

## ***R3277A Grændalur***

**Viðauki 74 af 92 við skýrslu Orkustofnunar OS-2015/04**

***Virkjunarkostir til umfjöllunar í 3. áfanga rammaáætlunar***



## **R3277A Grændalur**

**Virkjanakostir til umfjöllunar í  
þriðja áfanga rammaáætlunar  
janúar 2015**



## SKÝRSLA - UPPLÝSINGABLAÐ

Titill skýrslu <b>R3277A Grændalur - Virkjanakostir til umfjöllunar í þriðja áfanga rammaáætlunar</b>		Tegund skýrslu	
Verkheiti 3. áfangi rammaáætlunar		Verkkaupi Rarik Orkuþróun	
Verkefnisstjóri - EFLA J. Rúnar Magnússon	Verkefnisstjóri / fulltrúi verkkaupa Steinar Friðgeirsson		
Höfundur Heimir Hjartarson og Hjörtur Örn Arnarson	Skýrslunúmer	Verknúmer 3805-052	Fjöldi síðna 10
Útdráttur Samanteknar eru viðbótarupplýsingar sem fylgja eyðublaði fyrir gagnaöflun vegna 3. áfanga rammaáætlunar um R3277A Grændal.			
Lykilorð Jarðhiti, rammaáætlun.			
Staða skýrslu <input type="checkbox"/> Í vinnslu <input type="checkbox"/> Drög til yfirlestrar <input checked="" type="checkbox"/> Lokið		Dreifing skýrslu og upplýsingablaðs <input type="checkbox"/> Opin <input checked="" type="checkbox"/> Dreifing með leyfi verkkaupa <input type="checkbox"/> Trúnaðarmál	



Útgáfusaga						
Nr.	Höfundur		Rýnt		Samþykkt	
	Nafn	Dags.	Nafn	Dags.	Nafn	Dags.
1	Heimir Hjartarson	05.01.15	J. Rúnar Magnússon	06.01.15	Steinar Friðgeirsson	07.01.15
2	HH og HÖA	27.01.15	J. Rúnar Magnússon	27.01.15	Steinar Friðgeirsson	27.01.15



## Efnisyfirlit

<b>1</b>	<b>INNGANGUR</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>KENNISTÆRÐIR</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>JARÐFRÆÐI GRÆNDALS</b> .....	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>TEM-VIÐNÁMSMÆLINAR</b> .....	<b>6</b>
4.1	Túlkun viðnámsmælinga .....	7
<b>5</b>	<b>ÁÆTLAÐ HITASTIG JARÐHITAKERFIS</b> .....	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>NÝTING</b> .....	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>HEIMILDIR</b> .....	<b>15</b>

## 1 INNGANGUR

Jarðhitasvæðið sem kennt er við Grændal er hluti af Hveragerðiseldstöðinni sem var virk fyrir um 300-600 þúsund árum. Ummerki um jarðhita er víða að finna á svæðinu og er afrennsli frá því m.a. talið fæða jarðhitavirkni í Hveragerði (Sunnlensk orka, Rannsóknaráætlun um frekari jarðhitarannsóknir í og við Grændal í Ölfusi, 2010).

Fyrirliggjandi rannsóknir frá þessum slóðum benda til að hæstur hiti finnist inni í Grændal. Athuganir á gasi í hveraaugum benda til að djúphiti geti verið allt að 290°C inni á dalnum, en fyrir mynni hans mælist hiti um 230°C. Skjálftahrina gekk yfir Hengilsvæðið á árunum 1994-1999 og voru upp undir 200 skjálftar mældir á dag og hluti þeirra átti upptök í Grændal og umhverfi hans. Landfræðilegar breytingar sáust í Grændal og höggun á sprungum á svæðinu. Í stóru jarðskjálftunum 2000 og 2008 var Grændalur á svæði þar sem þrýstingur jókst og virkni hvera breyttist. Rannsóknir á svæðinu eru komnar á það stig að nauðsynlegt er að bora að minnst kosti eina til tvær rannsóknarholur til að fá gleggri myndi af innri gerð jarðhitasvæðisins og kanna mögulega vinnslugetu þess (Sunnlensk orka, Rannsóknaráætlun um frekari jarðhitarannsóknir í og við Grændal í Ölfusi, 2010).

## 2 KENNISTÆRÐIR

Helstu kennistærðir virkjunar í Grændal eru í töflu 1.

Tafla 1 Helstu kennistærðir

Helstu kennistærðir		Eining
Uppsett rafafli	120	MW <sub>e</sub>
Uppsett varmaafli	0	MW <sub>th</sub>
Raforka	984	GWh/ári
Nýtingartími	8200	klst./ári
Flatarmál lágviðnámskápu	*1	km <sup>2</sup>
Flatarmál háviðnámskjarna	*1	km <sup>2</sup>
Flatarmál nýtingarsvæðis	6,9	km <sup>2</sup>
Flatarmál framkvæmdasvæðis	4,3	km <sup>2</sup>

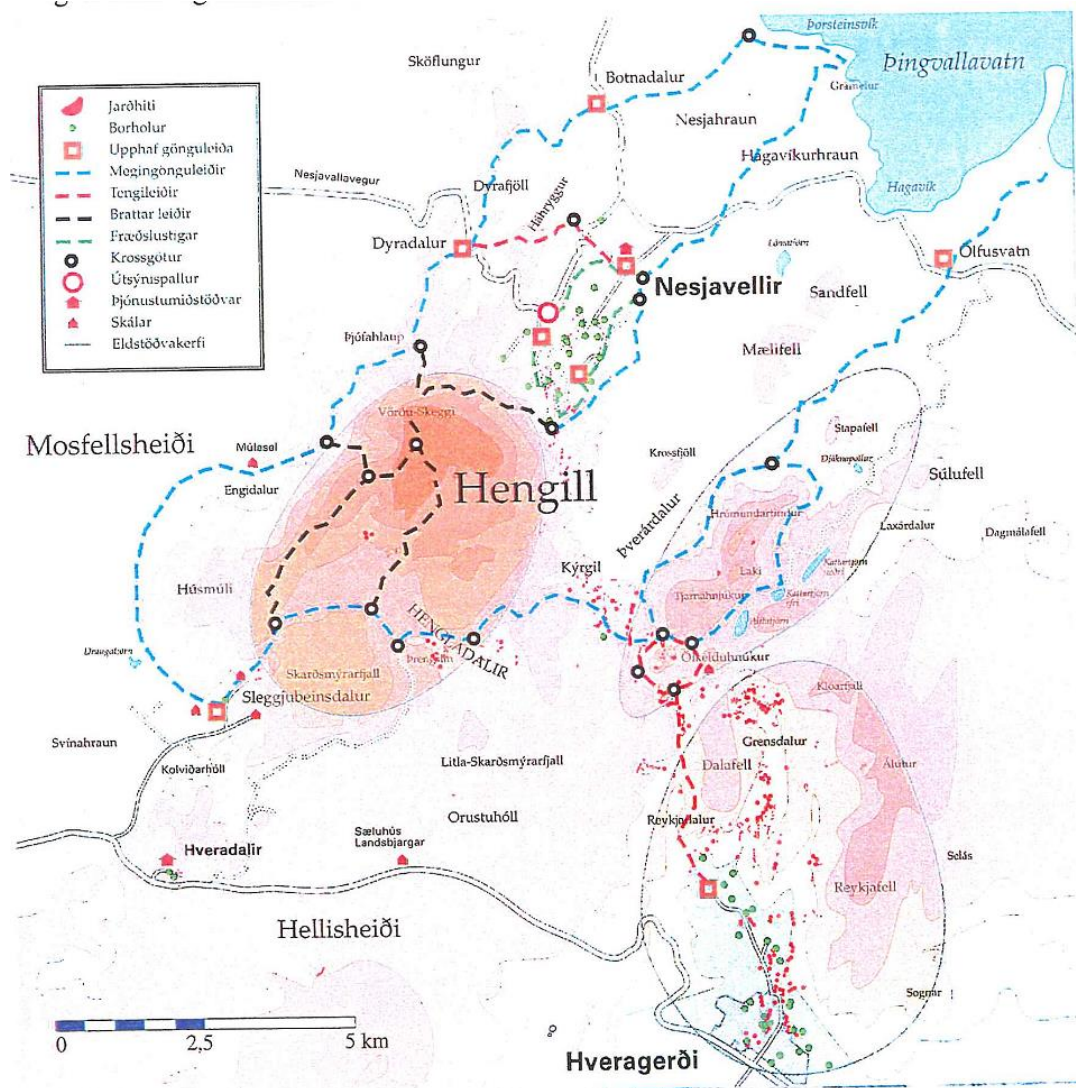
## 3 JARÐFRÆÐI GRÆNDALS

Grændalur er hluti af Hveragerðiseldstöðinni sem var virk fyrir 300-600 þúsund árum síðan en sú megineldstöð sem dalurinn er hluti af er eldri en Hengilskerfið og talin kulnuð. Vegna landreks færðist Hveragerðiseldstöðin út úr virka gosbletinu, sem í dag liggur um Hengilinn, um það bil 6-7 km vestar. Milli Hengilsins og Hveragerðiseldstöðvarinnar er önnur eldstöð sem kennd er við Tjarnahnjúk og Hrómundartind, en sú eldstöð teygir sig suður um Ölkelduháls (sjá mynd 1) (Sunnlensk orka, Borun rannsóknarholu og vegargerð í Grændal í Ölfusi, mat á umhverfisáhrifum, 2001).

<sup>1</sup> Upplýsingar ekki tiltækar á 1 km dýpi

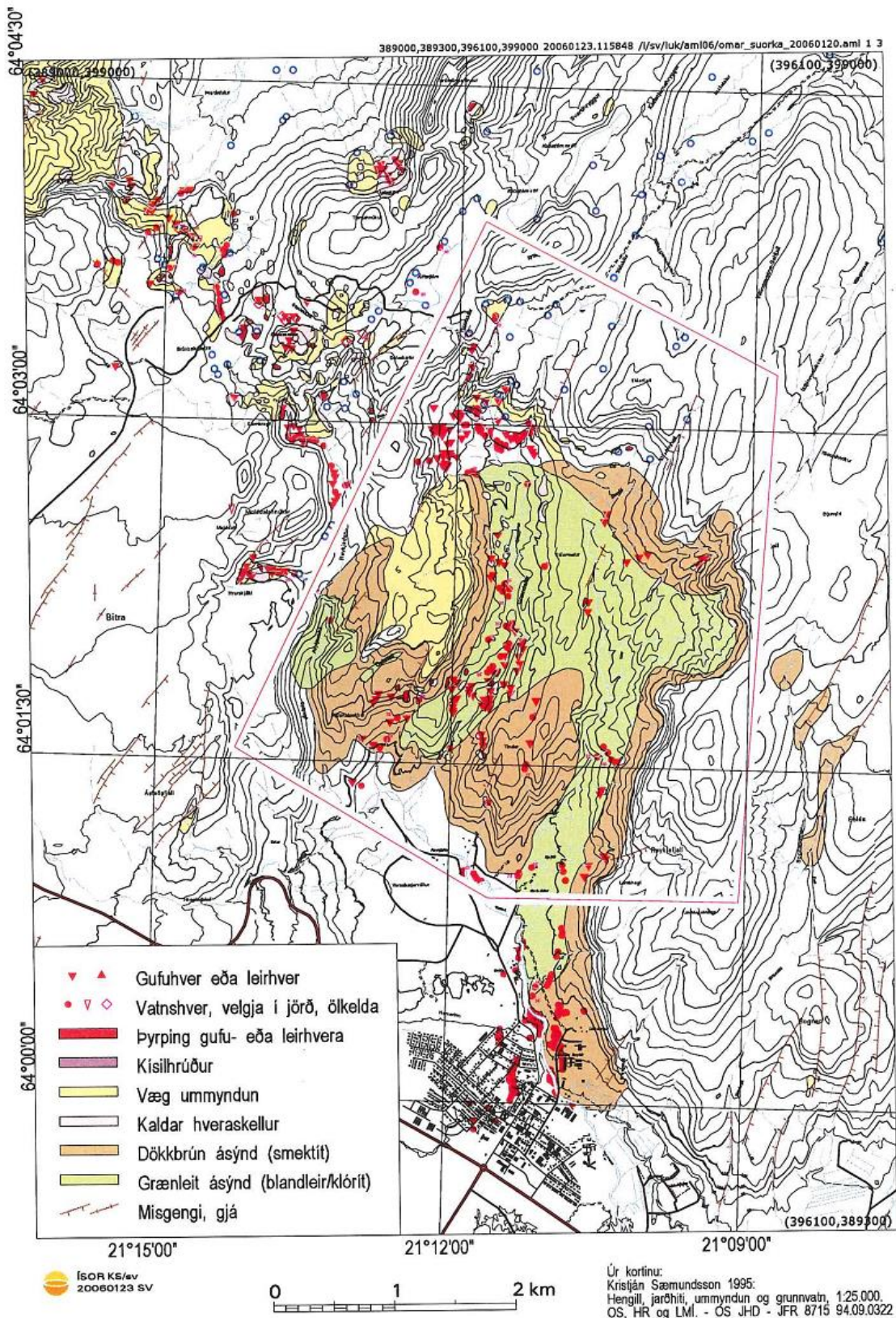
Ísaldarjökklar hafa sorfið landslag Hveragerðiseldstöðvarinnar og fjarlæggt um 300-400 m þykk jarðlög ofan af landinu. Í dölunum og hálsunum á milli þeirra, þar sem yngri berg hylur ekki, er ljósgrænt háhitasoðið berg sem vara til ummyndunar við a.m.k. 150°C hita. Umhverfis er hjúpur með minni ummyndun. Háhitaummyndunin er mest í hálsinum milli Grændals og Sauðárdals. Á jarðhitakorti, mynd 2, eru ummyndunarbelti þessi sýnd með grænum og brúnum lit. Jarðfræði dalsins einkennist af háhitasoðnu móbergi, einkum austan Grændalsár. Vestanmegin árinna ber meira á skriðum og framhlaupum sem fallið hafa ofan úr Dalafelli (Sunnlensk orka, Borun rannsóknarholu og vegargerð í Grændal í Ölfusi, mat á umhverfisáhrifum, 2001).

Dalafell er yngri myndun, eiginlega hraun sem runnið hefur suður jökulfyllt dalverpi sem eitt sinn var þar sem fellið er nú og umbreyttis að mestu í skálögótt móberg. Slitur af hraunþekjju eru ofan á móbeginu. Allt er þetta miklu ferskara en bergið austan árinna. Um aldur framhlaupa er ekki vitað nákvæmlega. Þykkur jarðvegur á þeim bendir til að þau séu frá fyrri hluta jarðfræðilegs nútíma. Myndun þeirra tengist vafalaust jarðskjálftum sem þarna eru tíðir og stundum harðir, þ.e. í Suðurlandskjálftum en þeir eru taldir geta náð stærð 6 á Richter í Ölfusi (Sunnlensk orka, Borun rannsóknarholu og vegargerð í Grændal í Ölfusi, mat á umhverfisáhrifum, 2001).



Mynd 1 Eldstöðvar á Hengilsvæðinu (Orkuveita Reykjavíkur)



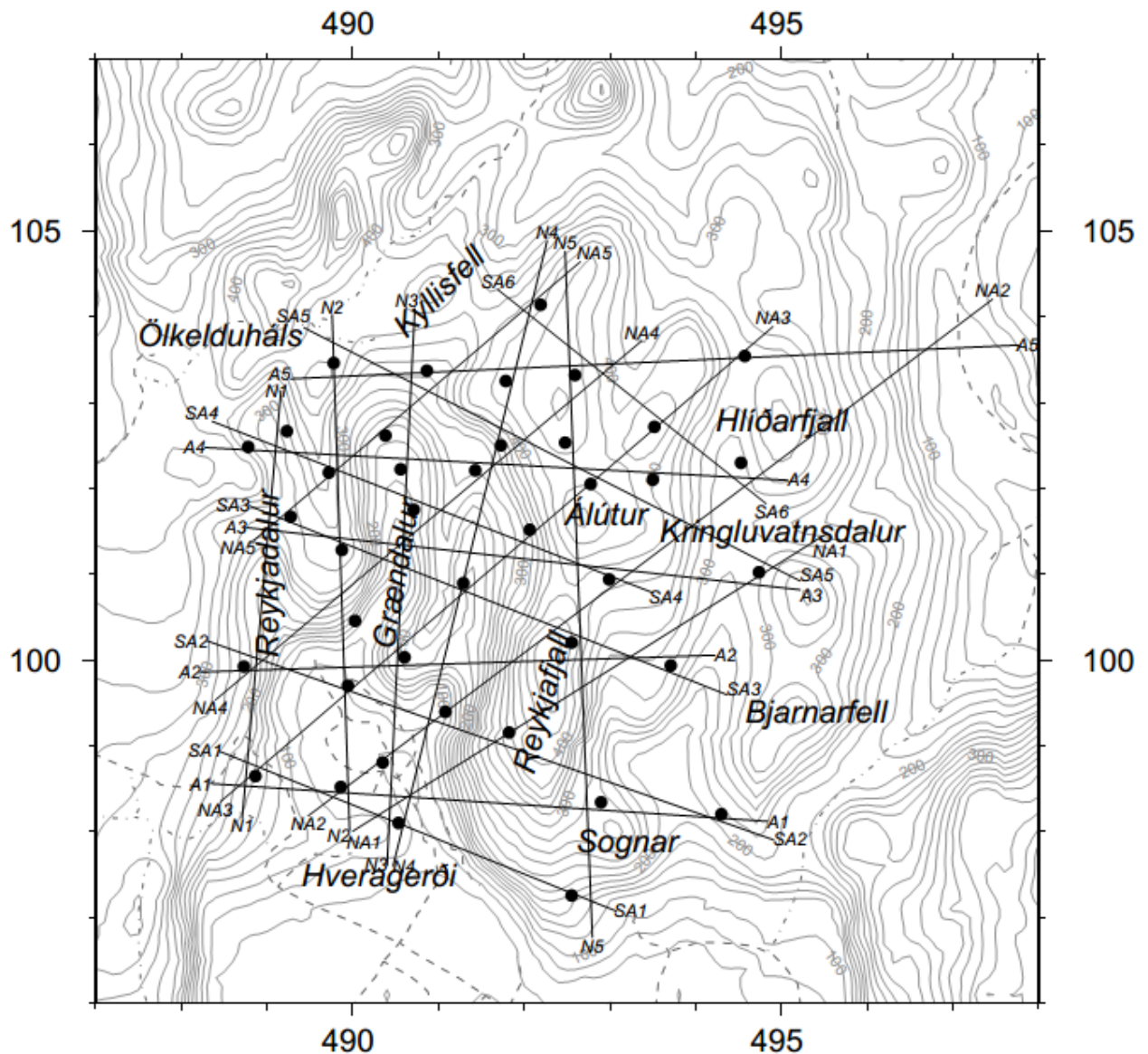


Mynd 2 Jarðhita- og jarðfræðikort af svæðinu.



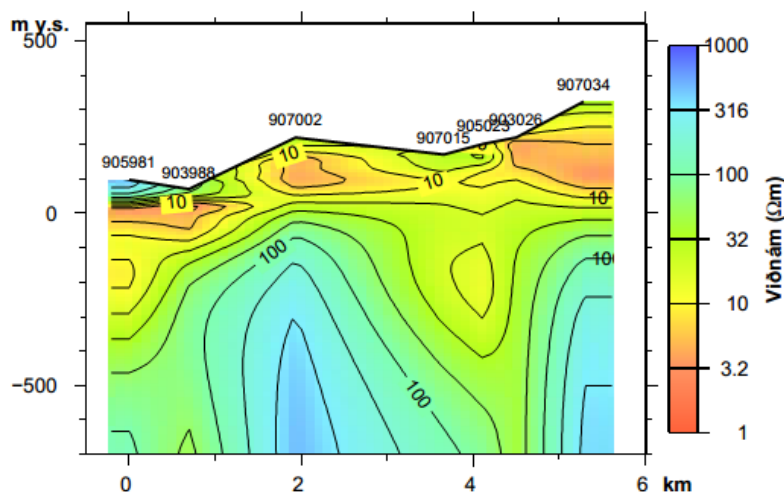
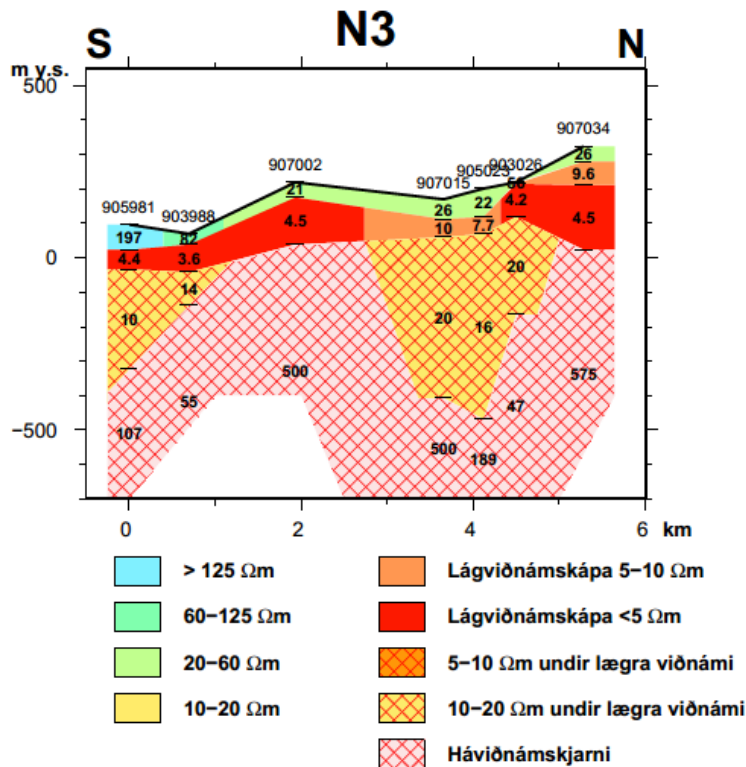
## 4 TEM-VIÐNÁMSMÆLINAR

Orkustofnun óskar eftir upplýsingum um lágviðnámskápu og háviðnámskjarna á 1 km dýpi sem eru ekki tiltækar m.v. fyrirbyggjandi rannsóknir og úrvinnslu. Hinsvegar hefur Sunnlensk Orka látið framkvæma TEM - viðnámsmælingar fyrir Grændalssvæðið, sjá skýrslu OS-2000/066 og eru meðfylgjandi myndir úr þeirri skýrslu (Hjálmar Eysteinnsson, 2000). Á neðangreindri mynd 3 eru sýndar staðsetningar á TEM - viðnámsmælipunktum og einnig þau viðnámsnið sem eru birt í þeirri skýrslu. Einnig sjást vegir og slóðar sem brotnar línur.



Mynd 3 TEM - viðnámsmælipunktur og lega viðnámsniða úr skýrslu Orkustofnunar. Vegir og slóðar eru sýndir með brotnum línum (Hjálmar Eysteinnsson, 2000)

Á mynd 4 er sýnt viðnámsnið N3, sjá skilgreiningu á sniðum á mynd 3. Á viðnámsniði N3 sést að viðnámsmælingar ná ekki 1 km undir yfirborð nema í jaðri mælisvæðisins. Dýpi á lágsta viðnámsnið er sýnt á mynd 5 (m.y.s.) samkvæmt niðurstöðu á túlkun mælinga á samfelldu viðnámslíkani. Túlkun á lágsta viðnámsgildi ( $\Omega$ m) er sýnt á mynd 6.



Mynd 4 Viðnámsnið eftir línu N3 (mynd 3). Efri myndin sýnir túlkun mælinga með lagskiptu líkani en sú neðri með líkani þar sem viðnám jarðlaga breytist samfelld með dýpi (Hjálmar Eysteinnsson, 2000).

#### 4.1 Túlkun viðnámsmælinga

Hér er vitnað í lokaorð í skýrslu Hjálmars Eysteinnssonar þar sem viðnámsmælingar eru túlkaðar (Hjálmar Eysteinnsson, 2000), vísun í myndir í texta er breytt til hliðsjónar af númera kerfi mynda í þessara skýrslu:

„Viðnámsmælingarnar sýna að lágt viðnám (<10Ωm) er víðast hvar á mælisvæðinu á um 0 til 200 m y.s. Lágviðnámslagið rís hæst innst í Reykjadal (200 m y.s.), og þaðan í austur fyrir Klóarfjall (> 100 m y.s.), og eins til SSA eftir Dalafellinu að mynni Grændals (> 50 m y.s.).

Verulega dýpkar á lágviðnámslagið austan við Klóarfjall, Álút og Reykjafjall, sem líklegast afmarkar jarðhitasvæðið til austurs (sjá mynd 6).

Undir lágviðnáminu er hærra viðnám sem er yfirleitt um eða yfir 100Ωm (háviðnámskjarninn). Háviðnámskjarninn er þó ekki alls staðar beint undir lágviðnámskápunni, víða er 10-20Ωm lag milli lágviðnámskápunnar og háviðnámskjarnans. Það svæði þar sem þetta millilag er til staðar er sýnt á mynd 8 ásamt þykkt lagsins. Á myndinni kemur fram að millilagið er þykkast innst í Grændal og Sauðárdal, þar sem það er allt að 500 m þykkt. Millilagið er einnig til staðar í Ölfusdal, og er sérstaklega þykkt í mælingunni við Gufudal. Athyglisvert er að útbreiðsla þessa millilags fellur vel saman við það svæði þar sem gömul klórítummyndun sést á yfirborði (Kristján Sæmundsson 1995). Ekki er ljóst hvernig beri að túlka þetta millilag. Það að klórítummyndunin sést á yfirborði í jökulrofnum dölunum (Grændal og Sauðárdal) segir að hitinn þar hefur einhverntímann í sögu jarðhitakefisins verið um eða yfir 240°C, og þar með líklegast enn hærri hiti neðar. Trúlegast hefur jarðhitasvæðið í og umhverfis Grændal farið í gegnum nokkur skeið upphitunar og kólnunar í tímans rás. Slík kólnun gæti orðið til þess að klórítummyndunin yfirprentaðist af annarri ummyndun, eins og til dæmis smektíti við hitastig lægra en 240°C. Líklegt er því að 10-20Ωm millilagið endurspegli slíkar aðstæður. Önnur hugsanleg skýring á þessu millilagi gæti verið að þarna sé umtalsvert meiri lekt en annars staðar, og að leiðni poruvökvans sé þar með orðin ráðandi í leiðni bergsins en ekki ummyndunin.

Í Ölfusdal og upp af honum er viðnámsdreifingin flókin. Túlkun mælingar nr. 897985 gefur tvö lágviðnámslög sem ekki sjást í öðrum mælingum. Eins er dýpið á háviðnámskjarnann mjög breytilegt. Væntanlega eru í mælingunum talsverð áhrif vegna tví- eða þrívíðra viðnámsþátta, en ekki verður gerð tilraun til að meta þau hér.

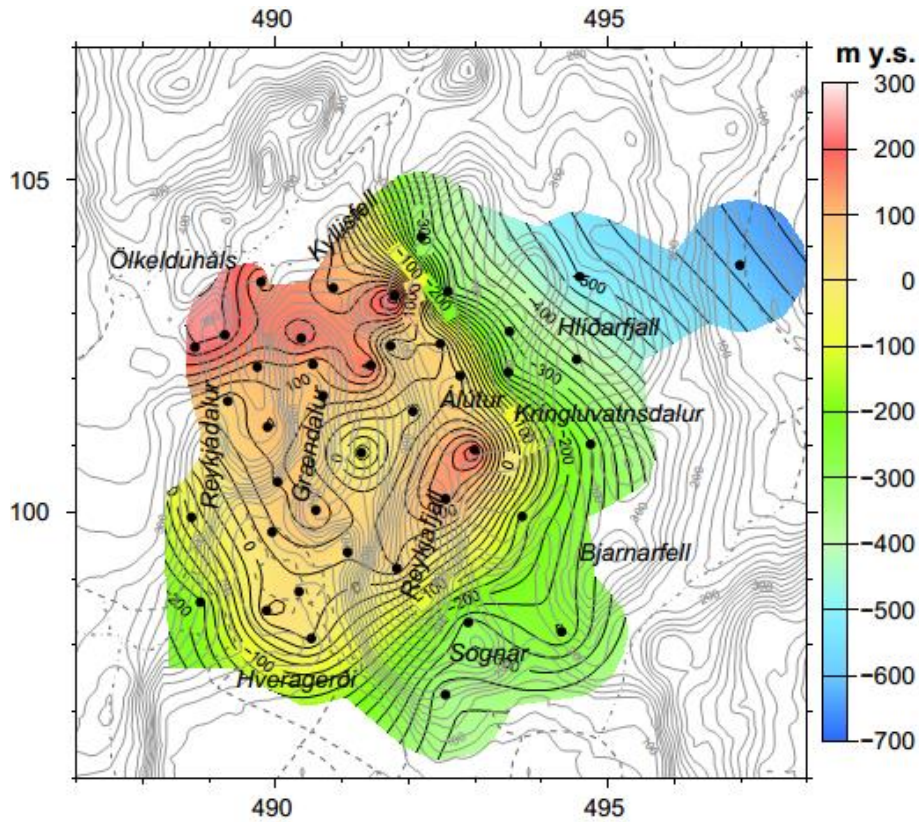
Fram kemur hringlaga svæði í nokkrum viðnámskortanna, sem afmarkast af Dalafellinu í vestri, mynni Grændals og Sauðárdals í suðri, brekkubrúnunum um Álút og Reykjafjall í austri og brekkunum ofn Grændals og Sauðárdals í norðri (sjá t.d. myndir 5, 6, 7, 8). Ekki er ljóst hver ástæða þessa er en hugsanlega tengist þetta brotabeltum og uppstreymi heits vatns. Athyglisvert er að þar sem lágviðnámið sunnan Álúts rís hæst (og einnig háviðnámskjarninn) fannst í rúmlega 400 metra hæð nokkurra fermetra afbræðsla sem varla tengist öðru en jarðhita.

Þau skörpu, lóðréttu skil sem eru í viðnámi undir lágviðnámslaginu, einkum eftir NS línu milli Dalafells og Grændals, tengjast líklegast einhverju broti í jarðskorpunni þar.

Mælingarnar ná að afmarka háhitasvæðið umhverfis Grændal að mestu. Til norðausturs fer greinilega hratt dýpkandi bæði á lágt viðnám og háviðnámið undir. Til austur og suðausturs dýpkar hratt á lágt viðnám (mynd 5), en ekki er samsvarandi dýptaraukning á háviðnámskjarnann undir lágviðnáminu. Æskilegt væri að gera frekari mælingar umhverfis Bjarnarfellið til að staðfesta útmörk svæðisins til suðausturs. Í suður og suðvestur fer dýpkandi á lágt viðnám, en hinsvegar er óveruleg dýptaraukning á háviðnámskjarnann. Ekki er þó gerlegt að auka við mælingar á þessum slóðum því bæði byggðin og háspennulínur takmarka möguleikanna þar. Verulegar breytingar eru í viðnámi í Grændal og Sauðárdal og hefði verið rík ástæða til að þetta mælingar þar.

Viðnámsskipanin sem fram kemur er mjög áhugaverð en flókin. Til þess að túlka hana ennfrekar yfir í jarðhitavirkni þyrfti að samtúlka viðnámið við jarðfræði svæðisins og niðurstöður efnahitamælinga úr hverum og laugum og tengja síðan vel við gögn úr

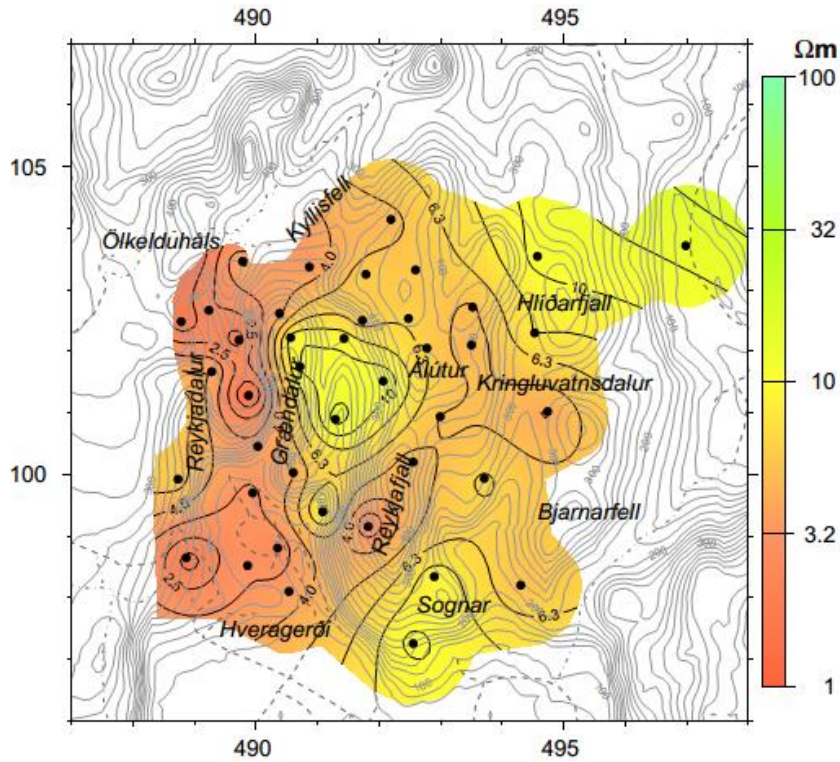
borholunum í Ölfusdal, sem þurfa nánari endurskoðunar við. Eins mundi borhola í Grændal, boruð beint í 10-20Ωm lagið, svara mörgum spurningum.“



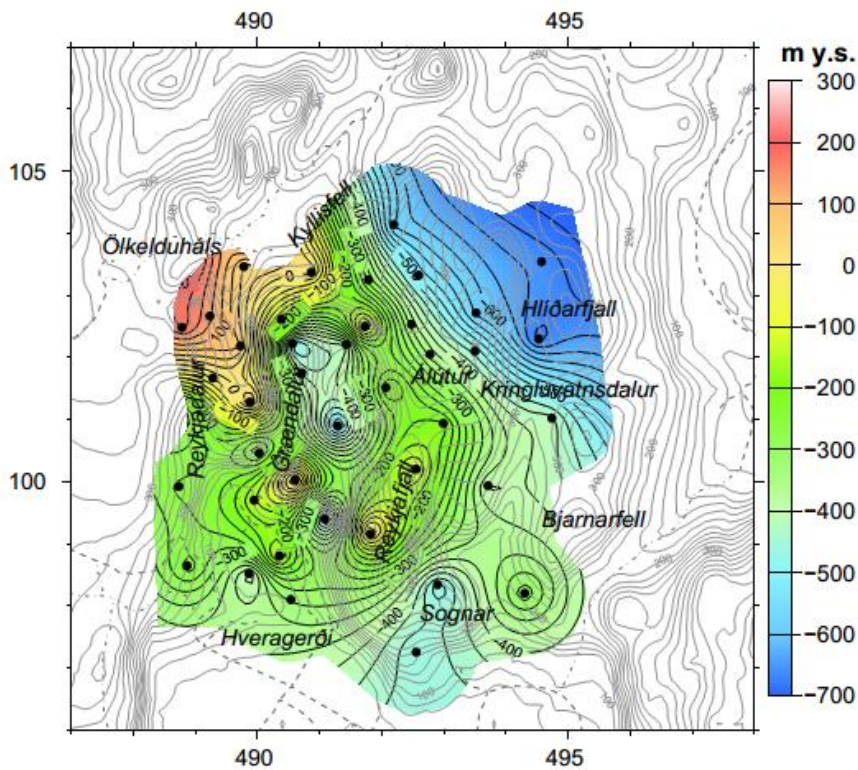
Mynd 5 Dýpi á lægsta viðnám (m.y.s.) samkvæmt túlkun mælinga með samfelldu viðnámslíkani. (Hjálmar Eysteinnsson, 2000)

Dýpi á háviðnámskjarna (m.y.s.), samkvæmt túlkun mælinga með lagskiptu viðnámslíkani er sýnt á mynd 7 sem sýnir einnig útbreiðsluvæði 10-20 Ωm viðnámslags. Á milli lágviðnáms og háviðnámskjarna er sýnd þykkt þess lags samkvæmt túlkun mælinga með lagskiptu viðnámslíkani á mynd 8.

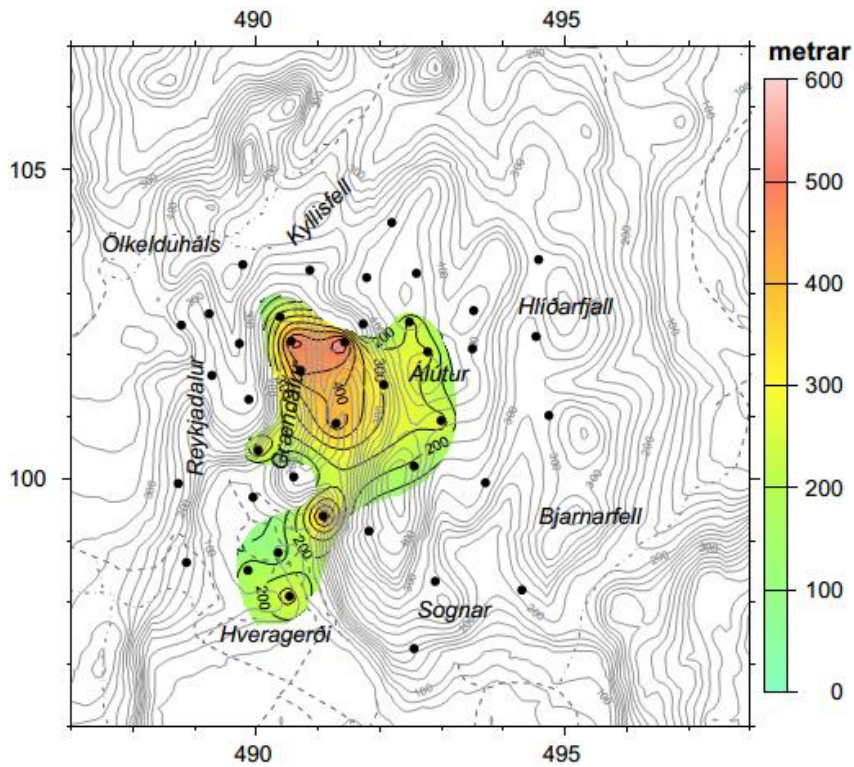




Mynd 6 Lægsta viðnámsgildi ( $\Omega m$ ), samkvæmt túlkun mælinga með samfelldu viðnámslíkani. (Hjálmar Eysteinnsson, 2000)



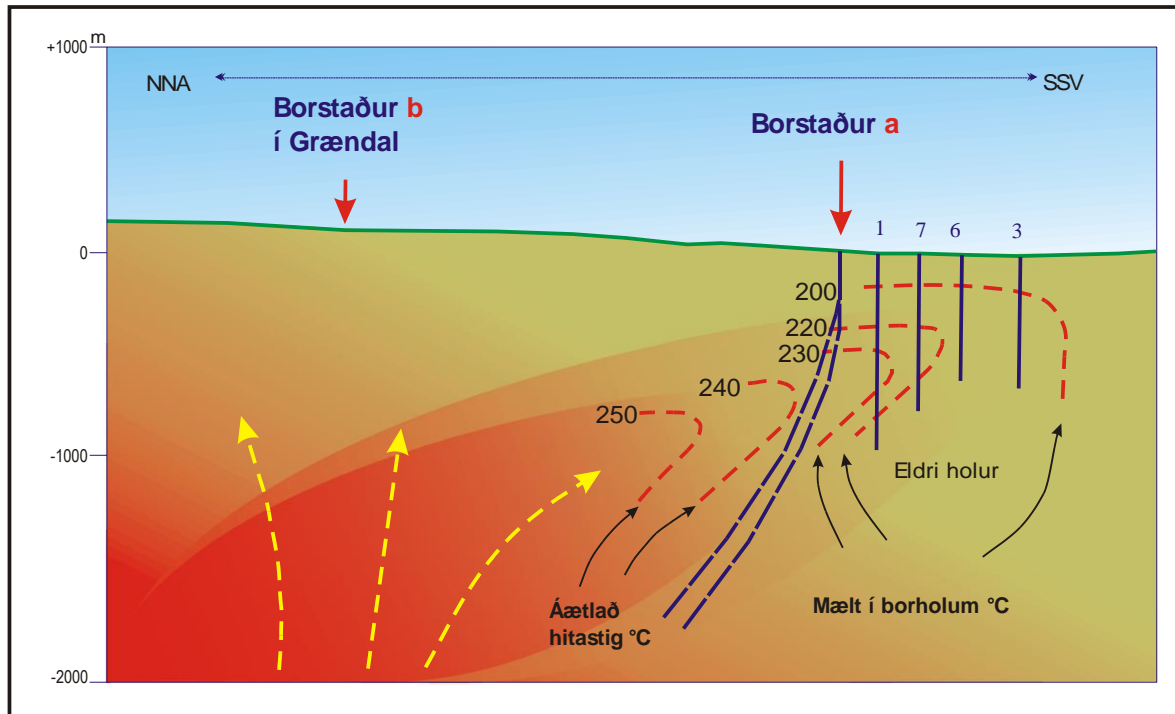
Mynd 7 Dýpi á háviðnámskjarna (m.y.s.), samkvæmt túlkun mælinga með lagskiptu viðnámslíkani. (Hjálmar Eysteinnsson, 2000)



Mynd 8 Útbreiðslusvæði 10-20  $\Omega$ m viðnámslags milli lágviðnámsins og háviðnámskjarna, ásamt þykkt þess lags samkvæmt túlkun mælinga með lagskiptu viðnámslíkani. (Hjálmar Eysteinnsson, 2000)

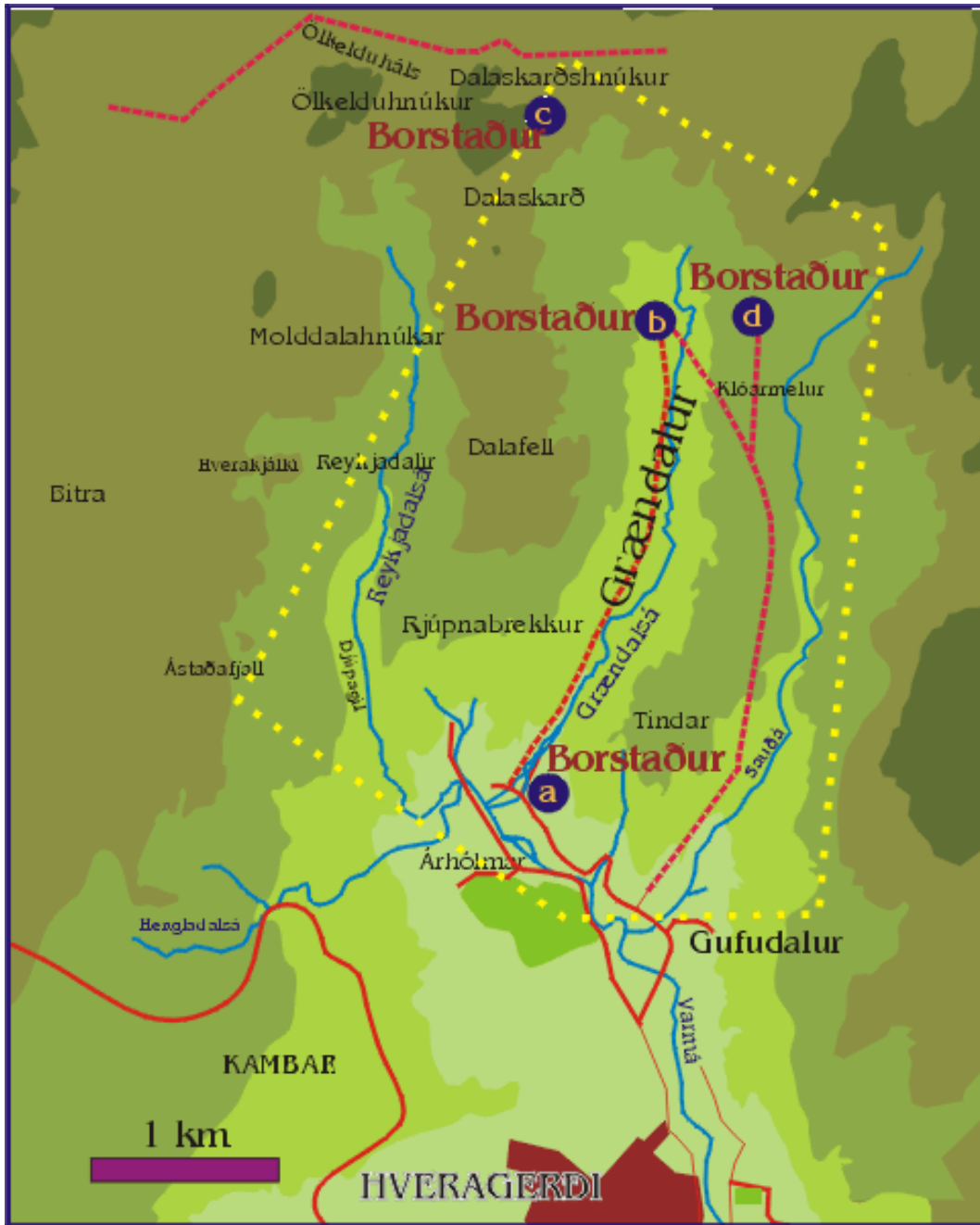
## 5 ÁÆTLAÐ HITASTIG JARÐHITAKERFIS

Þversnið af jarðhitasvæðis sem sýnir hugsanlega hitastigsdreifinu unnið út frá mælingum er sýnt á mynd 9. Lega þversniðs frá er sýnd á mynd 10.



Mynd 9 Þversnið jarðhitasvæðis frá norðri til suðurs sem sýnir hugmyndalíkan af hitastigsdreifingu

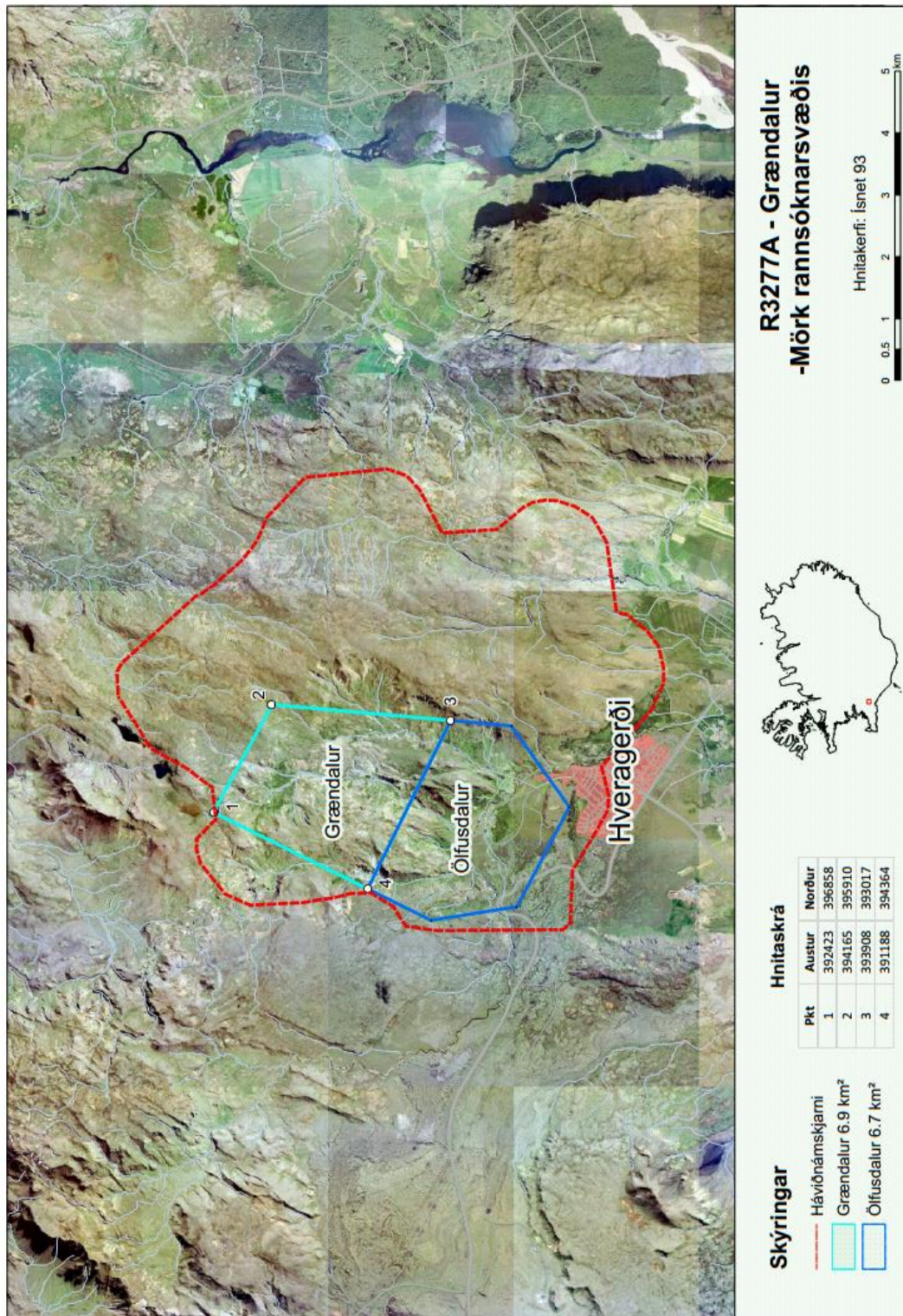




Mynd 10 Staðsetning þversniðs er frá punkti a til punkts b

## 6 NÝTING

Áætlað nýtingarsvæði er sýnt á mynd 11 og er það 6,9 km<sup>2</sup>. Allur affallssvökví verður losaður aftur niður í jarðhitageyminn.



Mynd 11 Áætlað nýtingarsvæði virkjunar í Grændal.

## 7 HEIMILDIR

Hjálmar Eysteinnsson. (2000). *TEM-viðnámsmælingar í Grændal árið 2000*. Reykjavík: Orkustofnun - Rannsóknarsvið.

Sunnlensk orka. (2001). *Borun rannsóknarholu og vegargerð í Grændal í Ölfusi, mat á umhverfisáhrifum*.

Sunnlensk orka. (2010). *Rannsóknaráætlun um frekari jarðhitarannsóknir í og við Grændal í Ölfusi*. Sunnlensk orka.

VGK Verkfræðistofa. (2004). *Jarðvarmavirkjun í Ölfusdal, hagkvæmniathugun*. Sunnlensk orka.