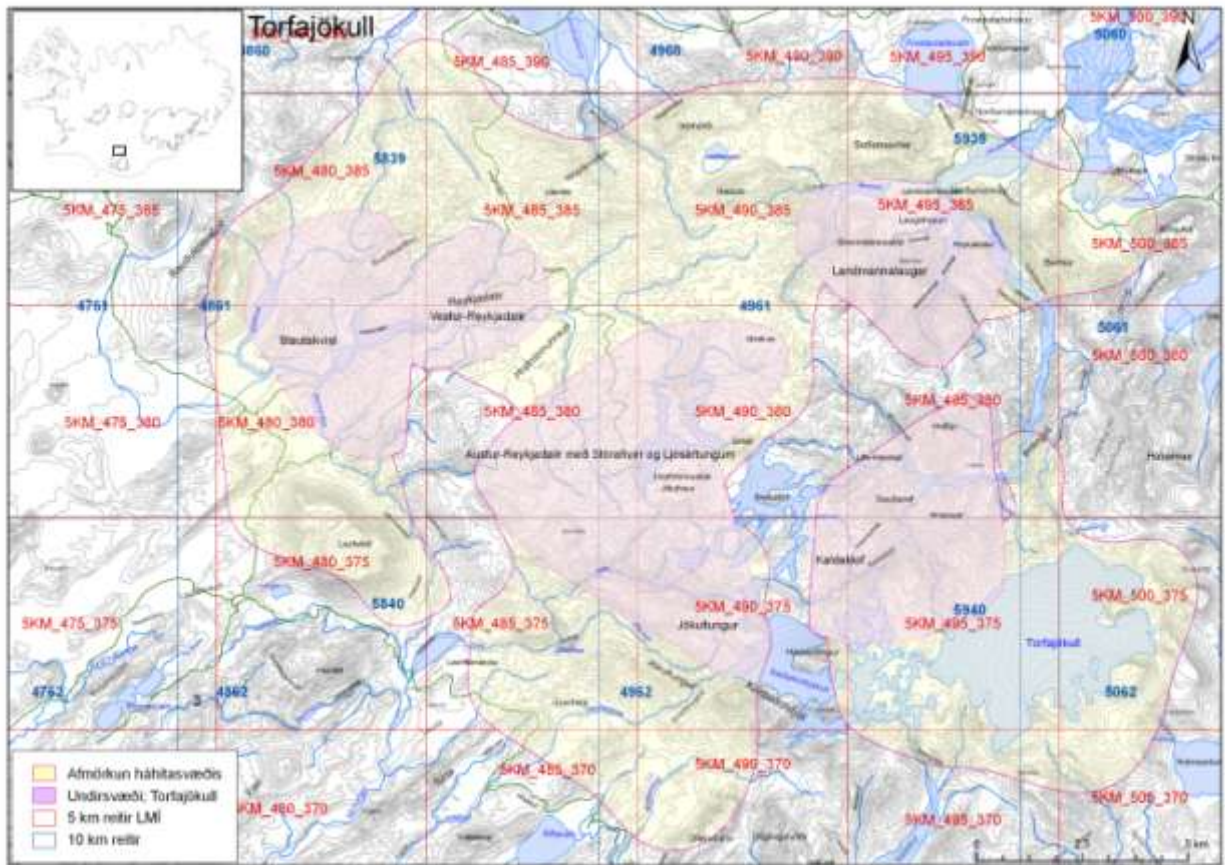
Mynd 4. Geysir. Afmörkun



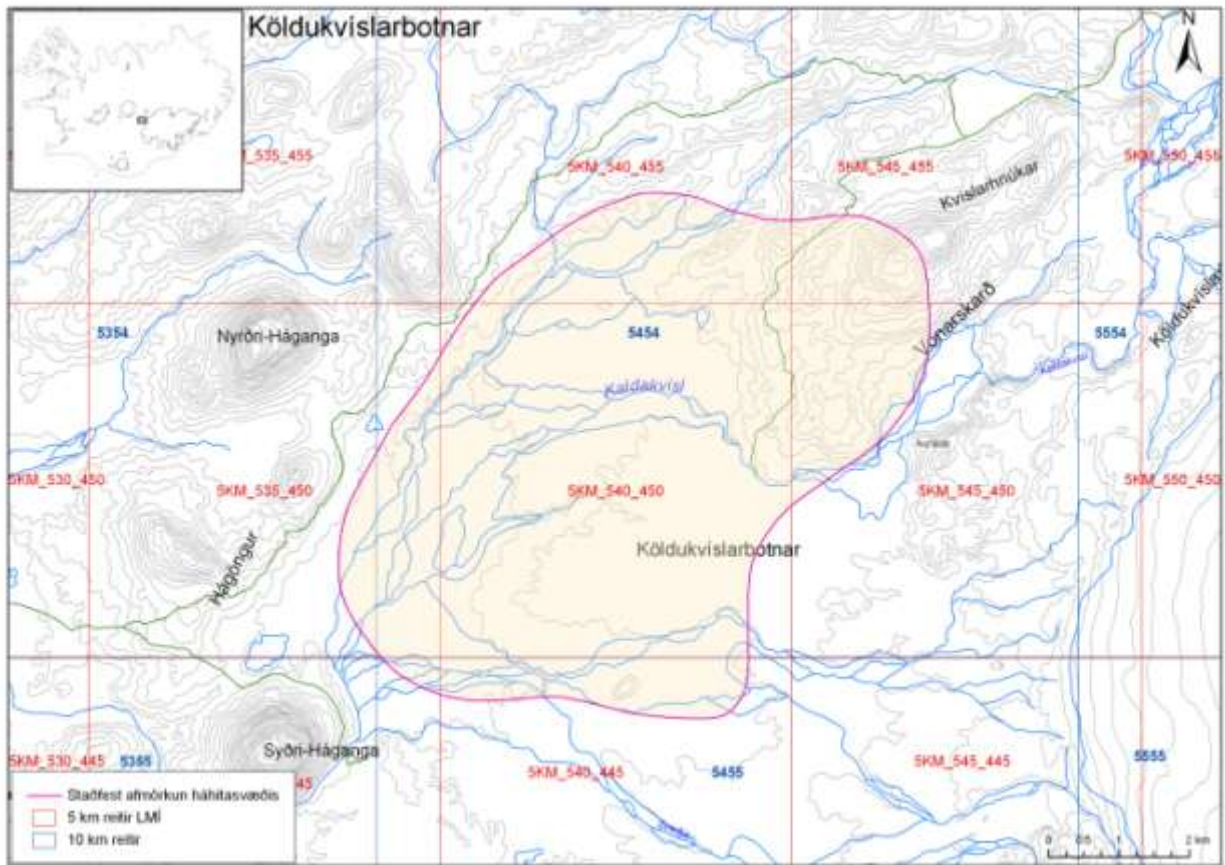
Mynd 5. Kerlingarfjöll. Afmörkun



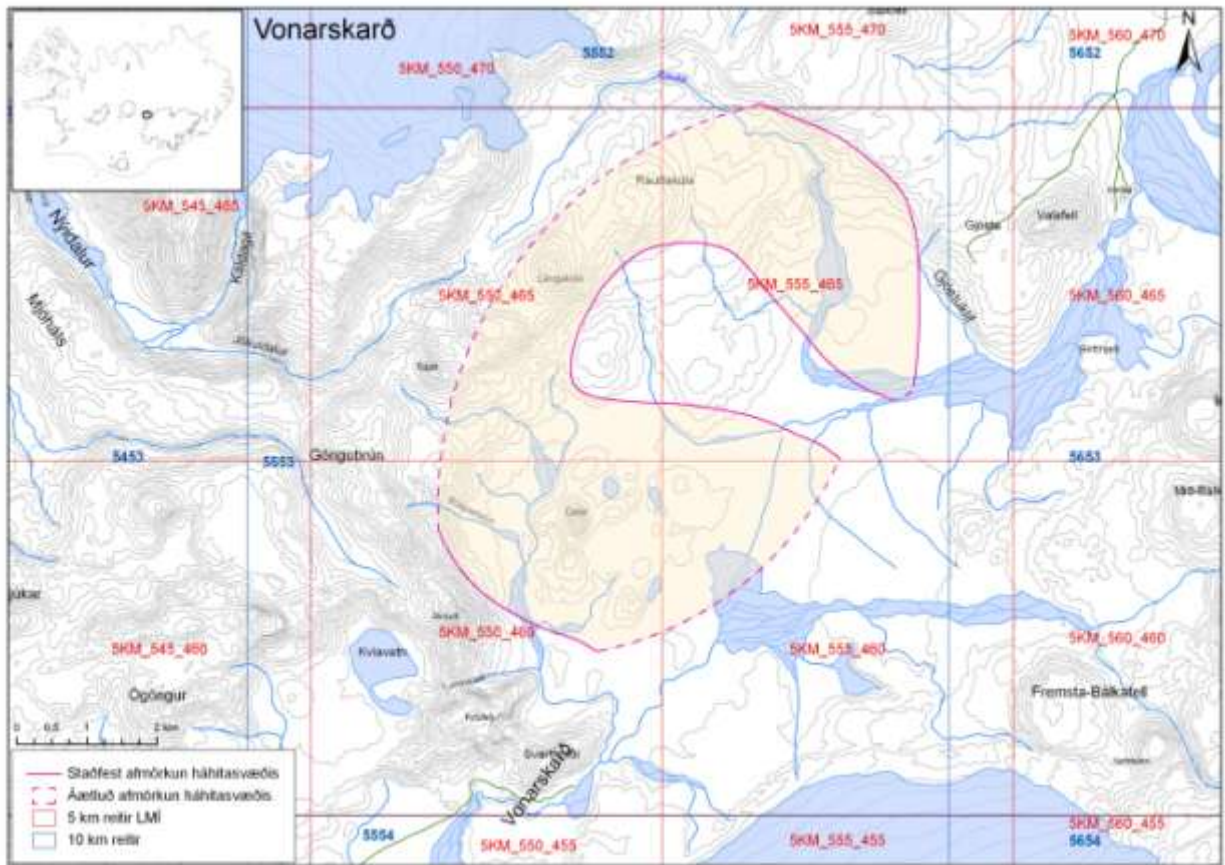
Mynd 6. Hveravellir. Afmörkun



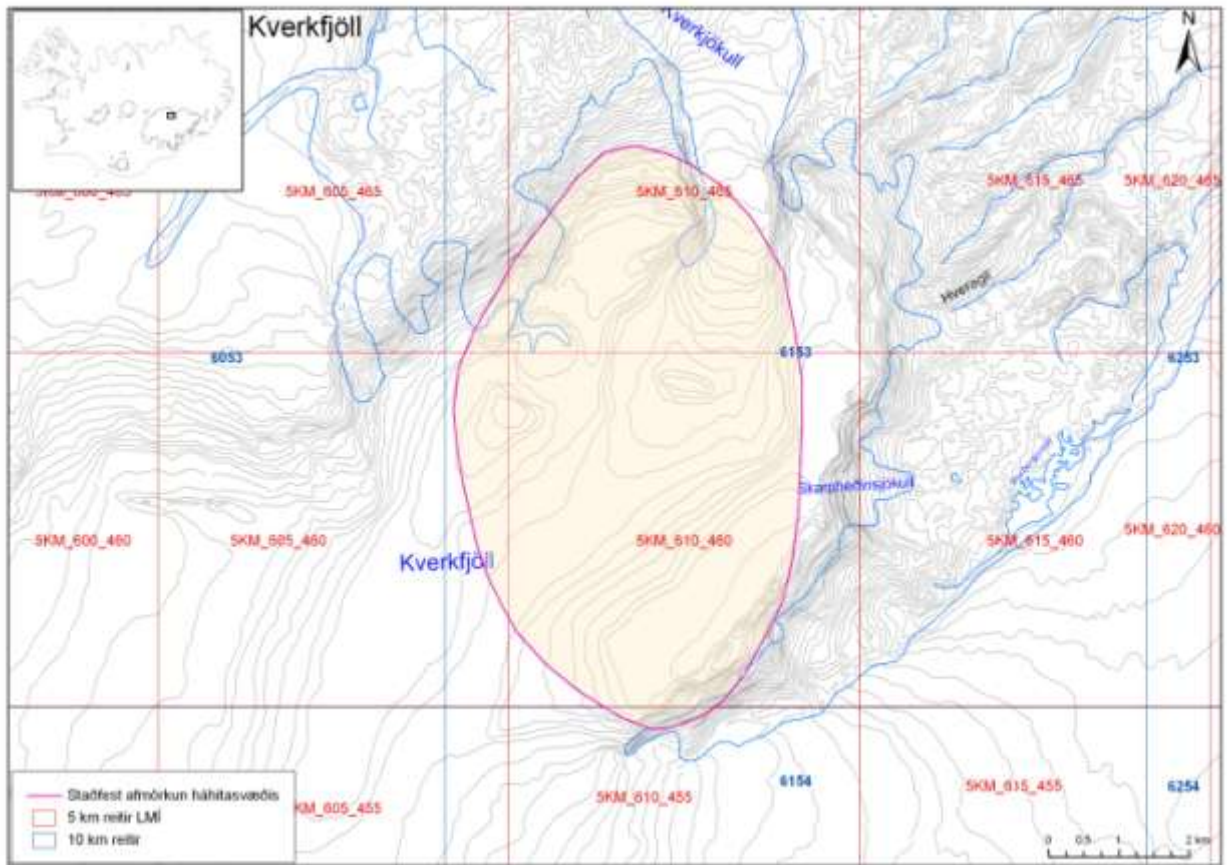
Mynd 7 Torfajökull. Afmörkun.



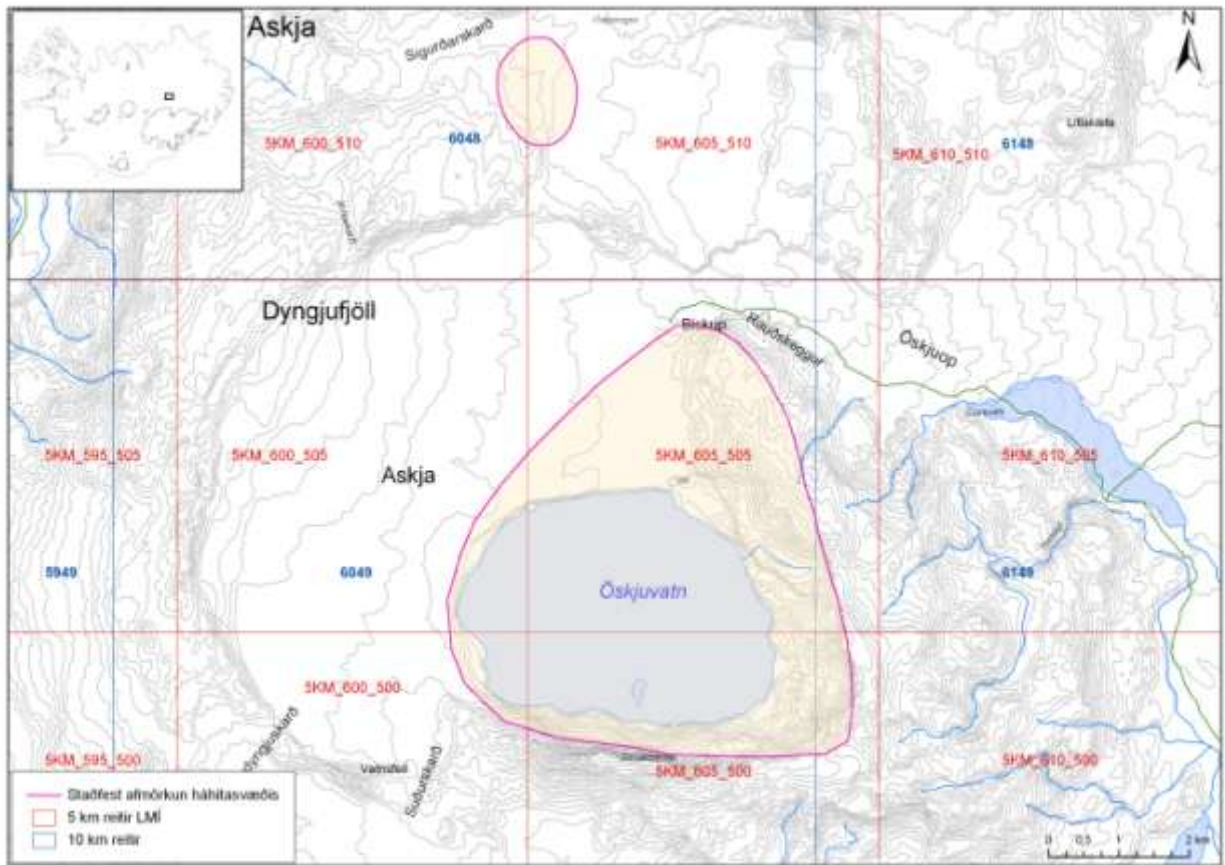
Mynd 8. Köldukvíslarbotnar (Hágöngur). Afmörkun



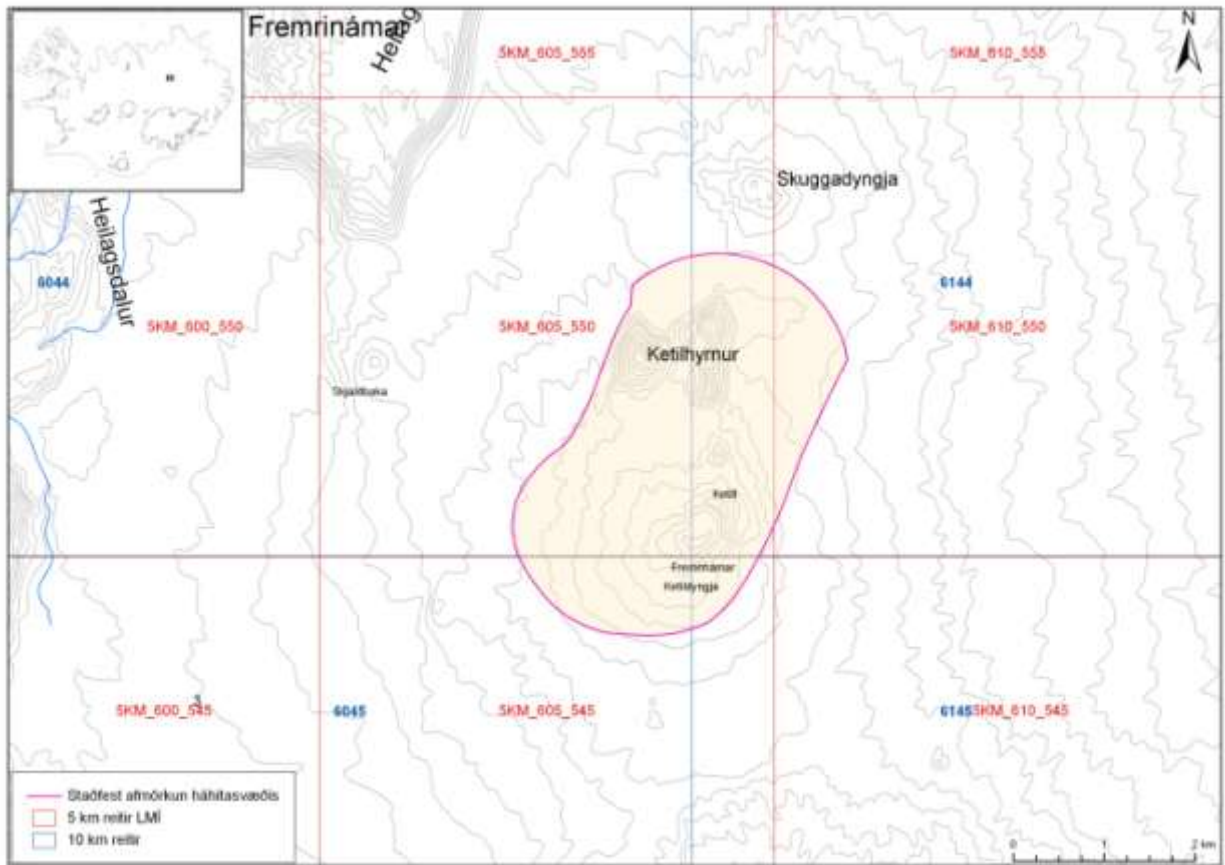
Mynd 9. Vonarskarð. Afmörkun



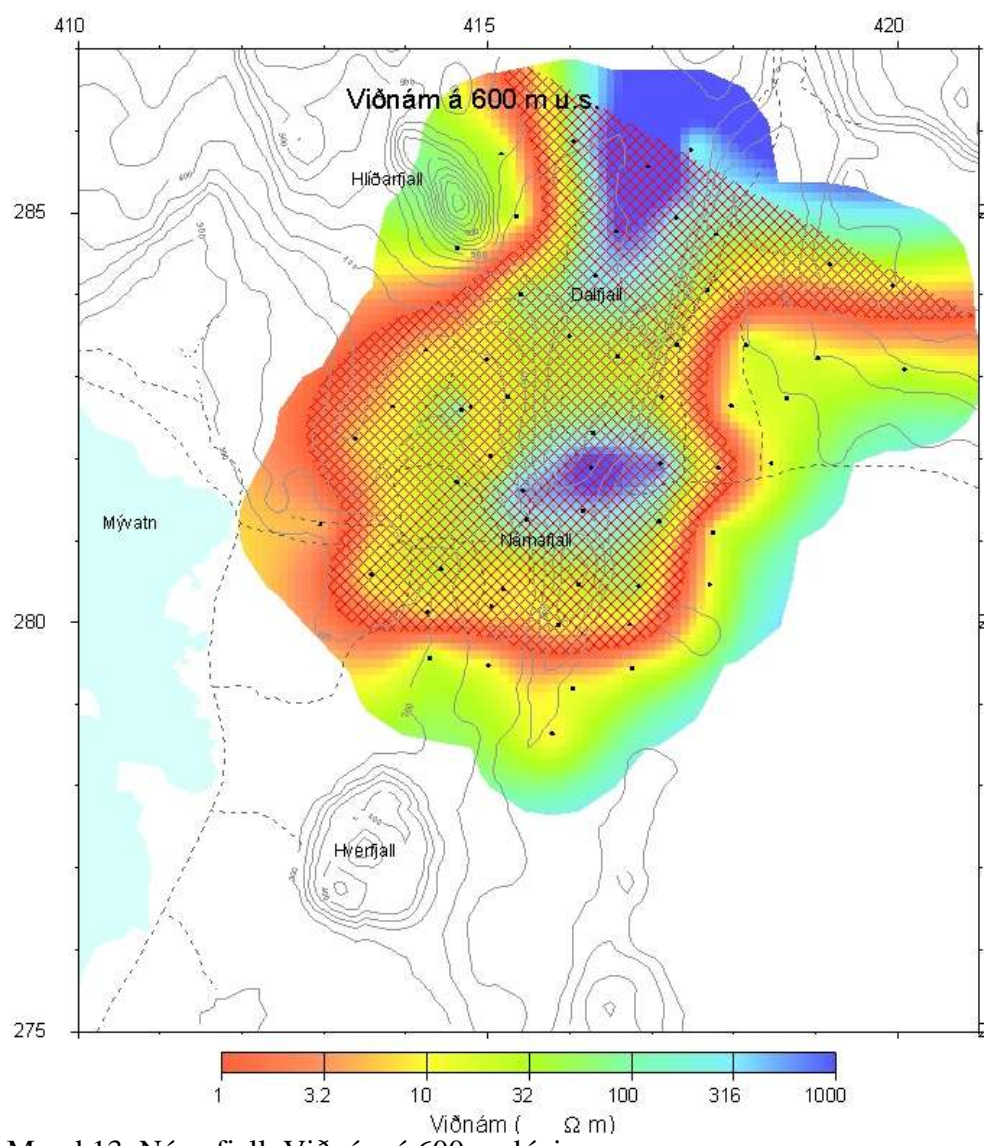
Mynd 10. Kverkfjöll. Afmörkun



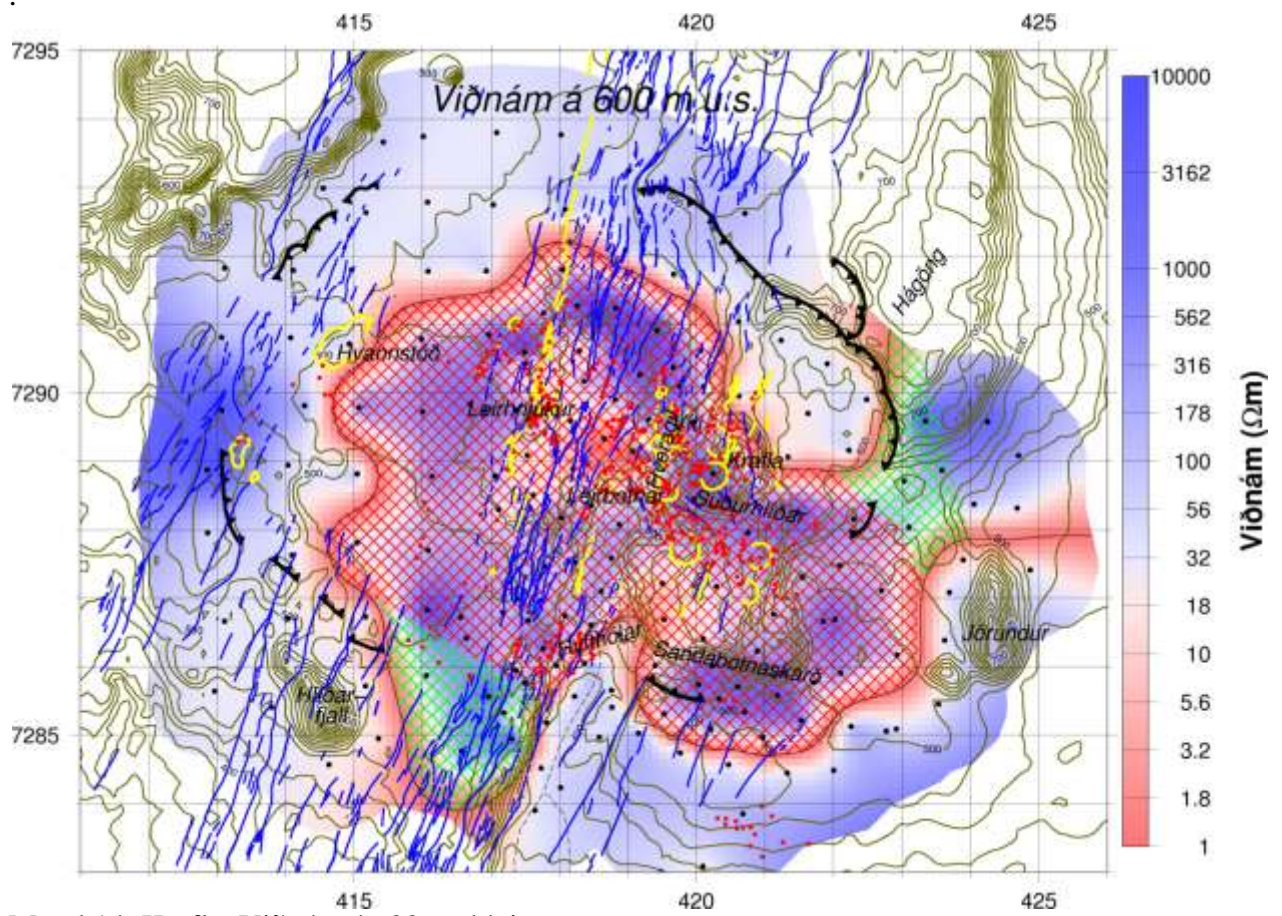
Mynd 11. Askja. Afmörkun



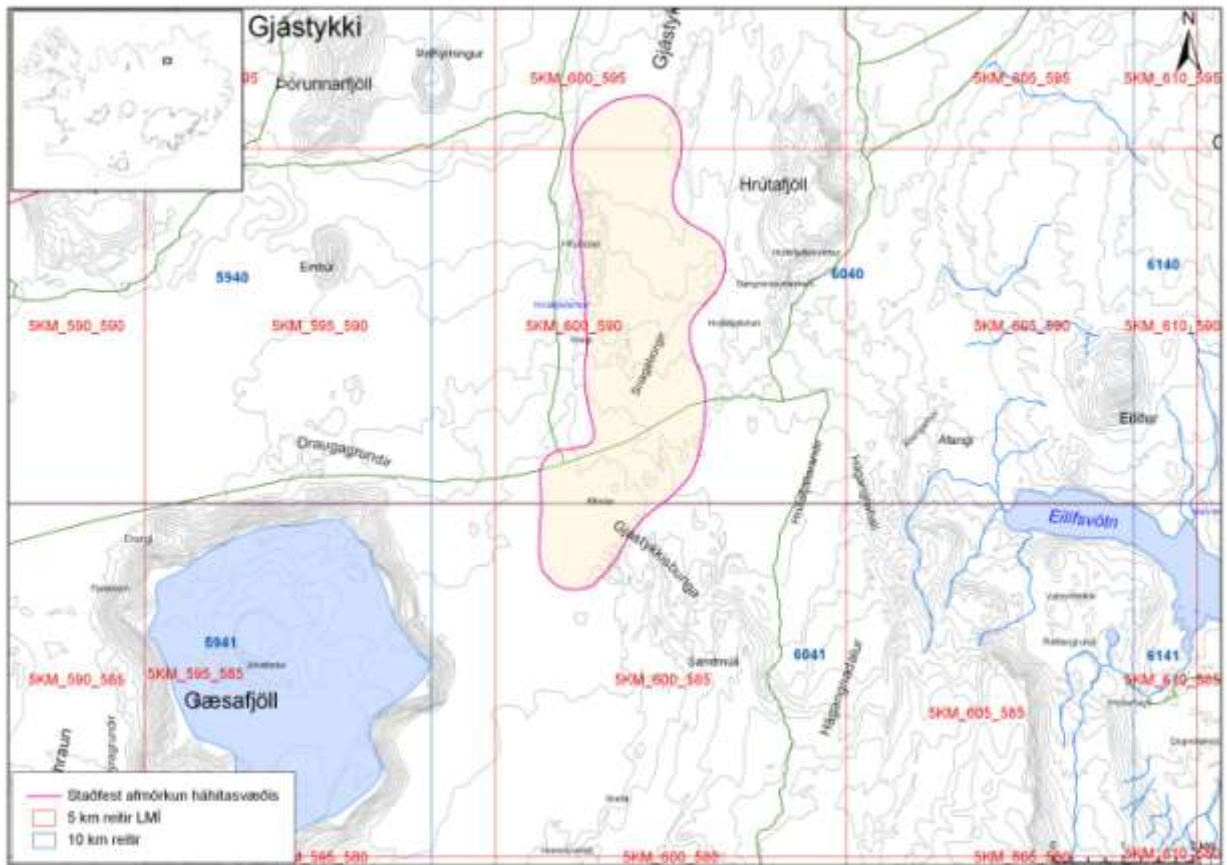
Mynd 12. Fremri námar. Afmörkun



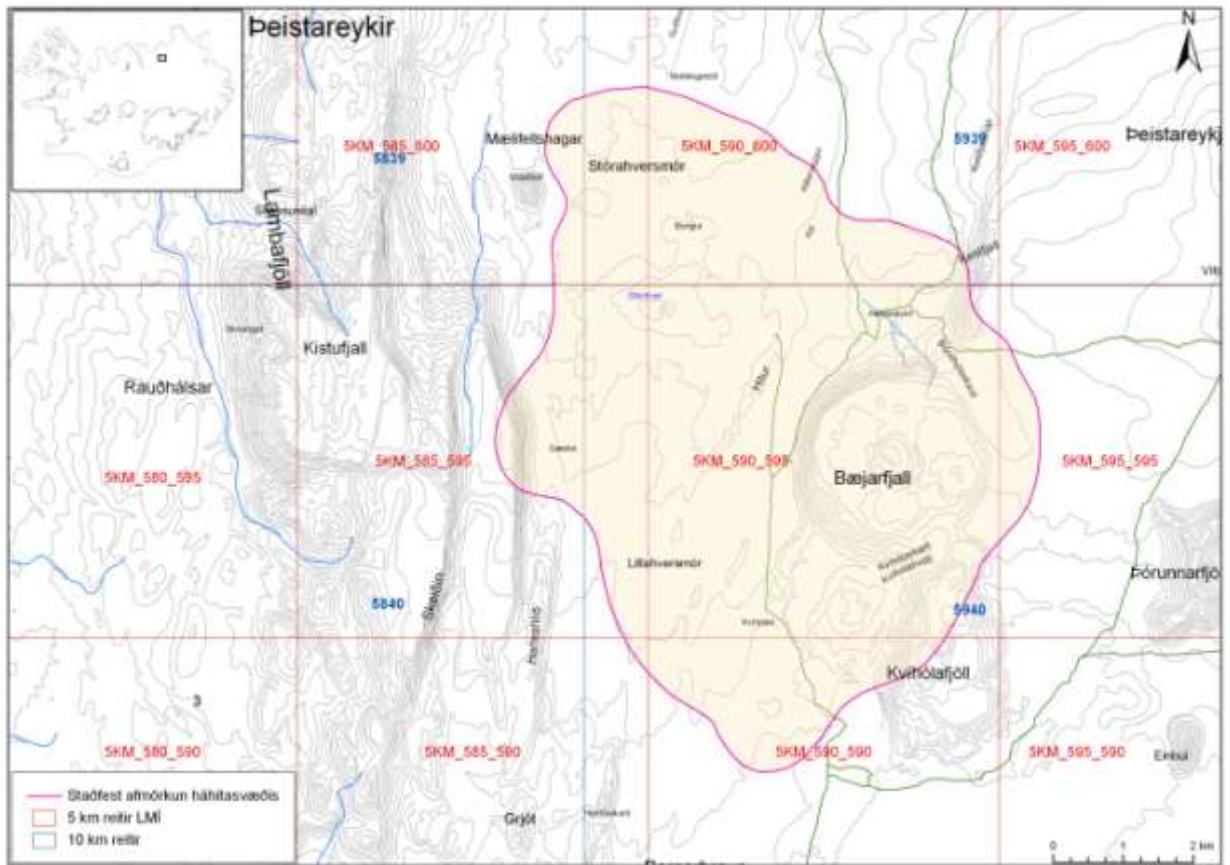
Mynd 13. Námafjall. Viðnám á 600 m dýpi u.s.



Mynd 14. Krafla. Viðnám á 600 m dýpi u.s



Mynd 15. Gjástykki. Afmörkun



Mynd 16. Peistareykir. Afmörkun

3. Rannsóknarverkefni tengd háhitahópi

Eitt hlutverk hópsins var að skilgreina þá þætti sem mestu máli skipta í heildarmati á vinnslueiginleikum og náttúruferli háhitasvæða. Hér á eftir segir frá stöðu þeirra rannsóknarverkefna sem lögð voru til.

Jarðfræðirannsóknir á Hveravöllum, Kerlingarfjöllum, Hríthálssum og Torfajökli er lokið. Skýrsla um TEM og MT mælingar í Vonarskarði er komin út. Af Kverkfjöllum er verið að teikna jarðfræðikort, sem Magnús Ólafsson og Helgi Torfason hafa unnið .

Verkefni um gróður og almennt náttúruferli er undir stjórn Ásrúnar Elmarsdóttur, Náttúrufræðistofnun og er skýrsla væntanleg mjög fljótlega.

Verkefni um jarðhitaminjar er undir stjórn Kristjáns Jónassonar, Náttúrufræðistofnun. Skýrsla um verkið er í burðarliðnum, þ.á.m. niðurstöður um mat á verndargildi.

Verkefni um súra ummyndun er unnið undir stjórn Andra Stefánssonar, Háskóla Íslands og Práins Friðrikssonar, ÍSOR. Tveir M.S. stúdentar, Sigurður Hafsteinn Markússon og Júlía Björke hafa unnið að rannsóknum í Krýsuvík og Torfajökli. Gerðu þau grein fyrir niðurstöðum sínum á fundi með háhitahópnum þann 5. mars 2009. Meistaravörn Sigurðar fór fram 27. október 2009 og vörn Júlíu er og skammt undan. Helstu niðurstöður varðandi Krýsuvík eru að þar er mikið magn koparsteinda, myndlaus kísill og anatase eru áberandi, mikil útskolun hefur átt sér stað og lítið eftir af Na og K steindum, MgSiO₂ er algengt og gifsmyndun ber merki verulegrar virkni. Varðandi Torfajökul eru helstu niðurstöður að þar finnst mesta ummyndun á ríólíti á Íslandi, ummyndunin nær yfir gríðarstórt svæði og hefur þannig veruleg áhrif á útlit Torfajökulssvæðisins, háhitasvæðið er mjög breytilegt og á yfirborði eru vatnshverir, leirhverir og ölkeldur og kemur fjöldi ummyndarsteinda fram auk þess sem ummyndunarstig er mjög breytilegt.

Verkefni um fornminjar á háhitasvæðum er unnið var undir stjórn Kristínar Huldar Sigurðardóttur, Fornleifavernd ríkisins, er lokið og skýrslur um fornleifaskráningu á 16 háhitasvæðum liggja fyrir.

Verkefni um örverur á háhitasvæðum er unnið undir stjórn Sólveigar K. Péturdóttur, Matís. Er m.a. tilbúin frá henni fræðigreinin um Termus bakteríur. Skýrslum um örverur á einstökum svæðum er lokið. Bráðabirgðaskýrslu um verkefni um heildarúttekt sem ljúka á með gagnagrunni um örverur á háhitasvæðum Íslands verður skilað um mánaðamótin október – nóvember 2009 en lokaskýrslu vorið 2010..

4. Verndar- og nytjaflokkar

Í töflu 2 eru sýndir þeir eiginleikar sem lagðir eru til grundvallarflokkun háhitasvæðanna samkvæmt tillögum hópsins. Annars vegar eru svæði flokkuð út frá verndargildi og hins vegar út frá nýtingargildi. Fara verður varlega í að skilgreina undirflokkar ef matið á að vera tiltölulega gagnsætt. Þó var gerð tilraun til slíkrar aðgreiningar þar sem tínd eru til helstu atriði sem styðjast þarf við þegar einkunn er gefin fyrir verndar- eða nýtingargildi og eru þau talin í töflu 3 fyrir verndargildi og töflu 4 fyrir nýtingargildi.

Tafla 2. EIGINLEIKAR TIL NOTKUNAR VIÐ FLOKKUN HÁHITASVÆÐA MIÐAÐ VIÐ VERNDAR- OG NÝTINGARGILDI

Vernd	
Yfirborðsummerki jarðhita	
Lífríki	
Jarðmyndanir	
Einstæð náttúruvirkni	
Sögulegt gildi	
Hrif	
Nýting	
Stærð (viðnám)	
Yfirborðsvirkni	
Hiti	
Aðgengi	
Rúmmálsmat	
Nýtingarhæfni	

Tafla 3. *Vernd* – Atriði sem horfa þarf til/meta þegar háhitasvæði eru metin

Yfirborðsummerki

Laugar, hverir, gufuaugu, ummyndun

Lífríki

Tegundir lífvera (sjaldgæfar, á válista), gróðurfélög, vistgerðir, fágæti, fjölbreytni, upprunagildi, vísindagildi, alþjóðlegt mikilvægi

Jarðmyndanir

Gígar, hraun, rof, skriður, sprungur

Einstæð náttúruvirkni

Sögulegt gildi

Heimildir til, fornleifar

Hrif

Tafla 4. *Nýting* – Atriði sem stuðst er við þegar háhitasvæði eru metin

Stærð

Viðnám, hátt undir lágu á 500 m dýpi, samtenging

Yfirborðsvirkni

Flatarmál, gerð, efnahiti, dreifing gasstreymis frá jarðvegi

Hiti

Í jarðvegi (t.d. á 15 cm dýpi), í hverum, gufuaugum, niðurstöður fjarkönnunar

Aðgengi

Vegir, veðurfar, hæð yfir sjávarmáli

Nýtingarhæfni

Sýrustig, útfellingahætta, mengandi útblástur

Ákveðið var að gefa 5 einkunnir fyrir hvern flokk, þ.e. 0, 1, 3, 6, 10, og er hver einkunn skilgreind nánar fyrir hvern flokk (Tafla 5).

Tafla 5.

EINKUNNASKALI

- 0: Gjörsteytt eiginleika eða ekkert vitað
- 1: Fjölbreytni lítil, ekkert sérstætt; lítil verðmæti
- 3: Fjölbreytni í meðallagi, fátt sérstætt;; nokkur verðmæti
- 6: Veruleg fjölbreytni, ýmis sérstæð fyrirbæri til staðar; mikil verðmæti
- 10. Mikil fjölbreytni, fjöldi sérstæðra fyrirbrigða; mjög mikil verðmæti

5. Prófun kerfis

Farnar voru ferðir á 3 mismunandi svæði, Krýsuvík, Brennisteinsfjöll og Námafjall til að prófa þetta flokkunarkerfi og virtist það gefa nokkuð góða raun. Dæmi um niðurstöður eru í töflum 6 og 7.

Tafla 6

Einkunnir - Vernd

Verndarflokkur	Krýsuvík Seltún- Sveifluháls	Brennisteinsfjöll	Námafjall
Yfirborðsummerki jarðhita	3	1	6
Lífríki	3	1	6
Jarðmyndanir	3	6	3
Einstæð náttúrufyrirbæri	3	3	3
Sögulegt gildi	6	6	6
Hrif	6	6	6
Samtals	24	23	30

Tafla 7

Einkunnir - Nýting

Nýtingarflokkur	Krýsuvík Seltún- Sveifluháls	Brennisteinsfjöll	Námafjall
Stærð	10	1	3
Yfirborðsvirkni	6	1	10
Hiti	6	6	10
Aðgengi	10	1	10
Rúmmálsmat	10	3	6
Nýtingarhæfni	10	6	10
Samtals	52	18	49

6. Heimildir og upplýsingar um háhitasvæði sem koma til mats í 2. áfanga Rammaáætlunar

Hópurinn ákvað að draga saman heimildir um háhitasvæðin.

Yfirlitsefni:

1. **Haukur Jóhannesson og Kristján Sæmundsson 2005.** Flokkun jarðhitafyrirbæra á háhitasvæðum. ÍSOR-2005/023. 21 bls.
2. Miðhálandi Íslands. Svæðisskipulag 2015, greinargerð og kortamappa. Umhverfissráðuneyti og Skipulagsstofnun. 220 bls. og fjölmörg kort.
3. Niðurstöður 1. áfanga rammaáætlunar. 2003. 76 bls.
4. **Rögnvaldur Guðmundsson 2001.** Ferðamenn á hálandi Íslands – sumarið 2000. 86 bls. og viðaukar.
5. **Rögnvaldur Guðmundsson 2003.** Gildi hálendisins fyrir ferðaþjónustu og útivist til 2020. 184 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. OS-85076/JHD-10. 134 bls.
7. **Knútur Árnason, Ragna Karlsdóttir, Hjálmar Eysteinnsson, Ólafur G. Flóvenz og Steinar Þór Guðlaugsson 2000.** The resistivity structure of high-temperature geothermal systems in Iceland. – WGC 2000 í Japan.
8. **Iðnaðarráðuneytið 1994.** Innlendir orkulindir til vinnslu raforku. 153 bls.
9. **Knútur Árnason og Ragna Karlsdóttir 2006.** Mat á stærð háhitakerfa með viðnámsmælingum. Unnið fyrir Orkustofnun. Greinargerð, ÍSOR-06108. 8 bls.
10. **Helgi Torfason, 2003: Jarðhitakort af Íslandi og gagnasafn um jarðhita.** Náttúrufræðistofnun Íslands og Orkustofnun, NÍ-03016; OS-2003/062. 167 bls.
11. **Stefán Arnórsson 1995:** Geothermal systems in Iceland; structure and conceptual models – I. High temperature areas. *Geothermics* 24, 561-602.
12. **Halldór Ármannsson, Hrefna Kristmannsdóttir, Guðný Þ. Pálsdóttir og Árni Jón Reginsson 1993: Áhrif vinnslu jarðhita á umhverfið. Framvinduskýrsla um forverk og mótun samvinnuverkefnis.** OS-93034/JHD-09, 239 bls.
13. **Gretar Ívarsson, Magnús Á Sigurgeirsson, Einar Gunnlaugsson, Kristján H. Sigurðsson og Hrefna Kristmannsdóttir 1993:** Mælingar á gasi í andrúmslofti. Styrkur brennisteinsvetnis, brennisteinsdíoxíðs og kvikasilfurs á háhitasvæðum. OS-93074/JHD-16, 69 bls.

Reykjanes:

1. **VSÓ ráðgjöf 2002.** Jarðhitanýting á Reykjanesi. Mat á umhverfisáhrifum. 101 bls. auk viðauka. Jarðhitakort.
2. **Kristján Sæmundsson.** Jarðfræðikort af Reykjaneskaganum – unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja. Óútgefið en tölvutekið.
3. **Ragna Karlsdóttir 1997.** TEM-viðnámsmælingar á utanverðum Reykjaneskaga. OS-97001. 63. bls.
4. **Ragna Karlsdóttir 2005.** TEM-mælingar á Reykjanesi 2004. ÍSOR-2005/002. 22 bls.
5. **Sveinbjörn Björnsson 1971.** Reykjanes. Heildarskýrsla um rannsókn jarðhitasvæðisins. Orkustofnun. 188 bls.
6. **Halldór Ármannsson 1997.** Reykjanes. Forkönnun vegna mats á umhverfisáhrifum. OS-97031. 58 bls.

7. *Vigdís Harðardóttir, Halldór Ármannsson og Sverrir Þórhallsson 2005*: Characterization of sulfide-rich scales in brine at Reykjanes. Í Roland Horne og Ender Okandan (ritstj.). Proceedings of the World Geothermal Congress 2005, Antalya, Turkey, 24. – 29. apríl 2005. International Geothermal Association, Reykjavík, CD 8 bls.

Eldvörp/Svartsengi:

1. *Ragna Karlsdóttir 1997*. TEM-viðnámsmælingar á utanverðum Reykjanesskaga. OS-97001. 63. bls.
2. *Lúðvík S. Georgsson 1991*. TEM-viðnámsmælingar í Svartsengi og Eldvörpum sumarið 1991. OS-91053/JHD-31 B. 12 bls.
3. *Kristján Sæmundsson*. Jarðfræðikort af Reykjanesskaganum – unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja. óútgefið.
4. *Ragna Karlsdóttir 1998*. TEM-viðnámsmælingar í Svartsengi 1997. OS-98025. 44 bls.
5. *Jón Örn Bjarnason 1996*. Svartsengi. Efnavöktun 1988-1995. OS-96082/JHD-10. 125 bls.
6. *Ragna Karlsdóttir og Arnar Már Vilhjálmsson 2008*: Eldvörp. TEM-mælingar 2008. ÍSOR 2008/037, 35 bls.

Trölladyngja/Krýsuvík:

1. *Almenna verkfræðistofan hf. 2001*. Yfirlit rannsókna á jarðhitasvæðinu í Krýsuvík. 29 bls.
2. *Stefán Arnórsson, Guðmundur Guðmundsson, Stefán G. Sigurmundsson, Axel Björnsson, Einar Gunnlaugsson, Gestur Gíslason, Jón Jónsson, Páll Einarsson og Sveinbjörn Björnsson 1975*. Krýsuvíkursvæði. Heildarskýrsla um rannsókn jarðhitans. OS-JHD-7554. 77 bls.
3. *Hjálmar Eysteinnsson 2001*. Viðnámsmælingar umhverfis Trölladyngju og Núpslíðarháls, Reykjanesskaga. OS-2001/038. 110 bls.
4. *Ólafur G. Flóvenz og Kristján Ágústsson 1985*. Viðnámsmælingar við Trölladyngju. Orkustofnunun. 16 bls.
5. *Halldór Ármannsson og Sverrir Þórhallsson 1996*. Krýsuvík. Yfirlit um fyrri rannsóknir og nýtingarmöguleika ásamt tillögum um viðbótarrannsóknir. OS-96012/JHD-06 B. 25 bls.
6. *Sverrir Þórhallsson, Benedikt Steingrímsson, Halldór Ármannsson, Hjálmar Eysteinnsson, Knútur Árnason, Kristján Sæmundsson, Sigvaldi Thordarson, Snorri pall Kjaran og Skúli Víkingsson 2005*: Rannsóknaráætlun fyrir Krýsuvíkursvæðið. Greinargerð ÍSOR- 05162, 41 bls.
7. *Bjarni F. Einarsson 1998*: Krýsuvík. Fornleifar og umhverfi. Fornleifafræðistofan, 24 bls. + fylgirit

Brennisteinsfjöll:

1. *Helgi Torfason og Magnús Á. Sigurgeirsson 2001*. Brennsteinsfjöll. Rannsóknir á jarðfræði svæðisins. OS-2001/048. 23. bls. og jarðfræði/jarðhitakort.

2. **Ragna Karlsdóttir 1995.** Brennisteinsfjöll. TEM-viðnámsmælingar. OS-95044/JHD-06. 41 bls.
3. **Kristján Sæmundsson 2004.** Brennisteinsfjöll. Þættir til athugunar vegna rannsóknarborana. Greinargerð ÍSOR, KS-04/18. 13 bls. Nýtt jarðhitakort.
4. **Maochang, Huang 2001.** Possible environmental impacts of drilling exploratory wells for geothermal development in the Brennisteinsfjöll area, SW-Iceland. Geothermal Training Programme. United Nations University. Report 2001, nr. 5., bls.83-114.

Hengill:

1. **Kristján Sæmundsson og Guðmundur Ómar Friðleifsson 2003.** Jarðfræði- og jarðhitakort af Hengilssvæði. Endurskoðun sunnan Hengils. ÍSOR-2003/020. 42 bls. og jarðfræði og jarðhitakort.
2. **Knútur Árnason, Guðmundur Ingi Haraldsson, Gunnar V. Johnsen, Gunnar Þorbergsson, Gylfi Páll Hersir, Kristján Sæmundsson, Lúðvík S. Georgsson og Snorri Páll Snorrason. 1986.** Nesjavellir. Jarðfræði- og jarðeðlisfræðileg könnun 1985. OS-86017/JHD-02. 125 bls.
3. **Knútur Árnason, Guðmundur Ingi Haraldsson, Gunnar V. Johnsen, Gunnar Þorbergsson, Gylfi Páll Hersir, Kristján Sæmundsson, Lúðvík S. Georgsson, Sigurður Th. Rögnvaldsson og Snorri Páll Snorrason. 1987.** Nesjavellir-Ölkelduháls. Yfirborðsrannsóknir 1986. OS-87018/JHD-02. 112 bls.
4. **Helgi Torfason, Gylfi Páll Hersir, Kristján Sæmundsson, Gunnar V. Johnsen og Einar Gunnlaugsson 1983.** Vestur-Hengill. Yfirborðsrannsókn jarðhitasvæðisins. OS-83119/JHD-22. 113 bls.
5. **Knútur Árnason og Ingvar Þór Magnússon 2001.** Jarðhiti við Hengil og á Hellisheiði. Niðurstöður viðnámsmælinga. OS-2001/091. 250 bls.
6. **Grímur Björnsson og Arnar Hjartarson 2003.** Reiknilíkan af jarðhitakerfum í Hengli og spár um framtíðarástand við allt að 129 MW rafmagnsframleiðslu á Hellisheiði og 120 MW á Nesjavöllum. **ÍSOR-2003/009** 150 bls.
7. **Gylfi Páll Hersir, Grímur Björnsson, Axel Björnsson og Hjálmar Eysteinnsson 1990.** Eldstöðvar og jarðhiti á Hengilssvæði. Jarðeðlisfræðileg könnun – Viðnámsmæligögn. OS-90032/JHD-16 B. 89 bls.
8. **Þóra Ellen Þórhallsdóttir 2002.** Gildi landslags á Hengilssvæðinu, einkum þeim svæðum sem til greina koma vegna orkuvinnslu. 44 bls.
9. **Grétar Ívarsson 1996.** Jarðhitagas á Hengilssvæðinu. Söfnun og greining 1993-1995. Hitaveita Reykjavíkur.
10. **Viggó Þór Marteinnsson, Sólveig K. Pétursdóttir, Sólveig Ólafsdóttir og Steinunn Magnúsdóttir 2004.** Líffræðileg fjölbreytni hvera og lauga á Hengilssvæðinu. Prokaria.
8. **Gestur Gíslason, Grétar Ívarsson, Einar Gunnlaugsson, Arnar Hjartarson, Grímur Björnsson og Benedikt Steingrímsson 2005.** Production monitoring as a tool for field development. Í Roland Horne og Ender Okandan (ritstj.). Proceedings of the World Geothermal Congress 2005, Antalya, Turkey, 24. – 29. apríl 2005. International Geothermal Association, Reykjavík, CD 9 bls.

Grændalur/Hveragerði:

1. *Sunnlensk orka 2001*. Borun rannsóknarholu og vegagerð í Grændal í Ölfusi. Mat á umhverfisáhrifum. 87 bls. auk viðauka.
2. *Hjálmar Eysteinnsson 2000*. TEM-viðnámsmælingar í Grændal árið 2000. OS-2000/066. 82 bls.
3. *Kristján Sæmundsson og Guðmundur Ómar Friðleifsson 1992*. Hveragerðis-eldstöð jarðfræðilýsing. OS-92063/JHD-35 B. 33 bls.
4. *Sveinn S. Einarsson 1961*. Proposed 15 Megawatt geothermal power station at Hveragerði, Iceland. United Nations Conference on New Sources of Energy, Rome, G/9, bls. 354-364.
5. *Sveinbjörn Björnsson 1975*. Borholur í Ölfusdal. Afl og hugsanleg nýting. OS-JHD-7515, 13 bls.
6. *Benedikt Steingrímsson 1991*. Borholur í Ölfusdal. Ástand, hiti og afl. Orkustofnun – BS-91/01, 15 bls.
7. *Sun Zhanxue 1998*: Geothermometry and chemical equilibria of geothermal fluids from Hveragerði, SW-Iceland and selected hot springs Jiangxi province, SE-China. . Geothermal Training Programme. United Nations University. Report 1998, nr. 14., bls. 373-402.
8. *Héðinn Björnsson og Halldór Ármannsson 2008*. Aflmat holna HV-6, HV-7 og HV-8 í Ölfusdal í September 2008. ÍSOR-2008/067,

Prestahnúkur:

1. *Pórolfur H. Hafstað og Stefán Arnórsson 1971*. Perlusteinn í Prestahnúk. Jarðfræðikönnun unnin samhliða rannsóknarborunum sumarið 1971. Orkustofnun. 20 bls.
2. *Gylfi Einarsson og Stefán Arnórsson 1973*. Efnasamsetning á perlusteini í Prestahnúk. OS-JKD-7301. 35 bls.

Geysir:

1. *Helgi Torfason 1985*. The Great Geysir. Geysisnefnd. 23 bls.
2. *Ragna Karlsdóttir 2004*. TEM-mælingar á Geysissvæði. ÍSOR-2004/029. 68 bls.
3. *Hrefna Kristmannsdóttir 1999*. Geysir í Haukadal: jarðefnafræðileg athugun. GRG HK-99/01. 2 bls.
4. *Helgi Torfason 1994*. Jarðhitasvæðið á Geysi. Mælingar á rennsli 1994. Náttúruverndarráð. 17 bls.
5. *Guðni Axelsson, Helgi Torfason, Sverrir Þórhallsson, Benedikt Steingrímsson, Kristján Sæmundsson og Þorleifur Magnús Magnússon 2006*. Geysissvæðið í Haukadal. Rannsókn á áhrifum dælingar úr jarðhitavinnsluholum í nágrenninu. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur og Umhverfisráðuneytið. Íslenskar orkurannsóknir. ÍSOR-2006/015. 28 bls.
6. *Helgi Torfason 2006*. Geysir í Haukadal: Breytingar á rennsli og yfirborðshita vegna dælingar í Neðridal og Kjarnholtum 2005. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. Náttúrufræðistofnun Íslands. NÍ-06005. 59 bls.

Hveravellir:

1. *Árni Hjartarson og Magnús Ólafsson 2005*. Hveravellir. Könnun og kortlagning háhitasvæðis. ÍSOR-2005/014. 44 bls. og jarðfræði/jarðhitakort.
2. *Helgi Torfason 1997*. Jarðhitarannsóknir á Hveravöllum 1996. OS-97025. 85 bls.
3. *Ragna Karlsdóttir og Arnar Már Vilhjálmsson 2006*: Hveravellir. TEM-mælingar 2006. ÍSOR 2006/049, 52 bls.

Kerlingarfjöll:

1. *Karl Grönvold 1972*. Structural and petrochemical studies in the Kerlingarfjöll region, central Iceland. Ph.D.-ritgerð. 237 bls.
2. *Árni Hjartarson og Magnús Ólafsson 2005*. Kerlingarfjöll. Könnun og kortlagning háhitasvæðis. ÍSOR-2005/012. 60 bls. og jarðfræði/jarðhitakort.
3. *Ragna Karlsdóttir og Arnar Már Vilhjálmsson 2007*: Kerlingarfjöll: TEM-mælingar 2004-2005. ÍSOR 2007/014, 60 bls.

Torfajökull:

1. *Kristján Sæmundsson og Guðmundur Ómar Friðleifsson, 2001*. Í Torfajökli. Jarðfræði- og jarðhitakort af Torfajökulssvæðinu. OS-20001/036. 118 bls. og fjöldi korta.
2. *Ragna Karlsdóttir 2001*. Í Torfajökli. TEM-viðnámsmælingar. OS-2001/031. 131 bls.
3. *Jón Örn Bjarnason og Magnús Ólafsson 2000*. Í Torfajökli. Efni í jarðgufu og vatni. OS-2000/030. 91 bls.
4. *Sólveig K. Pétursdóttir, Steinunn Magnúsdóttir, Viggó P. Marteinsson, Guðmundur Óli Hreggviðsson og Jakob K. Kristjánsson 2006*. Lífríki í hverum á Torfajökulssvæðinu. Prokaria hf. 44 bls.
5. *Magnús Ólafsson and Jón Örn Bjarnason 2000*. Chemistry of fumaroles and hot springs in the Torfajökull geothermal area, South Iceland. Proceedings of the World geothermal congress 2000, Kyushu-Tohoku, Japan, May 28-June 10. Bls. 1547-1552.
6. *Fang Liping 2000*: Preliminary geothermal Environmental Impact Assessment for the Torfajökull area, Central S-Iceland. Geothermal Training Programme. United Nations University. Report 2000, nr. 6., bls. 75-103.

Köldukvíslarbotnar:

1. *Ragna Karlsdóttir 2000*. Háhitasvæðið í Köldukvíslarbotnum. TEM-mælingar 1998. OS-2000/060. 60 bls.
2. *VST 2002*. Jarðhitarannsóknir í Köldukvíslarbotnum í Ásahreppi. Greinargerð vegna tilkynningar til Skipulagsstofnunar um rannsóknarboranir. Landsvirkjun LV-2002/055. 29 bls.
3. *Landsvirkjun, Verkfræðistofa Sigurðar Thoroddsen hf. 1995*. Hágöngumiðlun: mat á umhverfisáhrifu, frumathugun..

4. *Guðmundur Ómar Friðleifsson, Magnús Ólafsson og Jón Örn Bjarnason 1996.* Jarðhiti í Köldukvíslarbotnum. OS-96014/JHD-04. 32 bls.
5. *Guðmundur Ómar Friðleifsson og Skúli Víkingsson 1997.* Hágöngumiðlun. Kortlagning jarðhita í Köldukvíslarbotnum. OS-97061. 19 bls.
6. *Sólveig K. Pétursdóttir og Jakob K. Kristjánsson 1996.* Greinargerð um lífríki hveranna í Köldukvíslarbotnum. Iðntæknistofnun LD-9609. 17 bls.
7. *Árni Hjartarson 1996.* Hágöngumiðlun: Jarðfræðilegar náttúruminjar. ÁH-96/04.
8. *Haukur Jóhannesson og Guðmundur Ómar Friðleifsson 2006.* Hágöngur – Jarðfræði, sprungur og jarðhitaummerki norðan og austan Hágöngulóns. Landsvirkjun LV-2006/073. ÍSOR-2006/017. 29 bls.
9. *Ragna Karlsdóttir, Arnar Már Vilhjálmsson og Hjálmar Eysteinnsson 2008:* Vonarskarð: TEM og MT mælingar 2007. ÍSOR 2008/064, 64 bls.

Vonarskarð:

1. *Haukur Jóhannesson og Guðmundur Ómar Friðleifsson 2006.* Hágöngur – Jarðfræði, sprungur og jarðhitaummerki norðan og austan Hágöngulóns. Landsvirkjun LV-2006/073. ÍSOR-2006/017. 29 bls.
2. *Ragna Karlsdóttir, Arnar Már Vilhjálmsson og Hjálmar Eysteinnsson 2008:* Vonarskarð: TEM og MT mælingar 2007. ÍSOR 2008/064, 64 bls.

Kverkfjöll:

1. *Magnús Ólafsson, Helgi Torfason and Karl Grönvold 2000.* Surface exploration and monitoring of geothermal activity in the Kverkfjöll geothermal area, Central Iceland. Proceedings of the World geothermal Congress 2000, Kyushu-Tohoku, Japan, May 28-June 10. Bls. 1539-1545.
2. *Helgi Torfason, Magnús Ólafsson, Kristján H. Sigurðsson 1993.* Kverkfjöll. Rannsókn jarðhitasvæðisins 1992 og 1993. Framgangur útvinnu. GRG HeTo-MÓ-KHS-93/04. 5 bls.
3. *Helgi Torfason, Magnús Ólafsson, Hrefna Kristmannsdóttir 1993.* Kverkfjöll. Rannsókn jarðhitasvæðisins 1994: Greinargerð um stöðu rannsókna og gildi þeirra. GRG HeTo-MÓ-HK-93/05. 6 bls.

Askja:

1. *Jón Ólafsson 1980.* Temperature structure and water chemistry of the caldera Lake Öskjuvatn, Iceland. Limnology and Oceanography 25, bls. 779-788.

Hrúthálsar:

Jarðfræði og jarðhiti - K.Sæm, HJo. – úrvinnsla eftir

Fremrinámar:

1. *Kristján Sæmundsson og Magnús Ólafsson 2004.* Fremrinámur og Gjástykki. Rannsóknir sumarið 2003. GRGR ÍSOR-04096. 13 bls.

2. **Knútur Árnason 2004.** Viðnámsmælingar í Fremrinámum, 2004. Íslenskar orkurannsóknir. Greinargerð ÍSOR-04001. 14 bls.

Námafjall:

1. **Ragna Karlsdóttir 2002.** Námafjall: TEM viðnámsmælingar 2001. OS-2002/057. 68 bls.
2. **Ragna Karlsdóttir, Gunnar V. Johnsen, Axel Björnsson, Ómar Sigurðsson og Egill Hauksson 1978.** Jarðhitasvæðið við Kröflu. Áfangaskýrsla um jarðeðlisfræðilegar rannsóknir 1976-78. Orkustofnun OS-JHD-7847, 94, 61 bls.
3. **Guðmundur Guðmundsson, Guðmundur Pálmason, Karl Grönvold, Karl Ragnars, Kristján Sæmundsson og Stefán Arnórsson 1971.** Námafjall-Krafla. Áfangaskýrsla um rannsókn jarðhitasvæðanna. Orkustofnun. 118 bls.
4. **Halldór Ármannsson 1993.** Jarðhitakerfið í Námafjalli. Efnafræðileg úttekt. OS-93053/JHD-29 B. 30 bls.
5. **Landsvirkjun, Hönnun hf. 2003.** Bjarnarflagsvirkjun 90 MW_e og 132 kV Bjarnarflagslína 1 í Skútustaðahreppi. Mat á umhverfisáhrifum.

Krafla/Gjástykki:

1. **Landsvirkjun 2002.** Rannsóknarboranir á vestursvæði við Kröflu í Skútustaðahreppi. Mat á umhverfisáhrifum. LV-2002/044. 89 bls. auk viðauka. Jarðfræði- og jarðhitakort.
2. **Landsvirkjun 2001.** Stækkun Kröfluvirkjunar í Skútustaðahreppi, Suður-Pingeyjarsýslu um 40 MW. Mat á umhverfisáhrifum. LV-2001/034. 100 bls. Jarðfræði- og jarðhitakort.
3. **Guðmundur Guðmundsson, Guðmundur Pálmason, Karl Grönvold, Karl Ragnars, Kristján Sæmundsson og Stefán Arnórsson 1971.** Námafjall-Krafla. Áfangaskýrsla um rannsókn jarðhitasvæðanna. Orkustofnun. 118 bls.
4. **Ragna Karlsdóttir 2002.** Námafjall: TEM viðnámsmælingar 2001. OS-2002/057. 68 bls.
5. **Knútur Árnason og Ingvar Þór Magnússon 2001.** Niðurstöður viðnámsmælinga í Kröflu. OS-2001/062. 72 bls.
6. **Gestur Gíslason, Halldór Ármannsson og Trausti Hauksson 1978.** Krafla. Hitaástand og gastegundir í jarðhitakerfinu. OS-JHD-7846. 88 bls.
7. **Kristján Sæmundsson og Magnús Ólafsson 2004.** Fremrinámur og Gjástykki. Rannsóknir sumarið 2003. GRGR ÍSOR-04096. 13 bls.
8. **Ragna Karlsdóttir, Hjálmar Eysteinnsson, Ingvar Þór Magnússon, Knútur Árnason og Ingibjörg Kaldal 2006.** TEM-mælingar á Þeistareykjum og í Gjástykki. Íslenskar orkurannsóknir ÍSOR-2006/028. 87 bls.

Þeistareykir:

1. **Gestur Gíslason, Gunnar V. Johnsen, Halldór Ármannsson, Helgi Torfason og Knútur Árnason 1984.** Þeistareykir. Yfirborðsrannsóknir á háhitasvæðinu. 134 bls. og jarðfræði- og jarðhitakort.

2. **Halldór Ármannsson 2001.** Þeistareykir. Yfirlit um rannsóknir og rannsóknarkostnað. OS-2001/035. 24 bls.
3. **Karl Grönvold og Ragna Karlsdóttir 1975.** Þeistareykir. Áfangaskýrsla um yfirborðsrannsóknir jarðhitasvæðisins. OS-JHD-7501. 36 bls.
4. **Þorsteinn Egilson, Halldór Ármannsson, Benedikt Steingrímsson, Ásgrímur Guðmundsson og Hreinn Hjartarson 2004.** Þeistareykir – Hóla ÞG-1. Mælingar í upphitun og blæstri 2002-2003. ÍSOR 2004/040, 30 bls.
5. **Halldór Ármannsson 2004.** Chemical aspects of exploration of the Theistareykir high-temperature geothermal area, N-E Iceland. Water-Rock Interaction I. Bls. 63-67.
6. **Ragna Karlsdóttir, Hjálmar Eysteinnsson, Ingvar Þór Magnússon, Knútur Árnason og Ingibjörg Kaldal 2006.** TEM-mælingar á Þeistareykjum og í Gjástykki. Íslenskar orkurannsóknir ÍSOR-2006/028. 87 bls.
7. **Ásgrímur Guðmundsson, Bjarni Gautason, Christian Lacasse, Guðni Axelsson, Gunnar Þorgilsson, Halldór Ármannsson, Helga Tulinius, Kristján Sæmundsson, Ragna Karlsdóttir, Snorri Páll Kjaran, Sveinn Óli Pálmarsson, Sæunn Halldórsdóttir og Þorsteinn Egilsson 2008.** Hugmyndalíkan jarðhitakerfisins á Þeistareykjum og jarðvarmamat með rúmmálsaðferð. ÍSOR-2008/024, Mannvit 049, Verkfræðistofan Vatnaskil 08.05, 67 bls.

7. Umræða

Er ráðgjafahópur um mat á háhitasvæðum skv. 2. áfanga rammaáætlunar um nýtingu vatnsafls og jarðvarma hafði starfað í rúm 3 ár voru settir á laggirnar 4 faghópar er meta skyldu einstaka virkjunarkosti. Meðlimir ráðgjafahópsins fréttu af skipun þeirra af tilviljun svo og af fundi þar sem fjallað var um háhitaverkefni í sambandi við Rammaáætlun, en enginn úr ráðgjafahópnum var þangað boðaður. Sá skilningur var ríkjandi að aðferðafræði faghópanna yrði sú sama og notuð var í 1. áfanga Rammaáætlunar. Formaður hópsins hafði samband við verkefnisstjórn vegna þessa og var hann fenginn til þess að gera grein fyrir vinnu hans á fundi með fulltrúum verkefnisstjórnar og forsvarsmönnum faghópanna 15. desember 2008. Var þar með að mestu lokið vinnu hópsins að öðru leyti en því að haldin var kynning á verkefni um súra ummyndun 5. mars 2009. Kynntu tveir stúdentar þar verkefni sín til meistaraþrófs, annar vinnu í Krýsuvík en hinn í Torfajökli. Kom þar einn meðlimur faghópanna fjögurra. Starf hópsins hefur og mótast af því að ekki hefur verið ljóst hvernig standa ætti að kostnaði við það, t.d. spunnust deilur um kostnað af ferðum á jarðhitasvæði, sem hópurinn taldi brýnt að farnar væru til að prófa aðferðafræði, og einnig um kostnað af kynningu á verkefninu um súra ummyndun.

Þegar fyrirspurn barst um formlega skýrslu um starf hópsins frá starfsmanni verkefnisstjórnar í lok ágúst 2009, hittist hann og ákvað að semja þá skýrslu sem hér birtist. Helsta viðbætur við kynningu formanns í desember 2008 eru birting korta um afmarkanir svæðanna, viðbætur við heimildalistann og uppfærsla á stöðu verkefna tengdum hópnum.

8. Tilvitnun

Knútur Árnason og Ragna Karlsdóttir 2006. Mat á stærð háhitasvæða með viðnámsmælingum. Greinargerð ÍSOR-06108, 8 bls.