

# ***R3270A Gráuhnúkar***

**Viðauki 69 af 92 við skýrslu Orkustofnunar OS-2015/02**

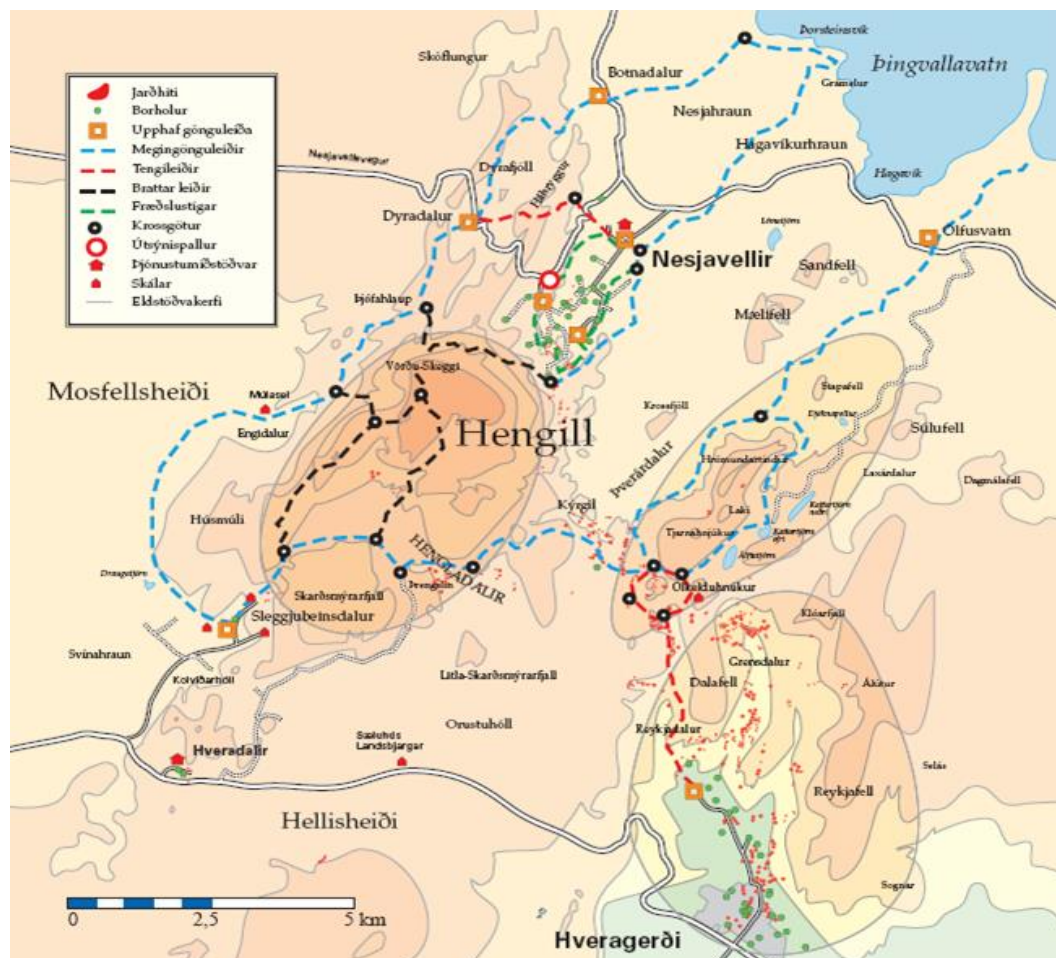
***Virkjunarkostir til umfjöllunar í 3. áfanga rammaáætlunar***



# Hengill - Yfirlit

## Virkjunarkostir til umfjöllunar í verndar- og orkunýtingaráætlun 3

Orkuveita Reykjavíkur / Orka náttúrunnar



Útgefandi: Orkuveita Reykjavíkur  
Kápu mynd: Kort af Hengilssvæði  
Útgáfudagur: Janúar 2015  
Umsjón og ábyrgð: EG

Greinargerð nr. <b>2015-002</b>	Útgáfudagur <b>Janúar 2015</b>	Útgáfustaður <b>Reykjavík</b>
Heiti greinargerðar <b>Hengill - Yfirlit</b> <b>Virkjunarkostir til umfjöllunar í verndar- og orkunýtingaráætlun 3</b>		
Upplag <b>pdf</b>	Fjöldi síðna <b>26</b>	Dreifing <b>Opið</b>
Höfundur/ar <b>Einar Gunnlaugsson</b>		Verknúmer
Unnið fyrir <b>Orkuveitu Reykjavíkur og Orku náttúrunnar</b>		Samvinnuaðilar
Útdráttur Tekið er saman stutt yfirlit um rannsóknir á Hengilssvæðinu fyrir verndar- og orkunýtingaráætlun 3. Fjallað er um afmörkun svæðisins, jarðfræði, viðnám, hugmyndalíkan og grunnvatn á svæðinu.		
Efnisorð <b>Hengill, virkjunarkostir, rammaáætlun 3</b>		Yfirfarið <b>EG</b>



## Efnisyfirlit

1.	INNGANGUR .....	7
2.	HENGILSSVÆÐIÐ .....	8
3.	JARÐFRÆÐI SVÆÐISINS .....	8
4.	VIÐNÁMSMÆLINGAR .....	14
5.	HUGMYNDALÍKAN AF SVÆÐINU .....	16
6.	GRUNNVATN.....	22
7.	NÝTING JARÐHITANS .....	23
8.	JARÐHITARANNSÓKNIR Á HENGILSSVÆÐINU .....	24
9.	TILVITNANIR.....	25

## Myndir

MYND 1. HENGILSSVÆÐIÐ OG ELDSTÖÐVAKERFIN .....	7
MYND 2. DREIFING GASHITA Á HENGILSSVÆÐI .....	8
MYND 3. JARÐFRÆÐIKORT AF HENGLINUM (KRISTJÁN SÆMUNDSSON, 1995A) .....	10
MYND 4. KORT AF JARÐHITA, UMMYNDUN OG GRUNNVATNI (KRISTJÁN SÆMUNDSSON 1995B).....	11
MYND 5. HELLISHEIÐI - ÚRDRÁTTUR ÚR JARÐFRÆÐIKORTI.....	11
MYND 6. JARÐFRÆÐIKORT AF SUÐVESTURLANDI (1:100.000) .....	12
MYND 7. KORTAÐEKJA AF MANNVIRKJUM (MANNVIT, 2009).....	13
MYND 8. EÐLISVIÐNÁM 500 M NEÐAN SJÁRVARMÁLS (KNÚTUR ÁRNASON, 2007) .....	14
MYND 9. EÐLISVIÐNÁM 850 M NEÐAN SJÁRVARMÁLS (KNÚTUR ÁRNASON, 2007) .....	15
MYND 10. DREIFING LÁGVÍÐNÁMS OG HÁVÍÐNÁMSKJARNA Á HENGILSSVÆÐI (GUNNAR GUNNARSSON ÓBIRT KORT) .....	16
MYND 11. FYRSTA HUGMYNDALÍKANIÐ AÐ HENGLI .....	17
MYND 12. LEGA HITAÐVERSNIÐA Á HENGILSSVÆÐI .....	18
MYND 13. HITAÐVERSNIÐ A-A' .....	18
MYND 14. HITAÐVERSNIÐ B-B' .....	19
MYND 15. HITAÐVERSNIÐ C-C' .....	20
MYND 16. BERGHITI Á 1000 M DÝPI UNDIR SJÓ (GUNNAR GUNNARSSON, 2010) .....	21
MYND 17. YFIRLITSMYND SEM SÝNIR HELSTU HITA- OG MASSA INNSTREYMI Á HENGILSSVÆÐINU.....	22
MYND 18. LÍKANSVÆÐI GRUNNVATNSLÍKANS (VATNASKIL, 2014).....	23
MYND 19. REIKNÆÐ GRUNNVATNSRENNSLI ÞEGAR GRUNNVATNSSKIL NÁ LENGST TIL NORÐURS. STÆRÐ ÖRVA ER Í SAMRÆMI VIÐ RENNSLI (VATNASKIL, 2014).....	24

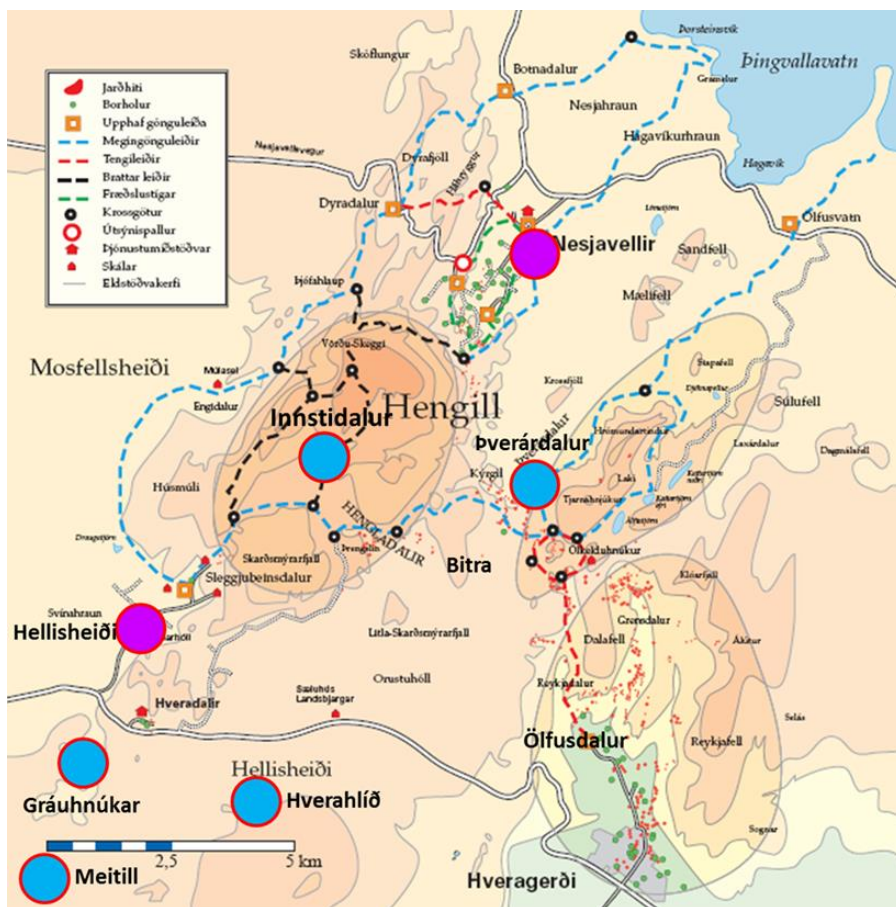




## 1. Inngangur

Í þessari greinargerð er stutt yfirlit yfir Hengilssvæðið vegna virkjunarkosta sem óskað er eftir að verði til umfjöllunar í verndar- og orkunýtingaráætlun 3. Í dag eru gufuorkuver á tveimur stöðum á Hengilssvæðinu, þ.e. á Nesjavöllum og svo við Kolviðarhól (Hellisheiðarvirkjun). Auk þess er jarðhiti nýttur í Hveragerði en þó ekki til raforkuframleiðslu. Önnur svæði þar sem boraðar hafa verið rannsóknaholur eru við Hverahlíð (6 holur), við Bitru (3 holur) og við Gráuhnúka (1 hola). Nú er unnið að tengingu Hverahlíðarsvæðisins til nýtingar við Hellisheiðarvirkjun.

Þau svæði sem Orkuveita Reykjavíkur og Orka náttúrunnar óska eftir að verði tekin til umfjöllunar í verndar- og orkunýtingaráætlun 3 eru: Hverahlíð, Gráuhnúkar, Meitill, Innstidalur og Þverárdalur. Mynd 1 sýnir legu þessara svæða á Hengilssvæðinu.



Mynd 1. Hengilssvæðið og eldstöðvakerfin

Virkjanir á svæðinu eru sýndar með fjólubláum hringjum en svæðin sem óskað er eftir til umfjöllunar í verndar- og orkunýtingaráætlun 3 eru sýnd með bláum hringjum.

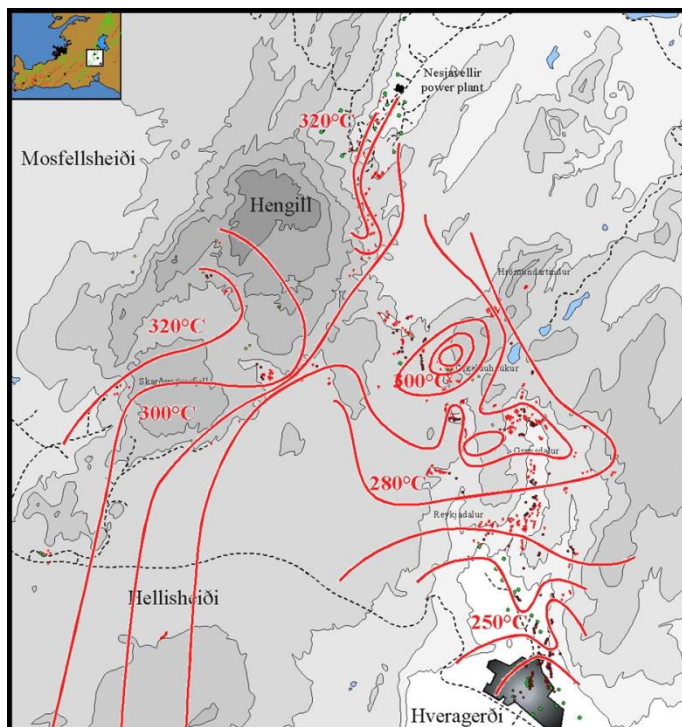
## 2. Hengilssvæðið

Hengilssvæðið er eitt af stærstu háhitasvæðum landsins. Stærð svæðisins var áætluð 100-112 km<sup>2</sup> (lðnaðarráðuneytið 1994). Þar var miðað við dreifingu hita, ummyndunar á yfirborði og dreifingu viðnáms miðað við 5 ohmm línu. Svæðið nær frá vesturhlíðum Hengilsins og í suður um svæðið á Norðurhálsunum norðan Skálafells. Í austri nær svæðið austur fyrir Hveragerði og í norðri rétt norðan við Nesjavelli.

Landslag á svæðinu er fjöllótt. Svæðið liggur mest í 300-600 m hæð, en hæst rís Skeggi í um 800 m hæð. Samgöngur eru góðar á hluta svæðisins, þ.e. á þeim svæðum þar sem þegar hefur verið virkjað. Ennfremur er ökuleið inn á Bitru og Ölkelduháls og að borholum í Hverahlíð. Slóðir liggja víðar svo sem inn í Innstadal, austan með Litla-Meitli að Eldborg og að borholu við Gráuhnúka.

## 3. Jarðfræði svæðisins

Berggrunnur á Hengilssvæðinu er að mestu móberg sem myndast hefur undir jökli á síðustu jökulskeiðum ísaldar. Á jöðrum svæðisins kemur blágrýti fram undan móberginu. Hengilssvæðið nær yfir þrjú eldstöðvakerfi. Austast er Hveragerðiseldstöðin, sem er útdauð og sundurgráfin, þar norður af og austur af Hengli er eldstöðvakerfi kennt við Hrómundartind, en þar gaus síðast fyrir um 10.000 árum. Vestast er síðan Hengilskerfið sem er er yngst og virkast. Innan þess eru vinnslusvæðin á Nesjavöllum og á Hellisheiði. Eldstöðvakerfin eru sýnd með gráum útlínum á mynd 1. Dreifing gastegunda í gufuaugum aðgreinir einnig þessi þrjú eldstöðvakerfi (mynd 2) (Gretar Ívarsson, 1998).



Mynd 2. Dreifing gashita á Hengilssvæði

Gosmyndanir á svæðinu spanna um 800.000 ár í tíma. Elstu jarðlögin er að finna í ásunum suðaustan við Hveragerði, en yngst eru hraunin sem flætt hafa frá gosreininni gegnum Hengil. Gosmyndanir á Hengilssvæðinu eru fjölbreyttar. Aðalgerðir eldstöðva eru þó einungis tvær, tengdar sprungugosum og dyngjugosum. Jarðskorpuhreyfingar í

gliðunarbelti eins og verið hefur á Hengilssvæði allan þann tíma sem jarðsaga þess spannar sýna sig í gjám og misgengjum og hallandi jarðlögum á jaðarsvæðunum. Skjálftabelti Suðurlands gengur austan til inn í Hengilssvæðið. Á vestanverðu Hengilssvæðinu er landslagið mótað af gosmyndunum sem hafa hlaðist upp á síðasta jökulskeiði og á nútíma. Austan til hafa roföflin hins vegar mótað það. Laus jarðlög þekja sléttlendi og fjallshlíðar eru hvergi mjög skriðurunnar nema þar sem þykk hraunlög eru í brúnum eða fjöllin eingöngu úr bólstrabergi.

Frá ísaldarlokum, þ.e. síðustu 11.000, ár eru þekkt þrjú eldgos í Hengilskerfinu. Síðast gaus þar fyrir um 2.000 árum. Næstu gos þar á undan voru fyrir um 5.800 árum. Um 10.000 ár eru síðan fyrsta gos á nútíma varð. Síðast gaus í nágrenni Hengils þegar Svínahraunsbruni rann árið 1000. Upptök hans eru í næstu sprungurein vestan Hengils, í svokallaðri Bláfjallarein. Umbrot voru í Hengilskerfinu árið 1789 (Kristján Sæmundsson, 2003). Jarðfræðikort af Henglinum í mælikvarðanum 1:50.000 var gefið út árið 1995, sjá mynd 3 (Kristján Sæmundsson, 1995a).

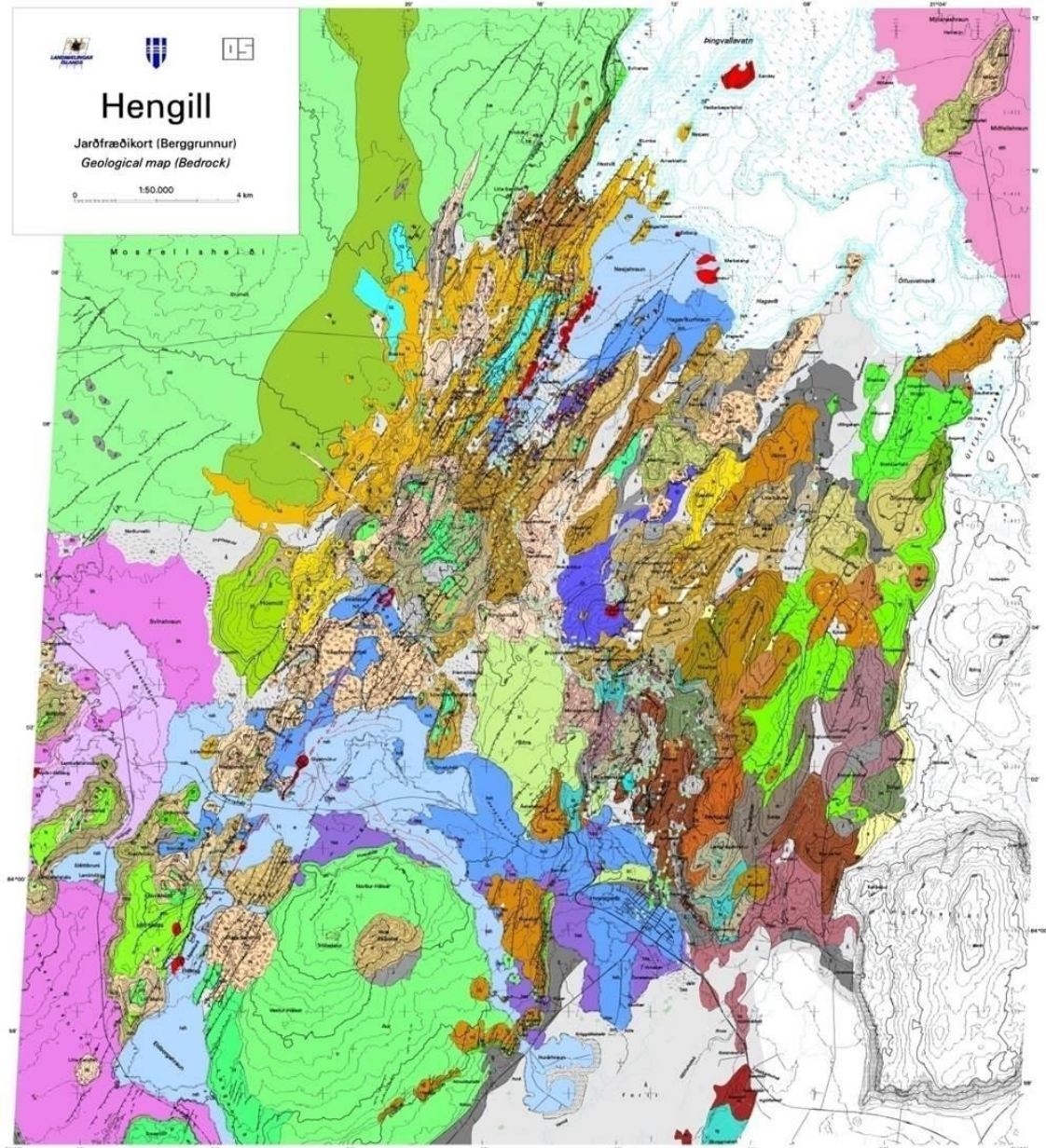
Jarðhiti í Henglafjöllum nær frá Nesjavöllum suðvestur í Hveradali og Hverahlíð. Jarðhitinn er mestur og samfelldastur utan í Hengli alls staðar nema norðvestan megin. Brennisteinshverir eru mestir vestan til í Henglafjöllum, þ.e. í Sleggjubeinsdölum, norðan við Innstadal og ofan við Hagavíkurlaugar. Austan megin eru kalkhverir og kolsýrulaugar algengar. Kort af jarðhita, ummyndun og grunnvatni var gefið út árið 1995, sjá mynd 4 (Kristján Sæmundsson, 1995b).

Hluti af berggrunnskorti Kristjáns Sæmundssonar (1995a) fyrir suðurhluta Hengilssvæðisins er sýnt á mynd 5.

Heildarjarðfræðikort af Suðvesturlandi hefur verið gefið út af ÍSOR í mælikvarðanum 1:100.000 og eru jarðfræðikort af Henglinum hluti af því korti (Kristján Sæmundsson o.fl., 2010) sjá mynd 6.

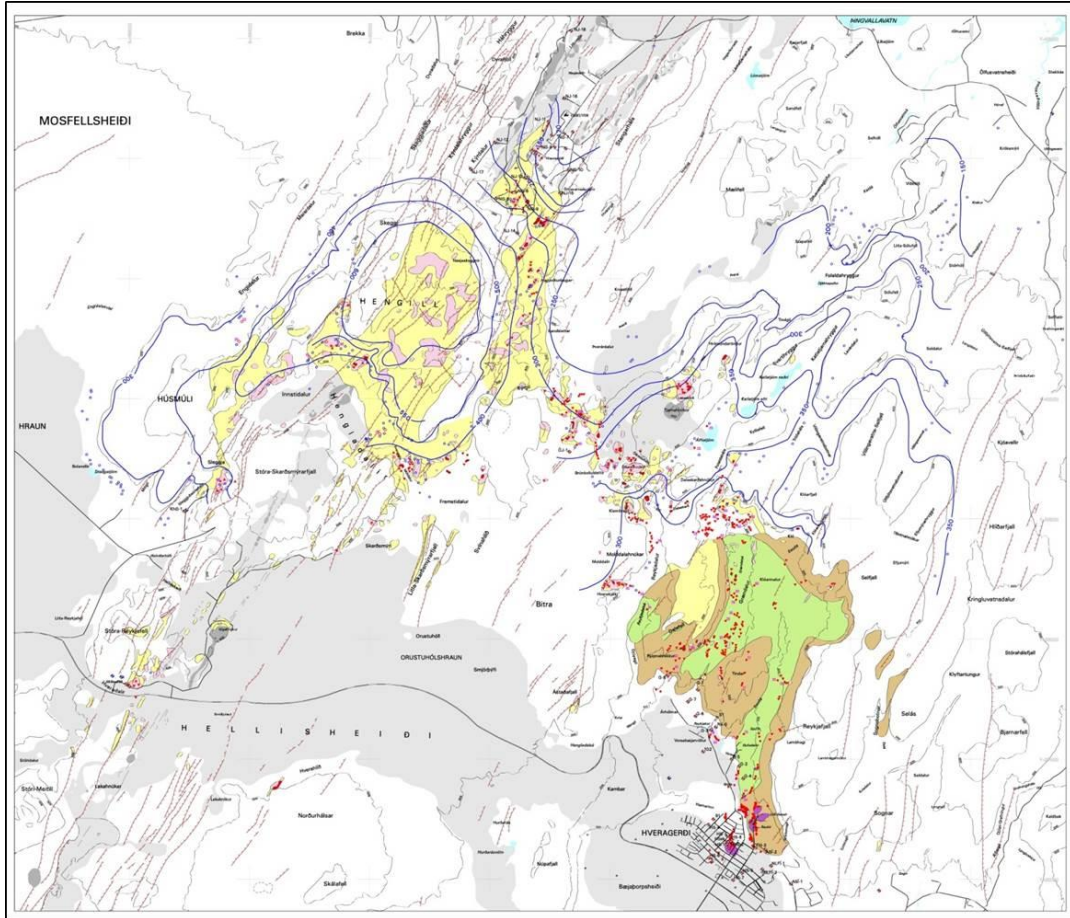
Gert hefur verið tölvutækt þekjukort af Hengilssvæðinu þar sem hægt er að skoða ýmsa þætti á svæðinu, svo sem jarðfræði, jarðhita og ummyndun, gróðurlendi, landslagsgreiningu, akvegi og slóðir ásamt mannvirkjum (Mannvit, 2009). Mynd 7 sýnir kortið þar sem mannvirki á Hengilssvæðinu eru sýnd.



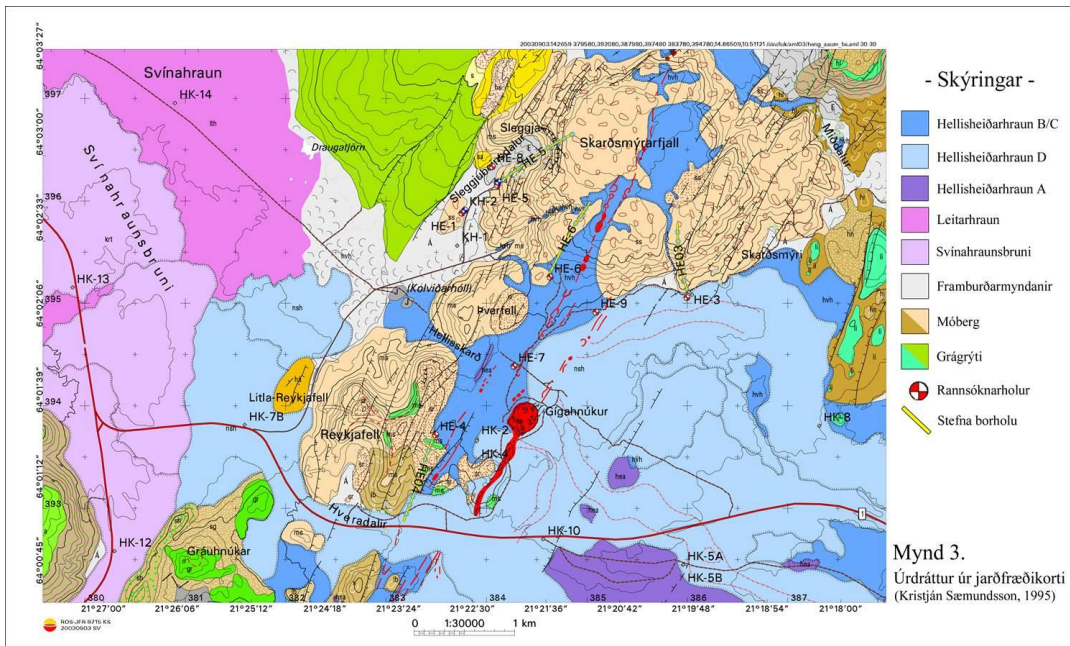


Mynd 3. Jarðfræðikort af Henglinum (Kristján Sæmundsson, 1995a)



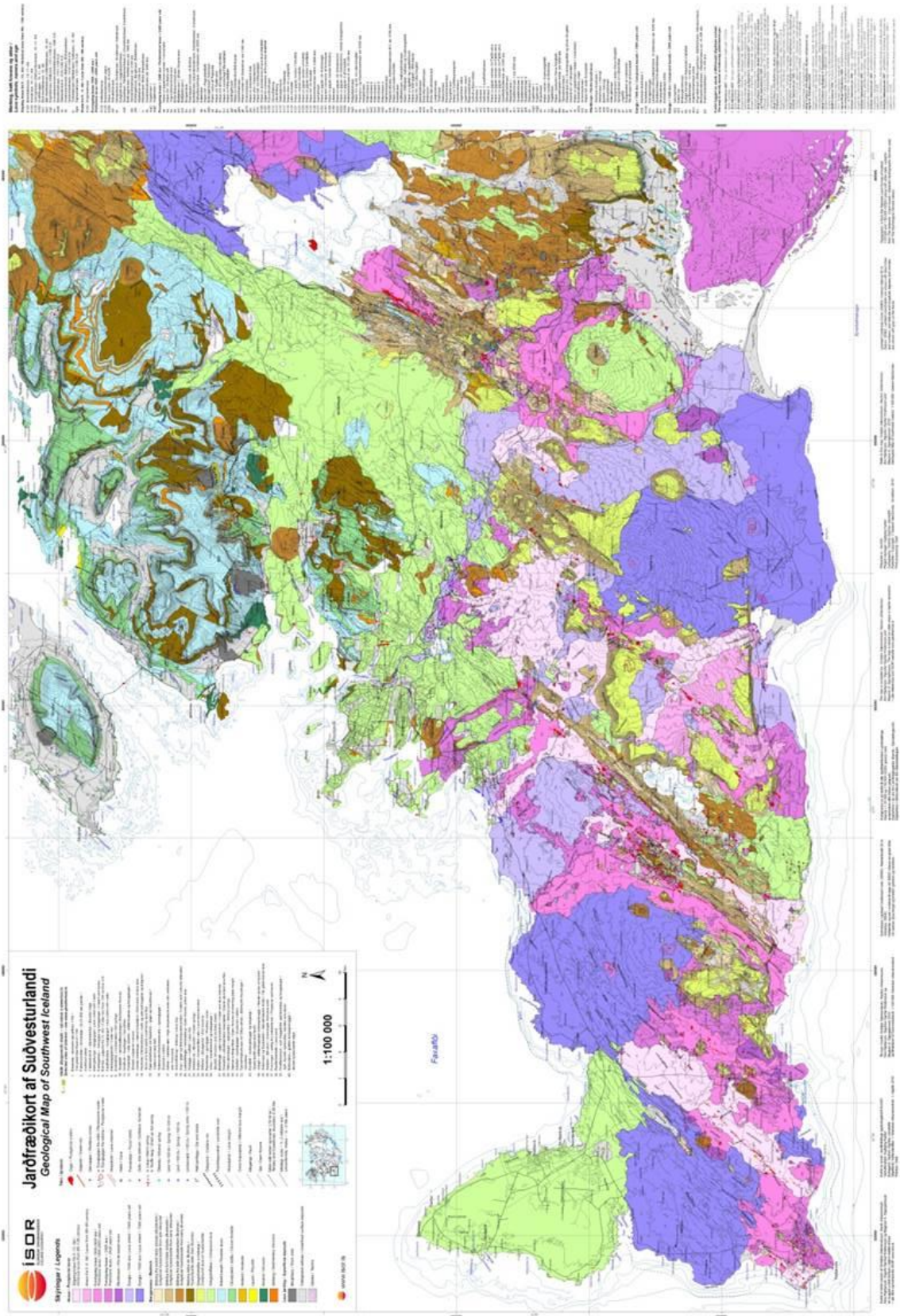


Mynd 4. Kort af jarðhita, ummyndun og grunnvatni (Kristján Sæmundsson 1995b)

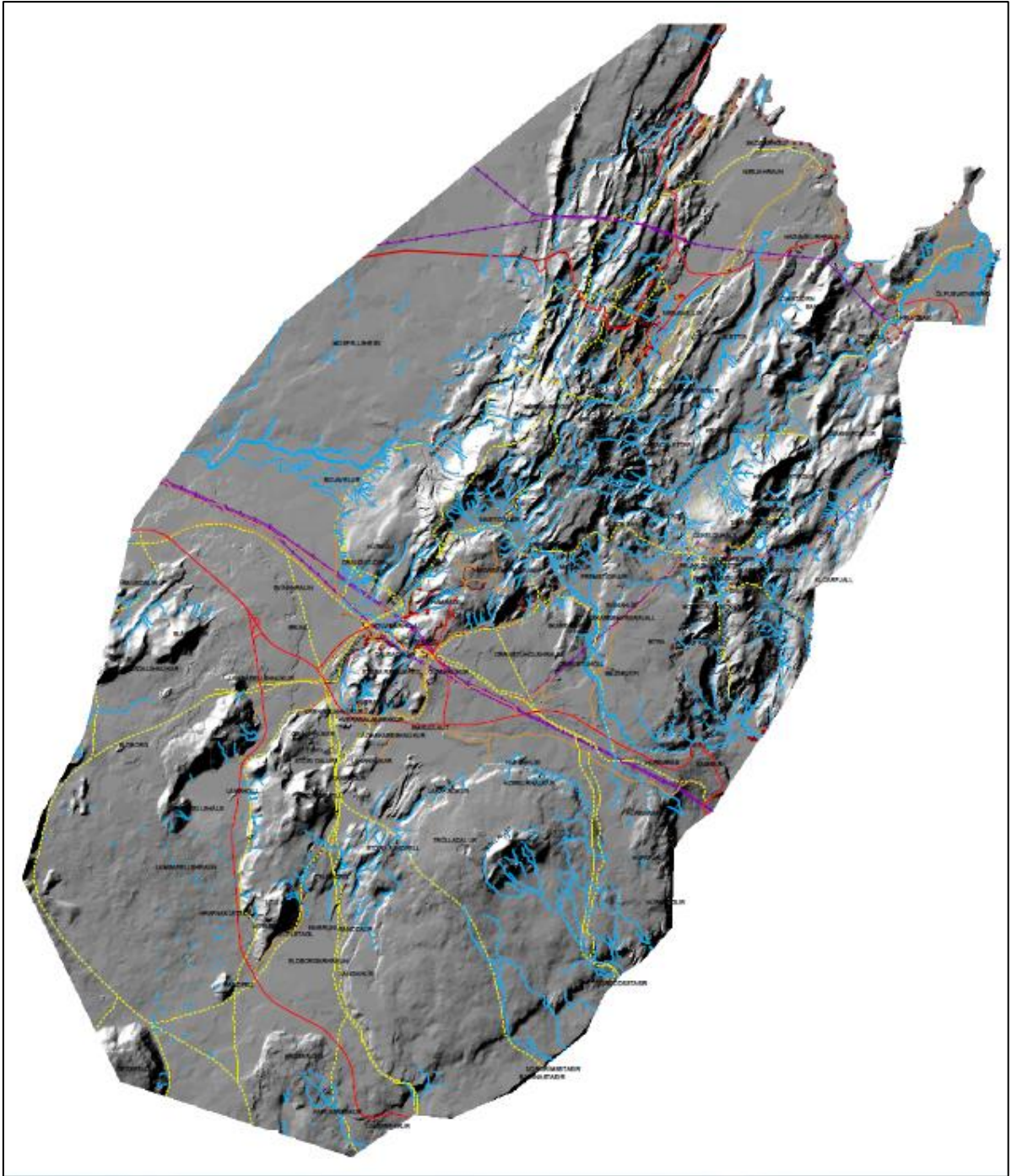


Mynd 5. HELLISHEIÐI - Úrdráttur úr jarðfræðikorti





Mynd 6. Jarðfræðikort af Suðvesturlandi (1:100.000)



Mynd 7. Kortapakja af mannvirkjum (Mannvit, 2009)

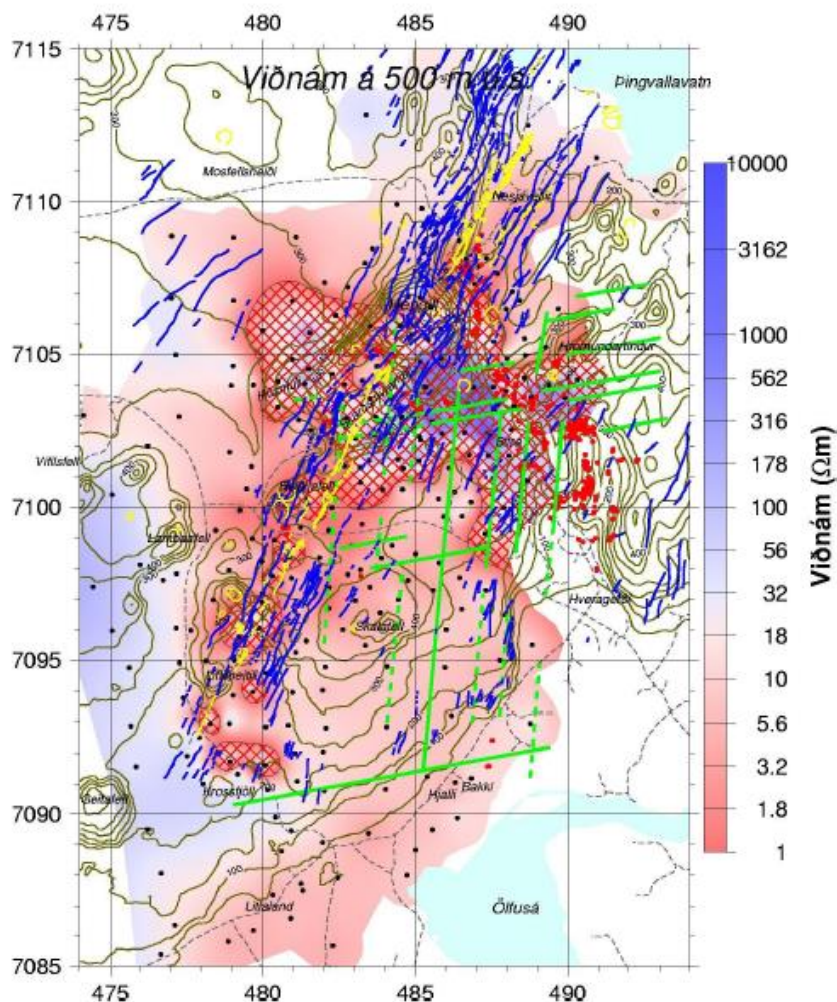


## 4. Viðnámsmælingar

Með viðnámsmælingum á Hengilssvæði hafa fengist upplýsingar um ummyndun og þar með bæði fornan og núverandi jarðhita. Lágviðnámssvæði um  $110 \text{ km}^2$  að stærð á  $400 \text{ m}$  dýpi neðan sjárvarmáls markar í grófum dráttum útbreiðslu háhitasvæðisins á þessu dýpi. Allur jarðhiti á yfirborði og ummyndun á Hengilssvæði fellur innan þessa svæðis. Þetta eru þær mælingar sem notaðar voru til að afmarka jarðhitasvæðið í Hengli eins og nefnt var í kafla 2. Þessar eldri mælingar byggðu á jafnstraumsmælingum (Schlumberger- og tvíþólmsmælingar) og voru niðurstöður þeirra skoðaðar í samhengi við önnur jarðeðlisfræði- og jarðfræðigögn.

Við rannsóknir á Nesjavallasvæðinu árið 1986 voru TEM-viðnámsmælingar fyrst reyndar hér á landi. Fljótlega á eftir leystu þær af hólmi eldri viðnámsmæliaðferðir.

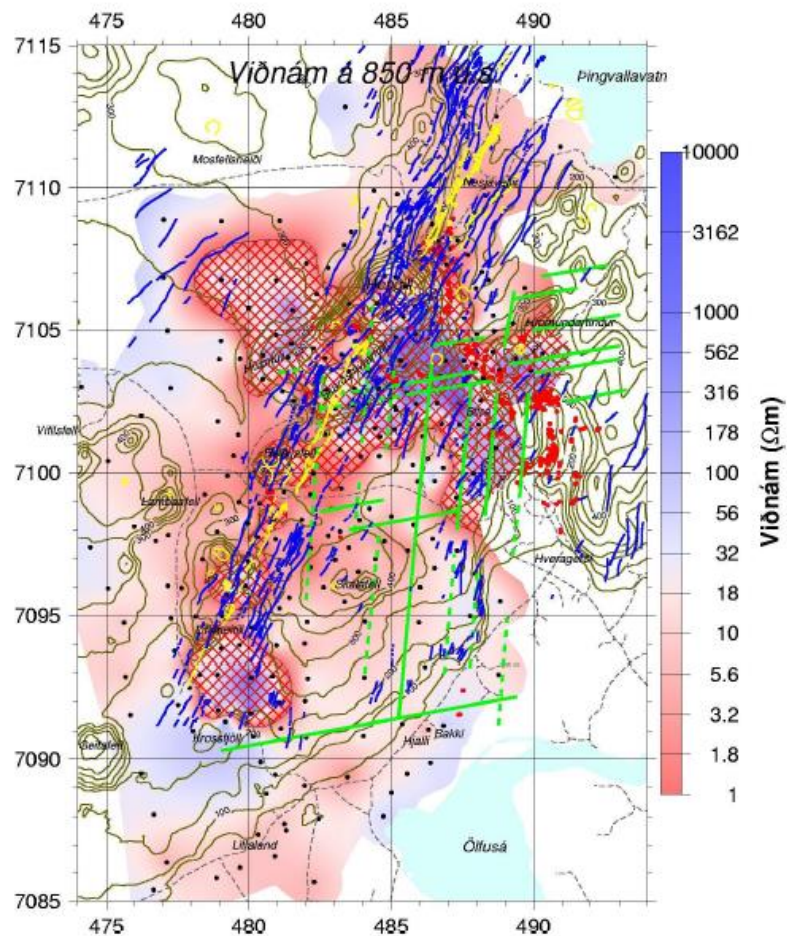
Árið 2001 kom út skýrsla um niðurstöður viðnámsmælinga við Hengil og á Hellisheiði (Knútur Árnason og Ingvar Þór Magnússon, 2001). Frekari mælingar hafa verið gerðar og niðurstöður birtar (Knútur Árnason, 2007). Myndir 8 og 9 sýna dreifingu eðlisviðnáms annars vegar á  $500 \text{ m}$  neðan sjárvarmáls og hins vegar á  $850 \text{ m}$  neðan sjárvarmáls.



**Mynd 8. Eðlisviðnám 500 m neðan sjárvarmáls (Knútur Árnason, 2007)**

Hátt viðnám neðan lágviðnáms er sýnt með rauðri skástrikun. Jarðhiti á yfirborði er sýndur með rauðum deplum og gígar og gossprungur frá nútíma með gulum línum. Sprungur og misgengi sem sjást á yfirborði eru sýnd með bláum línun en sprungur og misgengi samkvæmt dreifingu jarðskjálfta með grænum.



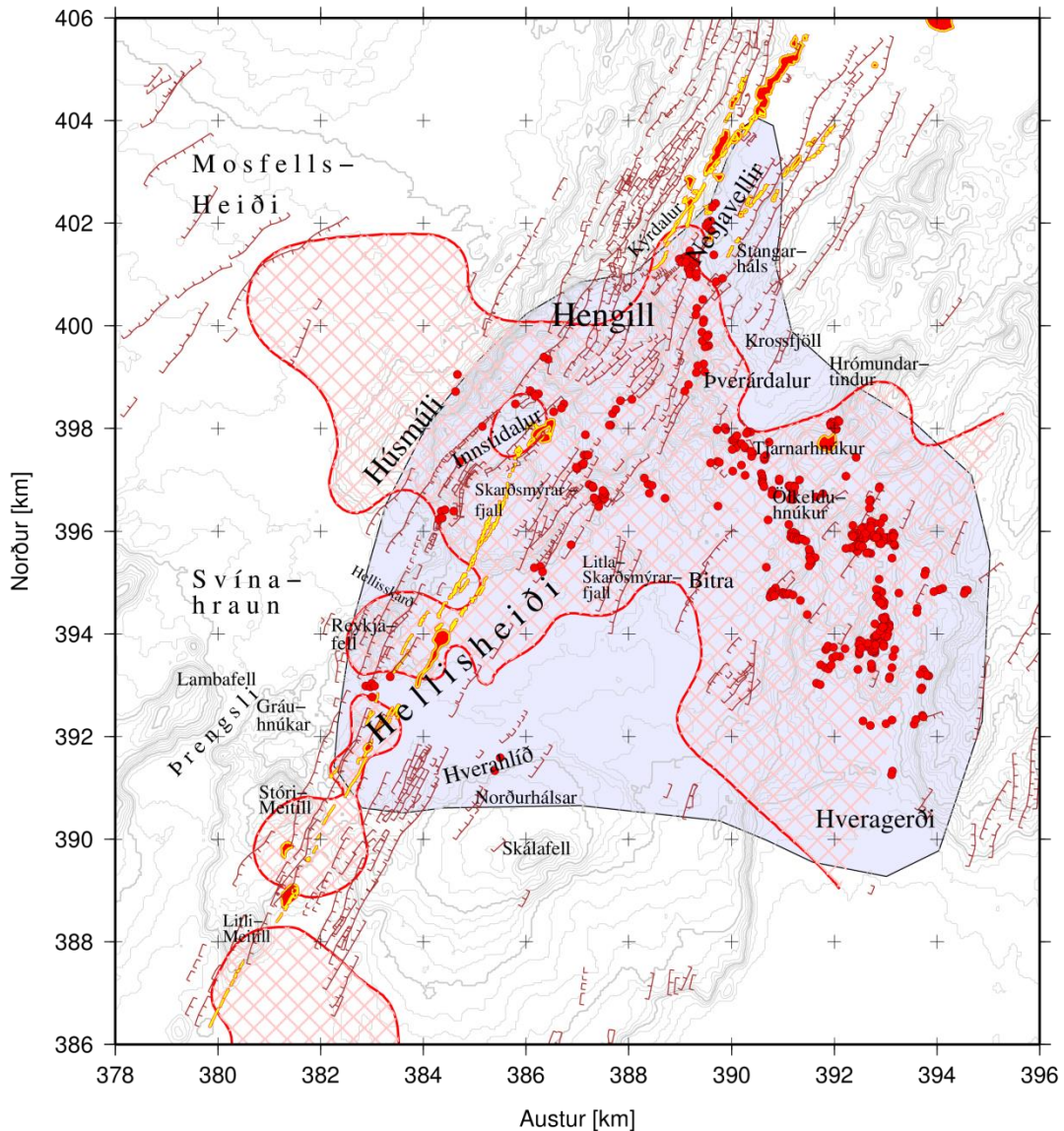


**Mynd 9. Eðlisviðnám 850 m neðan sjávarmáls (Knútur Árnason, 2007)**

*Hátt viðnám neðan lágviðnáms er sýnt með rauðri skástríkun. Jarðhiti á yfirborði er sýndur með rauðum deplum og gígar og gossprungur frá nútíma með gulum línum. Sprungur og misgengi sem sjást á yfirborði eru sýnd með bláum línun en sprungur og misgengi samkvæmt dreifingu jarðskjálfta með grænum.*

Viðnámsmælingar á Hengilssvæði sýna víðáttumikinn háviðnámskjarna eftir gossprungunni frá Meitli að Nesjavöllum og á norðvestlægri línu frá Hveragerði vestur yfir Hengil.

Á mynd 10 er sýnt kort af Hengilssvæðinu þar sem sýnd er dreifing lágviðnáms, eins og það var notað í skýrslu Iðnaðarráðuneytis frá 1994, og dreifing háviðnámskjarna skv. síðari túlkunum ÍSOR. Þessi skilgreining lágviðnáms er sýnd hér þar sem hún hefur í gegnum tíðina verið notuð til að skilgreina stærð jarðhitakerfisins í Hengli eins og fram kemur í köflum hér að framan. Háviðnámskjarni eins og hann hefur komið fram í síðari mælingum er jafnframt sýndur á mynd 10.



**Mynd 10. Dreifing lágviðnáms og háviðnámskjarna á Hengilssvæði (Gunnar Gunnarsson óbirt kort)**

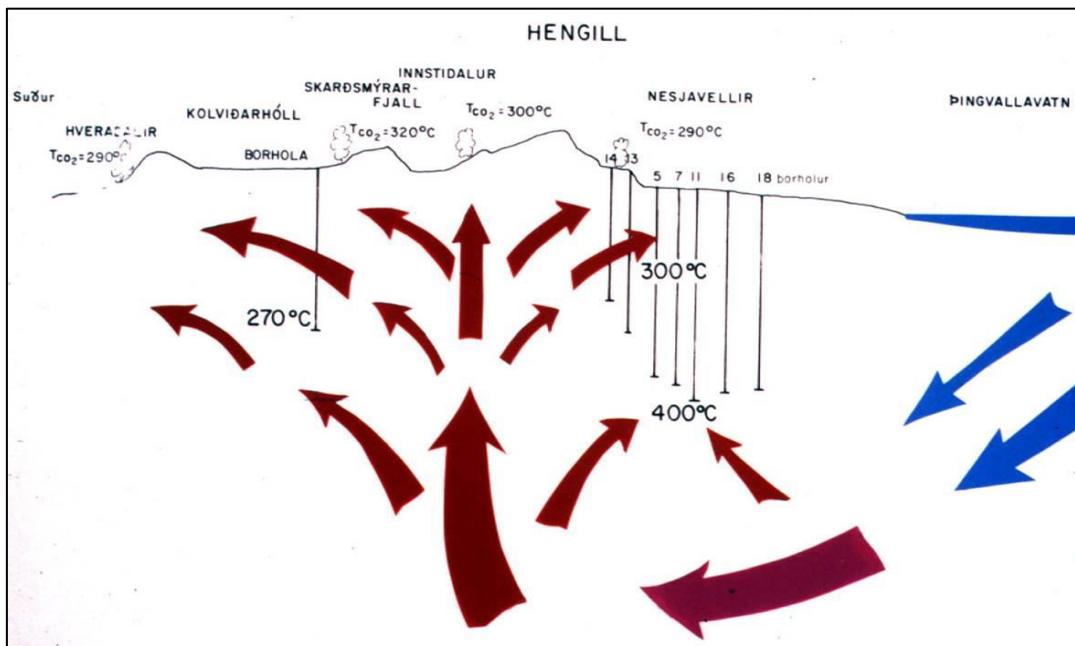
*Dreifing lágviðnáms er sýnt með gráum flekk, hátt viðnám neðan lágviðnáms er sýnt með rauðri skástrikun. Jarðhiti á yfirborði er sýndur með rauðum deplum. Sprungur og misgengi sem sjást á yfirborði eru sýnd með rauðlitum línum.*

## 5. Hugmyndalíkan af svæðinu

Hugmyndalíkan af jarðhitasvæðinu í Hengli hefur þróast í gegnum tíðina og er í raun í stöðugri þróun eftir því sem upplýsingar berast. Fyrsta hugmyndalíkanið af Henglinum var sett fram 1985, sjá mynd 11. Þar var hugmyndin að eitt uppstreymi væri undir Henglinum sjálfum og þaðan streymdi síðan hiti til norðurs að Nesjavöllum og til suðurs að Innstadal, Skarðsmýrarfjalli og Kolviðarhóli.

Hugmyndalíkanið var endurskoðað 2007 (Grímur Björnsson, 2007) þegar gert var einfalt mat á vinnslugetu nýrra borsvæða. Endurskoðunin byggði einkum á gerð ferla er lýsa upphafshita og þrýstingi í borholum, ásamt teiknun hita- og þrýstimynda í sniðum og flötum. Skilgreind eru fjögur sérstök uppstreymissvæði jarðhitavökva af miklu dýpi, undir Hengli, við Gráuhnúka, í Hverahlíð og á Bitru. Torlekt þil heldur uppi þrýstingi vestan við

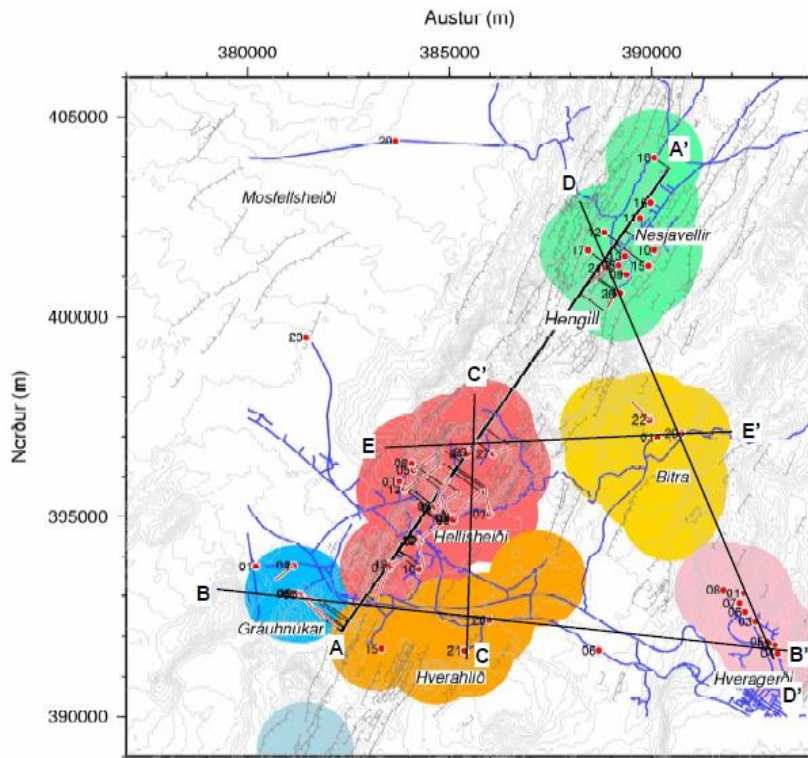
sprungustykki Hengils. Flöt þrýstidreifing austan við sprungustykkið var talin endurspeglar góða vatnslekt. Sækir sú ályktun sér stuðning í mikla smáskjálftavirkni. Jarðhitakerfið á Bitru er talið skiptast í efra og neðra kerfi, svipað og í Kröflu. Er það efra rétt um 200 °C heitt meðan staðfestur er 280 °C hiti í því neðra. Jarðhitasvæðið í Hverahlíð virkar staðbundnara. Það kann að vera umlukið torlekum, lóðréttum þiljum á alla vegu. Þar má hins vegar bora mjög þurrar holur í 270-320 °C heitt kerfi sem gerir svæðið áhugavert fyrir jarðgufuvirkjun.



Mynd 11. Fyrsta hugmyndalíkanið að Hengli

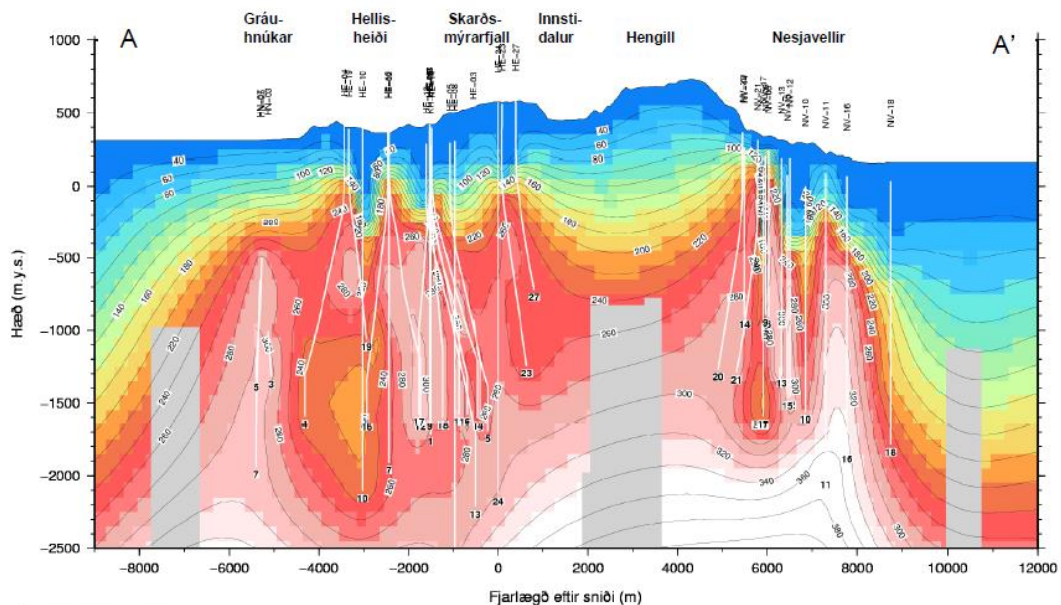
Mynd 12 sýnir legu þversniða sem teiknuð voru upp í þessari endurskoðun. Myndir 13-15 sýna þrjú af þessum hitasniðum.





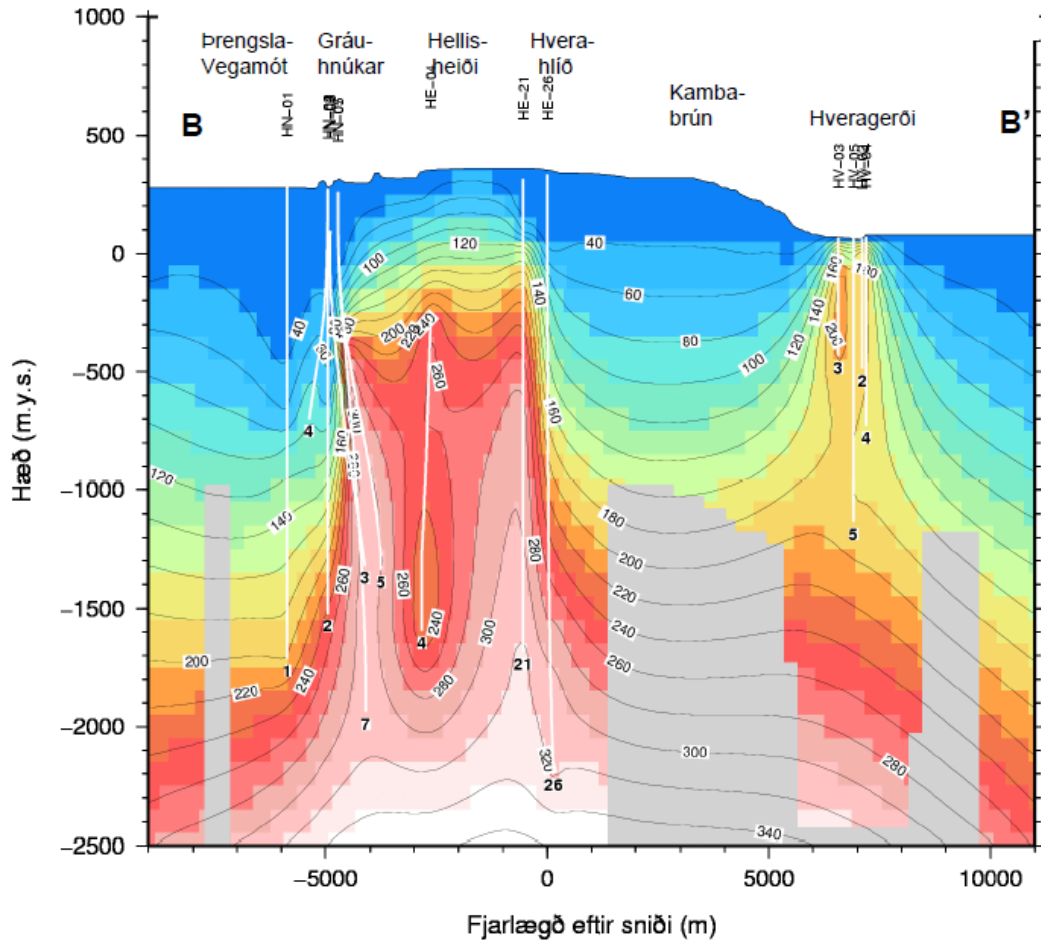
**Mynd 12. Lega hitaþversniða á Hengilssvæði**

Litaðir flekkir vísa til núverandi eða fyrirhugaðra vinnslu- og niðurrenslissvæða. Útbreiðsla miðar við 1200 metra geira út frá borteigum.



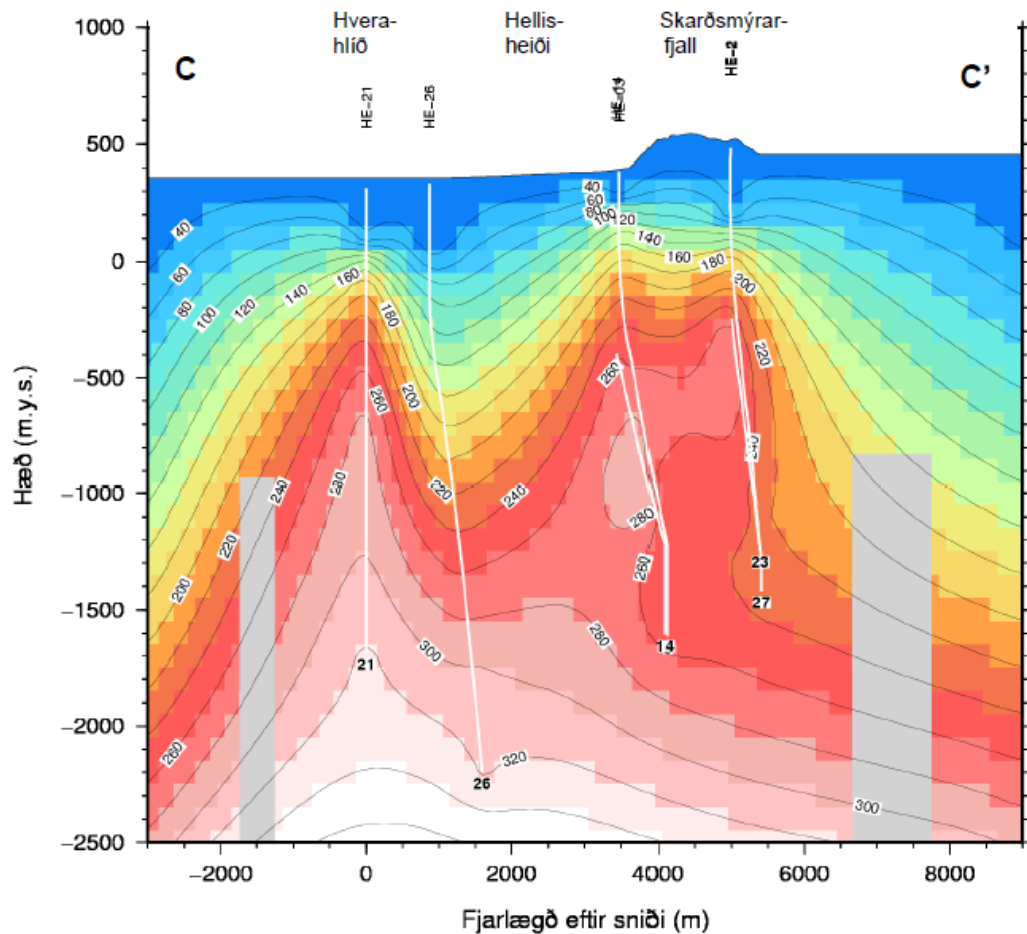
**Mynd 13. Hitaþversnið A-A'**

Sniðið er frá Gráuhnúkum í suðri, um Hellisheiði, Hengil og norður til Nesjavalla. Lega sniðsins er sýnd á mynd 12. Borholur eru sýndar með hvítum línur. Er nafn þeirra að ofanverðu en holunúmer við neðri enda holu.



**Mynd 14. Hitapversnið B-B'**

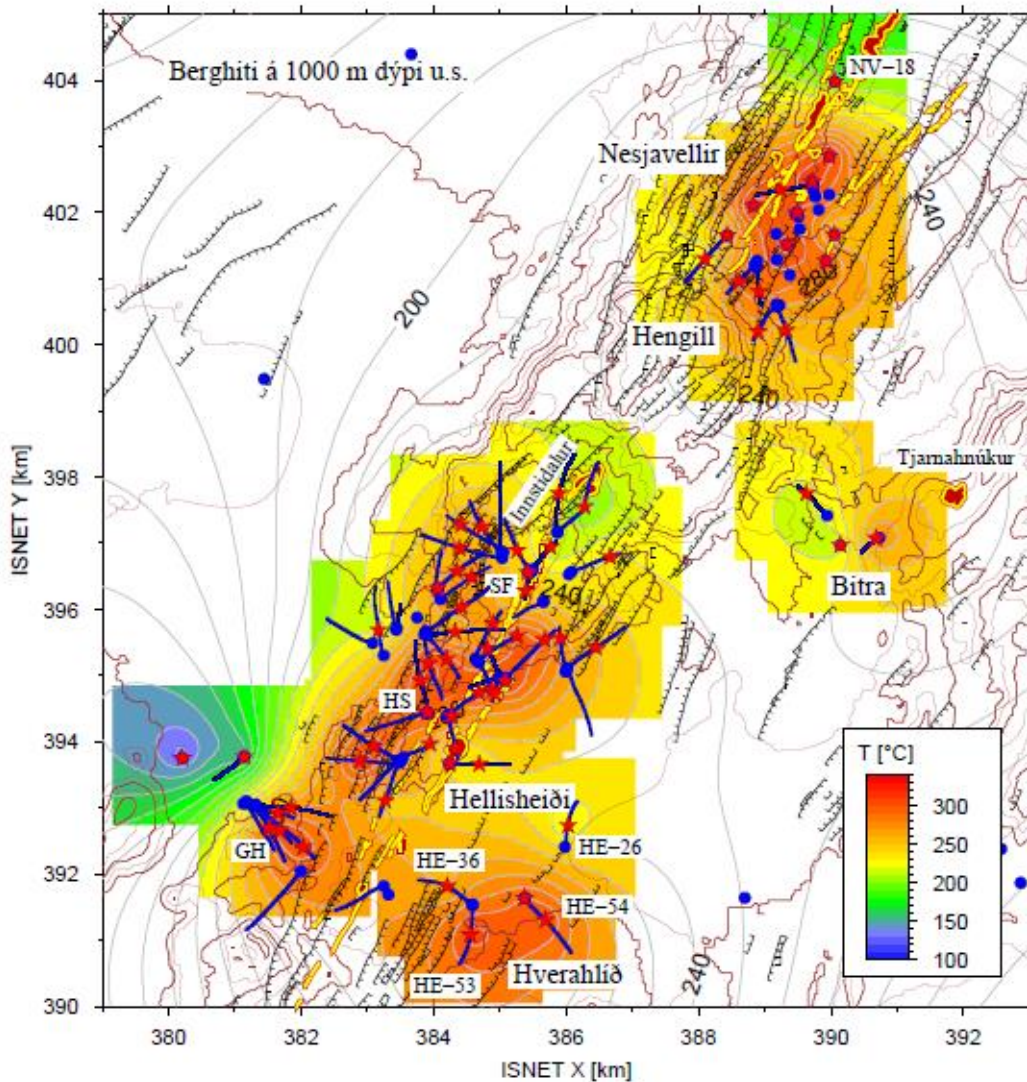
*Sniðið er frá Gráuhnúkum í vestri, um Hverahlíð, austur í Hveragerði. Borholur eru sýndar með hvítum línum. Er nafn þeirra að ofanverðu en númer við neðri enda holu.*



**Mynd 15. Hitapversnið C-C'**

*Sniðið er frá Hverahlíð í suðri, um Hellisheiði og norður á Skarðsmýrarfjall. Borholur sýndar með hvítum línum. Er nafn þeirra að ofanverðu en númer við neðri enda holu.*

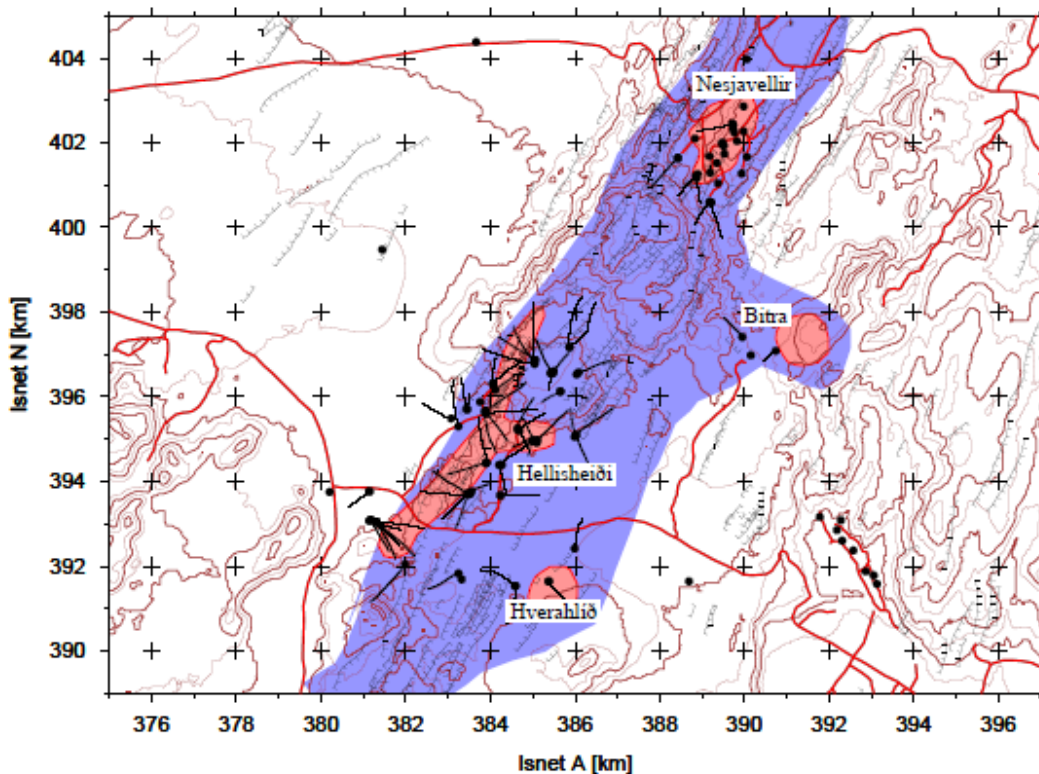
Í vinnsluspá fyrir vinnslusvæði Hellisheiðarvirkjunar (Gunnar Gunnarsson, 2010) og Nesjavallavirkjunar (Gunnar Gunnarsson, 2013) hefur verið fjallað um hugmyndalíkan af Hengilssvæðinu. Líkanið byggir á dreifingu berghita og dregnar þær ályktanir að varmagjafar jarðhitakerfa séu grynna en áður var talið og leitt líkum að því að innkotavirkni tiltölulega grunnt í skorpunni nægi til að mynda jarðhitakerfi. Mynd 16 sýnir dreifingu berghita á 1000 m dýpi undir sjó (Gunnar Gunnarsson, 2010). Í líkaninu eru hitauppsprettur áætlaðar út frá berghita sem bendir til að hitainnstreymið í kerfið sé tiltölulega staðbundið. Á mynd 17 er staðsetning þeirra sýnd með bleikum lit. Nesjavellir hafa sína uppsprettu undir miðju vinnslusvæðinu. Á Hellisheiði er hitagjafinn í vestur brún heiðarinnar nánar tiltekið í móbergshryggjunum sem liggja frá Gráuhnúkum um Hellisskarð að Skarðsmýrarfjalli. Hitagjafi þessi kvíslast þar, fer annars vegar með suðurhlíðum Skarðsmýrarfjalls og hins vegar inni Sleggjubeinsdal og í áttina að Sleggju. Bitrusvæðið og Hverahlíðin hafa sína uppsprettuna hvort. Ekki er ljóst hve stórar þær eru en líklegt þykir að útbreiðsla hitauppsprettunnar á Bitru sé vanmetin á mynd 17. Útbreiðsla yfirborðjarðhita þar er mun meiri en að svo lítil uppspretta geti skýrt hana.



**Mynd 16. Berghiti á 1000 m dýpi undir sjó (Gunnar Gunnarsson, 2010)**

Holutoppar eru táknaðir með bláum punktum og holuferlar skáboraðra holna með bláum línum. Hitinn er metinn útfra hitamælingum í borholum á svæðinu og sýnir rauð stjarna staðsetningu þeirra mæligilda sem notuð eru við að teikna berghitann. (Þær sýna þ.a.l. skurðpunkt þeirra holna sem berghitinn hefur verið metinn í við 1000 m jafndýptarflöt undir sjó.) Inná kortið eru einnig teiknuð misgengi (kambaðar línu) og gosmenjar frá nútíma (gulbryddaðar rauðar skellur). Gráuhnúkar eru merktir með GH, Hellisskarð með HS og Skarðsmýrarfjall með SF. Sniðið er frá Hverahlíð í suðri, um Hellisheiði og norður á Skarðsmýrarfjall. Borholur sýndar með hvítum línum. Er nafn þeirra að ofanverðu en númer við neðri enda holu.





**Mynd 17. Yfirlitsmynd sem sýnir helstu hita- og massa innstreymi á Hengilssvæðinu**

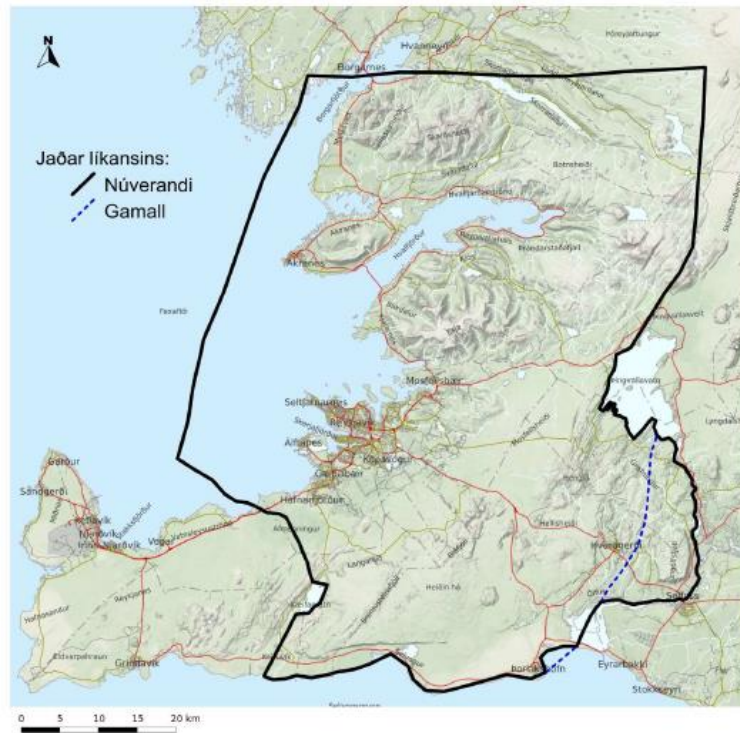
*Bláa svæðið sýnir hvar reiknað er með að háa – eða öllu heldur hærri – lekt sé að finna. Þetta leka svæði er síðan umlukið lægri lekt. Bleiku svæðin sýna hvar hiti og massi streymir neðan frá inni kerfið.*

## 6. Grunnvatn

Um vatnafar á Hengilssvæðinu skiptir í tvö horn. Á því vestanverðu eru stöðugar lindir og lækir einungis þar sem jarðlögin eru svo ummynduð að þau halda vatni. Annars sígur þar allt vatn í jörð. Á austanverðu svæðinu renna ár og lækir árið um kring. Heilstætt grunnvatnslíkan hefur verið gert af svæði sem nær frá Faxaflóa upp í Borgarfjörð norðan Skarðsheiðar um Skorradal og út á Kaldadal, þaðan í suður í Þingvallvatn og áfram í suður um Sog og Ölfusá og til sjávar. Frá suðurströndinni afmarkast svæðið síðan um Kleifarvatn og þaðan niður í Straumsvík. Afmörkun svæðisins er sýnd á mynd 18.

Í líkaninu er tekið tillit til allra þátta sem hafa áhrif á vatnafar og reiknað streymi grunnvatns. Af svæðinu vestan Hengilsins streymir grunnvatn í þrjá grunnvatnsstrauma, þ.e. Þingvallastraum, Selvogsstraum og Elliðaárstraum. Vatnaskil grunnvatns á svæðinu vestan Hengilsins breytast miðað við úrkomu á svæðinu. Mynd 19 sýnir reiknað grunnvatnsrennsli á svæðinu þegar grunnvatnsskil eru lengst til norðurs. Stærð örva á kortinu er í samræmi við rennsli. Líkanið metur jafnframt stærð grunnvatnsstraumanna. Grunnvatnsrennsli Þingvallastraums reiknast  $20 \text{ m}^3/\text{s}$ , Selvogsstraums  $43 \text{ m}^3/\text{s}$  og Elliðaárstraums  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ .





Mynd 18. Líkansvæði grunnvatnslíkans (Vatnaskil, 2014)

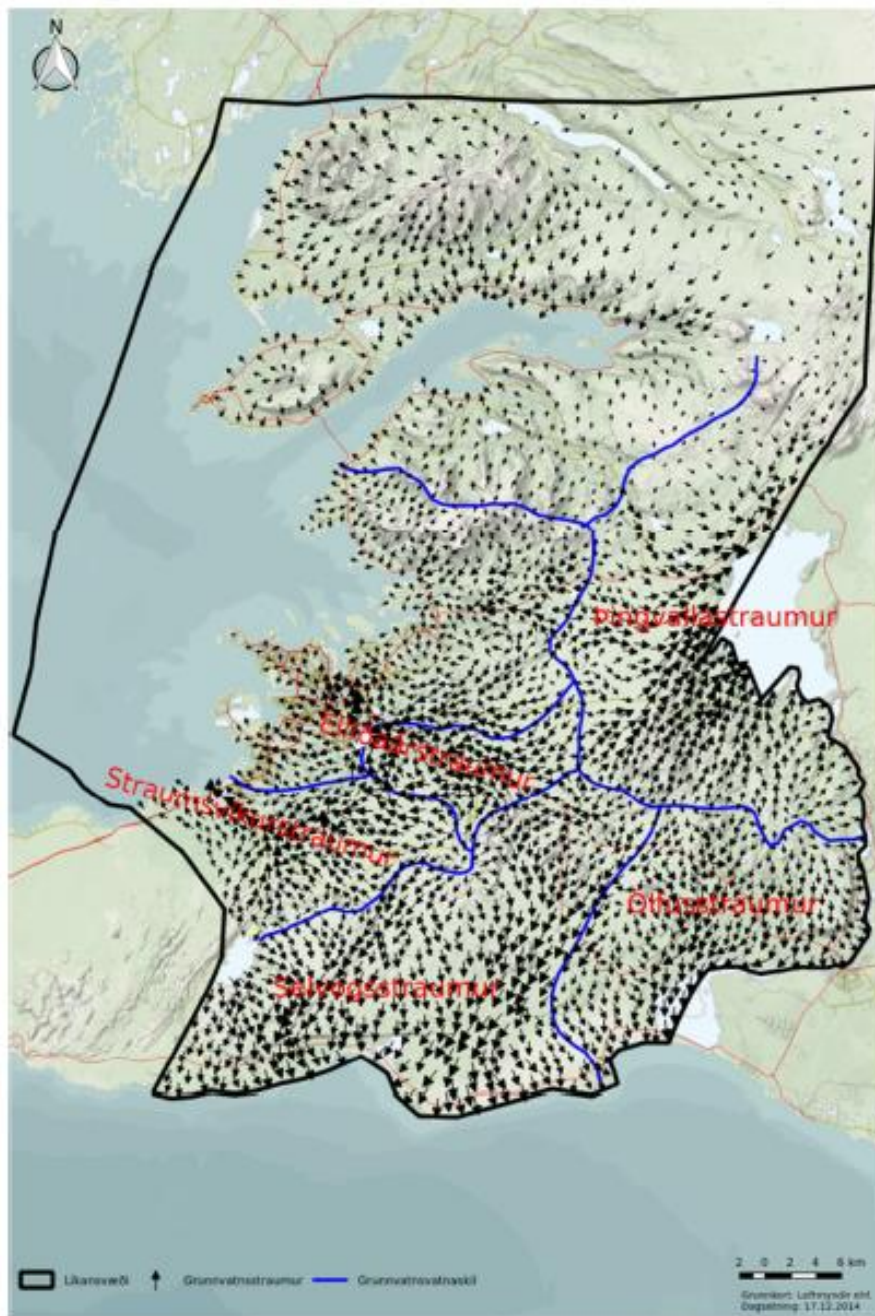
## 7. Nýting jarðhitans

Ávallt hefur verið rætt um að jarðhitann á Hengilssvæði megi nýta á nokkrum virkjunarstöðum. Í skýrslu Iðnaðarráðuneytisins frá 1994 er reiknað með 5-7 virkjunarstöðum á Hengilssvæðinu þar sem reiknað er með 5.500 GWst/ári raforkuframleiðslu í 50 ár, og 690 MW<sub>e</sub> uppsettu afli. Í skýrslu Orkustofnunar frá 2009 (Jónas Ketilsson o.fl., 2007) er rafafi Hengilssvæðisins til 50 ára metið skv. áætlaðri flatarmálsvinnslugetu. Gefið er upp 1278 MW<sub>50</sub> sem hágildi, 710 MW<sub>50</sub> sem miðgildi og 426 MW<sub>50</sub> sem lággildi.

Jarðhitanum í Henglafjöllum má hugsanlega skipta í nokkur vinnslusvæði, sem öll gætu verið innbyrðis í þrýstisambandi: Nesjavelli, Þverárdal, Bitru, Hellisheiði, Innstadal, Gráuhnúka, Meitil og Hverahlíð. Þegar hefur verið virkjað á Nesjavöllum og á Hellisheiði. Unnið er að tengingu Hverahlíðar við Hellisheiðarvirkjun.

Landslag á svæðinu er fjöllótt og vinnsla jarðhita fer mjög eftir aðgengi að viðkomandi svæðum. Einnig eru jarðhitasvæðin misjafnlega heppileg til nýtingar, sem aðallega fer eftir hita og kolsýruinnihaldi.

Á nýjum virkjunarsvæðum getur verið erfitt að meta áformaða stærð virkjunar. Vegna stuttrar eða engrar bor- og vinnsluögu eru ekki forsendur til kvörðunar á nákvæmu reiknilíkani fyrir svæðin. Þess í stað verður að byggja á líkum, reynslu frá öðrum svæðum um flatarmál og flatarvinnslugetu fyrirhugaðra virkjunarsvæða.



Mynd 19. Reiknað grunnvatnsrennsli þegar grunnvatnsskil ná lengst til norðurs. Stærð örva er í samræmi við rennsli (Vatnaskil, 2014)

## 8. Jarðhitarannsóknir á Hengilssvæðinu

Miklar heimildir eru til um Hengilssvæðið. Hér á framan hefur lauslega verið raktar yfirborðsrannsóknir sem ná yfir allt Hengilssvæðið, en ekki getið allra þeirra skýrsla og greinagerða sem skrifaðar hafa verið. Við virkjun á Nesjavöllum og á Hellisheiði hafa verið skrifaðar skýrslur og greinagerðir um boranir og jarðhita á þeim svæðum. Í skýrslum um mat á umhverfisáhrifum fyrir Nesjavelli (Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns, 2000), Hellisheiði (Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns, 2003, 2005), Bitru (VSÓ ráðgjöf, 2007a) og Hverahlíðar (VSÓ ráðgjöf, 2007b) eru ítarlegir listar um heimildir.

## 9. Tilvitnanir

Gretar Ívarsson, 1998. Fumarole gas geochemistry in estimating subsurface temperatures at Hengill in Southwestern Iceland. Proceedings of the 9th International Symposium on Water-Rock Interaction WRI-9 Taupo, New Zealand 30 Marsc-3 April 1998.

Grímur Björnsson, 2007. Endurskoðað hugmyndalíkan af jarðhitakerfum í Hengil og einfalt mat á vinnslugetu nýrra borsvæða. Orkuveita Reykjavíkur, 3-2007.

Gunnar Gunnarsson, 2010. Spá um viðbrögð jarðhitakerfisins á Hellisheiði við vinnslu. Orkuveita Reykjavíkur skýrsla 2010-9.

Gunnar Gunnarsson, 2013. Vinnsluspá fyrir Nesjavelli. Orkuveita Reykjavíkur skýrsla 2013-25.

Iðnaðarráðuneytið, 1994. Innlendar orkulindir til vinnslu raforku.

Jónas Ketilsson, Héðinn Björnsson, Sæunn Halldórsdóttir og Guðni Axelsson, 2009. Mat á vinnslugetu háhitasvæða. Orkustofnun skýrsla OS-2009/09.

Knútur Árnason og Ingvar Þór Magnússon, 2001. Jarðhiti við Hengil og á Hellisheiði. Niðurstöður viðnámsmælinga. Orkustofnun skýrsla OS-2001/091.

Knútur Árnason, 2007. TEM-viðnámsmælingar á Hengilssvæði 2006 og tillaga að rannsóknarborunum við Eldborg. ÍSOR-2007/005.

Kristján Sæmundsson, 1995a. Hengill, jarðfræðikort (berggrunnur) 1:50.000. Orkustofnun, Hitaveita Reykjavíkur, Landmælingar Íslands.

Kristján Sæmundsson, 1995b. Hengill, jarðhiti, ummyndun og grunnvatn 1:25.000. Orkustofnun, Hitaveita Reykjavíkur, Landmælingar Íslands.

Kristján Sæmundsson, 2003. Hellisheiðarvirkjun jarðfræðilegar aðstæður á virkjunarsvæði. Íslenskar Orkurannsóknir. Greinargerð KS 03/02. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur.

Kristján Sæmundsson, Haukur Jóhannesson, Árni Hjartarson, Sigurður Garðar Kristinsson og Magnús Á. Sigurgeirsson, 2010. Jarðfræðikort af Suðvesturlandi, 1:100.000. Íslenskar orkurannsóknir.

Mannvit, 2009. Landslag á Hengilssvæðinu.

Vatnaskil, 2014. Höfuðborgarsvæði – Grunnvatns- og rennislíkan. Árleg endurskoðun fyrir árið 2013. Vatnaskil, skýrsla nr. 14.16.

Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns, 2000. Nesjavallvirkjun áfangi 4B. Mat á umhverfisáhrifum. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. ([https://www.or.is/sites/default/files/2002\\_nesjavallavirkjun\\_staekkun\\_mat\\_a\\_umhverfisahrifum.pdf](https://www.or.is/sites/default/files/2002_nesjavallavirkjun_staekkun_mat_a_umhverfisahrifum.pdf))

Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns, 2003. Virkjun á Hellisheiði. Rafstöð allt að 120 MW. Varmastöð allt að 400 MW. Mat á umhverfisáhrifum. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. ([https://www.or.is/sites/default/files/2004\\_hellisheidarvirkjun\\_mat\\_a\\_umhverfisahrifum.pdf](https://www.or.is/sites/default/files/2004_hellisheidarvirkjun_mat_a_umhverfisahrifum.pdf)).

Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns, 2005. Stækkun Hellisheiðarvirkjunar. Mat á umhverfisáhrifum. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur ([https://www.or.is/sites/default/files/2005\\_hellisheidarvirkjun\\_staekkun\\_mat\\_a\\_umhverfisahrifum.pdf](https://www.or.is/sites/default/files/2005_hellisheidarvirkjun_staekkun_mat_a_umhverfisahrifum.pdf)).

VSÓ ráðgjöf, 2007a. Bitruvirkjun allt að 135 MWe jarðvarmavirkjun. Frummatsskýrsla. ([https://www.or.is/sites/default/files/bitruvirkjun - frummatsskyrsla.pdf](https://www.or.is/sites/default/files/bitruvirkjun_-_frummatsskyrsla.pdf)).

VSÓ ráðgjöf, 2007b. Hverahlíðarvirkjun allt að 90 MWe jarðvarmavirkjun. Frummatsskýrsla. ([https://www.or.is/sites/default/files/hverahlidarvirkjun - frummatsskyrsla.pdf](https://www.or.is/sites/default/files/hverahlidarvirkjun_-_frummatsskyrsla.pdf)).



# R3270A Gráuhnúkar

Virkjunarkostir til umfjöllunar í verndar- og  
orkunýtingaráætlun 3

Orkuveita Reykjavíkur / Orka náttúrunnar



Útgefandi: Orkuveita Reykjavíkur  
Kápumynd: Emil Þór  
Útgáfudagur: Janúar 2015  
Umsjón og ábyrgð: EG

Greinargerð nr. <b>2015-003</b>	Útgáfudagur <b>Janúar 2015</b>	Útgáfustaður <b>Reykjavík</b>
Heiti greinargerðar <b>Gráuhnúkar</b> <b>Virkjunarkostir til umfjöllunar í verndar- og orkunýtingaráætlun 3</b>		
Upplag <b>5 + pdf</b>	Fjöldi síðna <b>14</b>	Dreifing
Höfundur/ar <b>Einar Gunnlaugsson</b>		Verknúmer
Unnið fyrir <b>Orkuveitu Reykjavíkur og Orku náttúrunnar</b>		Samvinnuaðilar
Útdráttur Tekið er saman stutt yfirlit um Gráuhnúka fyrir verndar- og orkunýtingaráætlun 3.		
Efnisorð <b>Hengill, virkjunarkostir, rammaáætlun 3, Gráuhnúkar</b>		Yfirfarið <b>EG</b>





## Efnisyfirlit

1.	INNGANGUR .....	7
2.	HELSTU KENNISTÆRÐIR.....	8
3.	STAÐHÆTTIR .....	8
4.	JARÐVARMÍ.....	11
5.	NÝTING OG LOSUN AFFALLSVATNS.....	13
6.	TILVITNANIR.....	15

## Töflur

TAFLA 1.	HELSTU KENNISTÆRÐIR FYRIR JARÐVARMAVIRKJUN VIÐ GRÁUHNÚKA .....	8
----------	----------------------------------------------------------------	---

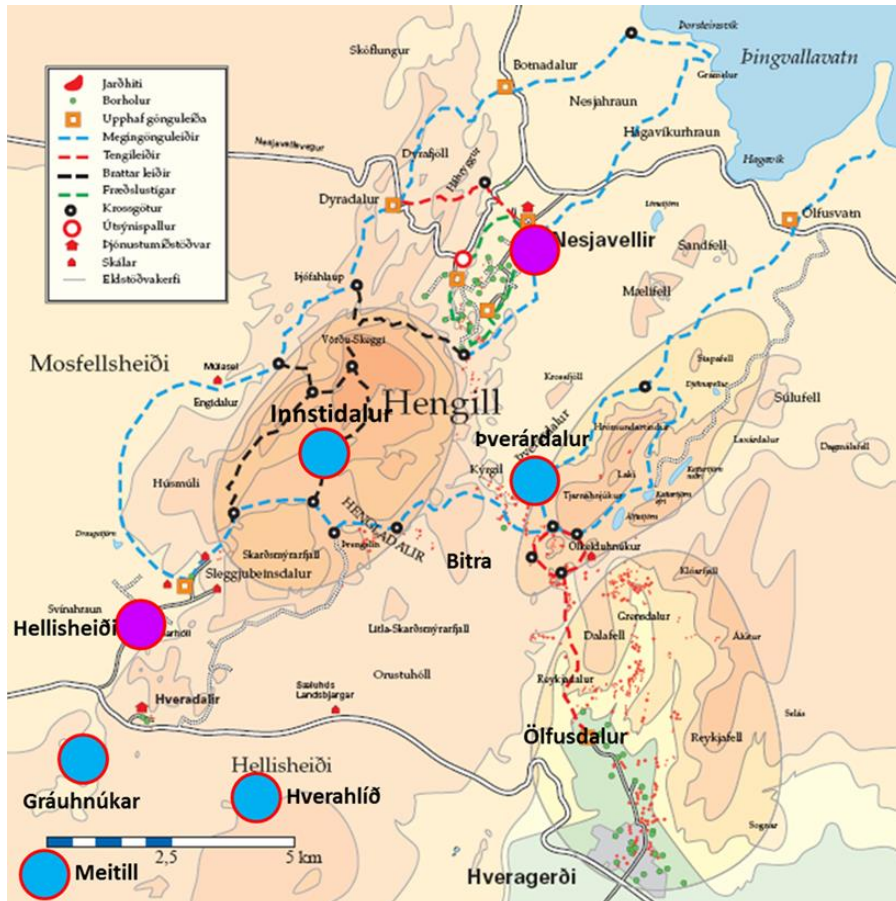
## Myndir

MYND 1.	HENGILSSVÆÐIÐ OG ELDSTÖÐVAKERFIN .....	7
MYND 2.	YFIRLITSKORT AF STAÐHÁTTUM OG FYRIRHUGUÐU FRAMKVÆMDASVÆÐI.....	9
MYND 3.	JARÐFRÆÐIKORT AF GRÁUHNÚKASVÆÐINU .....	10
MYND 4.	JARÐEDLISFRÆÐILEG GÖGN YFIRFÆRÐ Á SPRUNGU/MISGENGISKORT. ....	12
MYND 5.	BERGHITI Á GRÁUHNÚKASVÆÐINU Á 1000 M DÝPI UNDIR SJÓ.....	12
MYND 6.	AFMÖRKUN VINNUSLUSVÆÐA Á SUÐVESTUR HLUTA HENGILSSVÆÐIS .....	13
MYND 7.	DRÖG AÐ FRAMKVÆMDASVÆÐI VIÐ GRÁUHNÚKA .....	14



## 1. Inngangur

Í þessari greinargerð er fjallað um Gráuhnúka á Hengilssvæði sem Orkuveita Reykjavíkur/Orka náttúrunnar óskar eftir að tekin verði til umfjöllunar í þriðja áfanga rammaáætlunar. Staðurinn er sýndur á mynd 1.



Mynd 1. Hengilssvæðið og eldstöðvakerfin

Virkjanir á svæðinu eru sýndar með fjólubláum hringjum en svæði sem óskað er eftir til umfjöllunar í verndar- og orkunýtingaráætlun 3 eru sýndir með bláum hringjum.

## 2. Helstu kennistærðir

Svæðið við Gráuhnúka hefur verið notað sem niðurdælingasvæði fyrir Hellisheiðarvirkjun. Við borun niðurdælingahola sem eru djúpar stefnuboraðar holur og ná inn undir Gráuhnúkasvæðið kom í ljós hár hiti í botni holanna eða um 300°C. Hár hiti sem mælst hefur í holum við Gráuhnúka og Hverahlíð þykir benda til þess að til staðar séu öflugir varmagjafar og sjálfstæð uppstreymi í sprungureininni sunnan Hengils og Skarðsmýrarfjalls (Knútur Árnason, 2007).

Tafla 1. Helstu kennistærðir fyrir jarðvarmavirkjun við Gráuhnúka

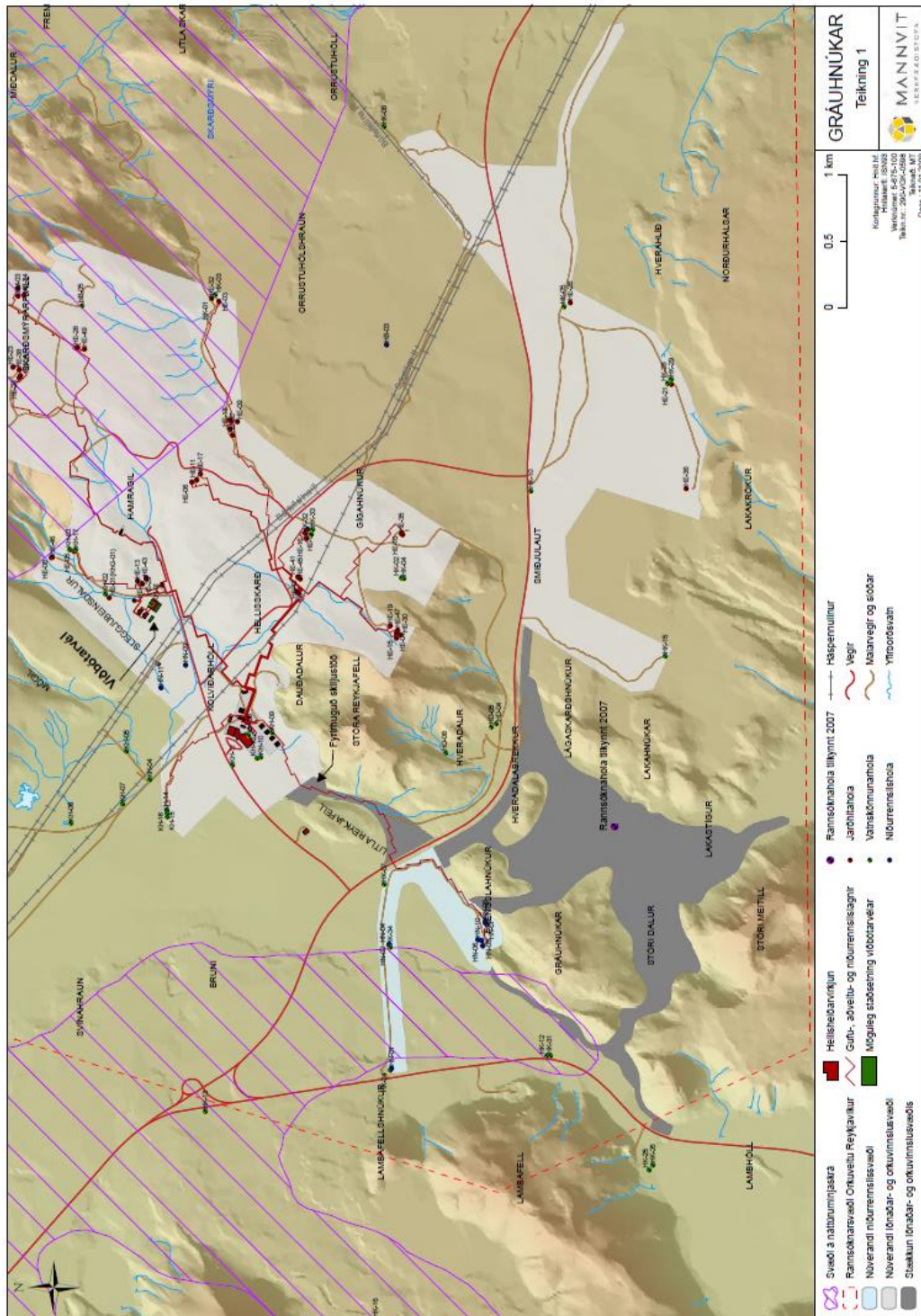
Helstu kennistærðir		Eining
Uppsett rafafli	45	MW <sub>e</sub>
Uppsett varmaafli	40	MW <sub>th</sub>
Raforka	369	GWh/ári
Nýtingatími	8200	Klst./ári
Flatarmál lágviðnámskápu	0	km <sup>2</sup>
Flatarmál háviðnámskjarna	0	km <sup>2</sup>
Flatarmál nýtingarsvæðis	4,2	km <sup>2</sup>
Flatarmál framkvæmdasvæðis	Á ekki við	km <sup>2</sup>

## 3. Staðhættir

Fyrirhugað vinnslusvæði við Gráuhnúka er á suðurhluta Hengilssvæðisins, sunnan Suðurlandsvegur og tengist núverandi virkjunarsvæði Hellisheiðarvirkjunar norðan vegarins. Austan Gráuhnúkasvæðisins er virkjunarsvæði Hverahlíðarvirkjunar. Í endurskoðuðu Aðalskipulagi Ölfuss 2010-2022 sem staðfest var 21. september 2012 er skilgreint iðnaðarsvæði til orkuvinnslu við Gráuhnúka (I.19). Orkuvinnslusvæði við Gráuhnúka er um 300 ha.

Vinnslusvæðið við Gráuhnúka er nokkuð flatt, en umkringgt af móbergsstöpum og hryggjum. Á flatlendi eru gróin hraun ásamt lausum jarðlögum undir fjallshlíðum. Svæðið sem hefur verið afmarkað vegna orkuvinnslu fyrir Hellisheiðarvirkjun við Gráuhnúka er að mestu leyti á milli Stóra-Meitils, Gráuhnúka og Lakahnúka. Í miðju svæðisins eru Stóridalur og Lakastígur en norðurmörkin liggja að Suðurlandsvegi (sjá mynd 2).

Berggrunnur á svæðinu er að mestu móberg sem myndast hefur undir jökli á síðustu jökulskeiðum ísaldar. Hellisheiði og Gráuhnúkasvæðið er þakið hraunum sem runnið hafa eftir að ísöld lauk. (Kristján Sæmundsson, 1995a, 1995b og 2003).

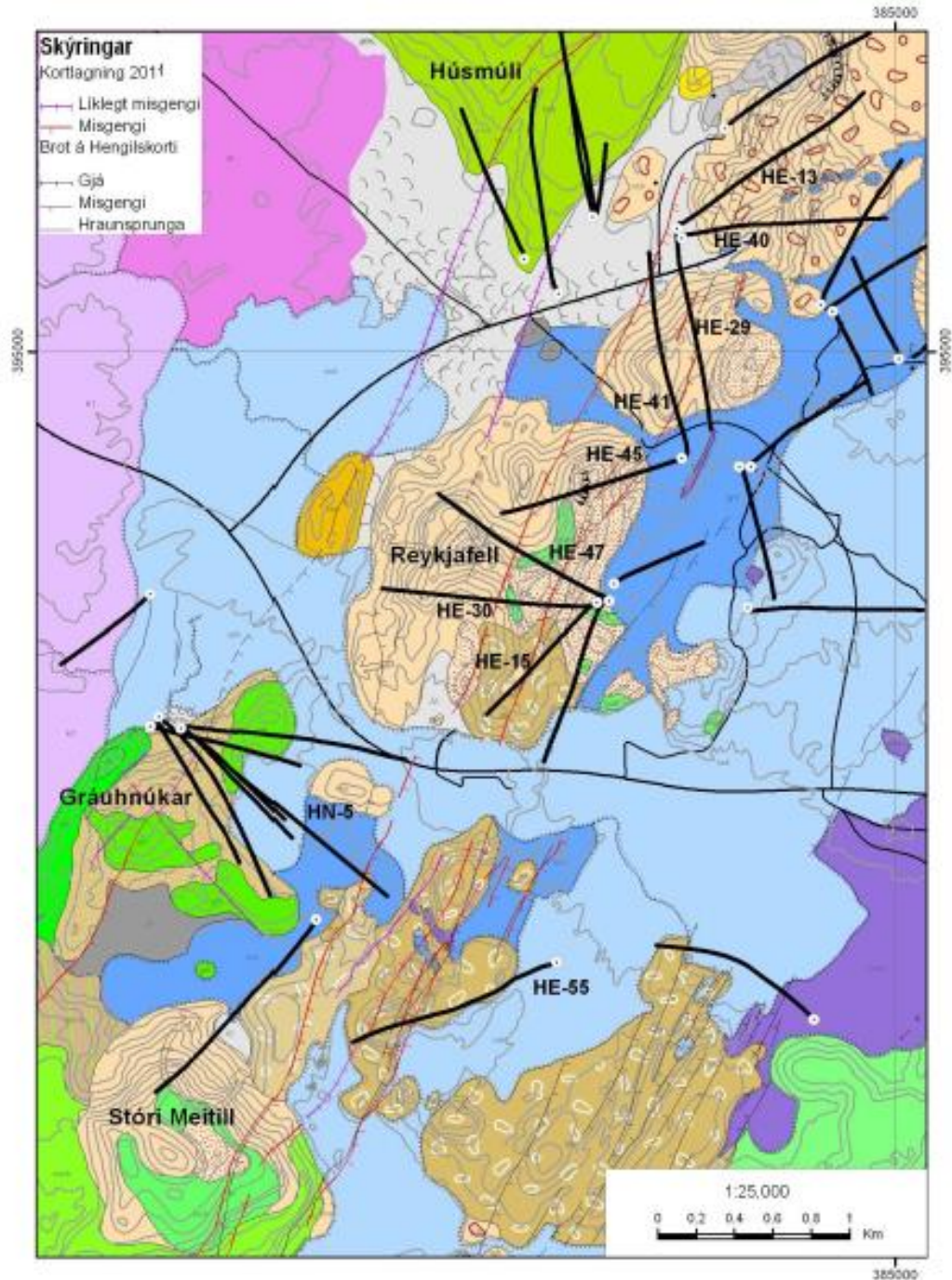


Mynd 2. Yfirlitskort af staðhátum og fyrirhuguðu framkvæmdasvæði

Svæðið í kringum Gráuhnúka og Þrengslahnúk er hluti af móbergsmýndun sem hefur stefnu í norð-norðaustur. Ofan á móbergi liggur brotin grágrýtishella, en talið er að svæðið samanstandi af tveimur gosmyndunum (Kristján Sæmundsson o.fl., 1990). Svokallað Húsmúlamiðgengi liggur frá Sleggjubæisdal um Kolviðarhól og Litla Reykjafell, allt að Gráuhnúkum. Um er að ræða siggengi en austurhluti þess hefur sigið um 150-200 metra, en sú hreyfing kemur vel fram í borholum sem boraðar hafa verið undir



Gráuhnúka til austurs. Annað stórt siggengi liggur í sömu stefnu en austar um Lágaskarðshnúk og Lakahnúka yfir í Stóra-Meitill, en þar er sigið talsvert minna (Björn S. Harðarson o.fl., 2007). Mynd 3 er úr greinargerð Björns S. Harðarsonar og Sigurðar G. Kristinssonar (2012).



Mynd 3. Jarðfræðikort af Gráuhnúkasvæðinu

## 4. Jarðvarmi

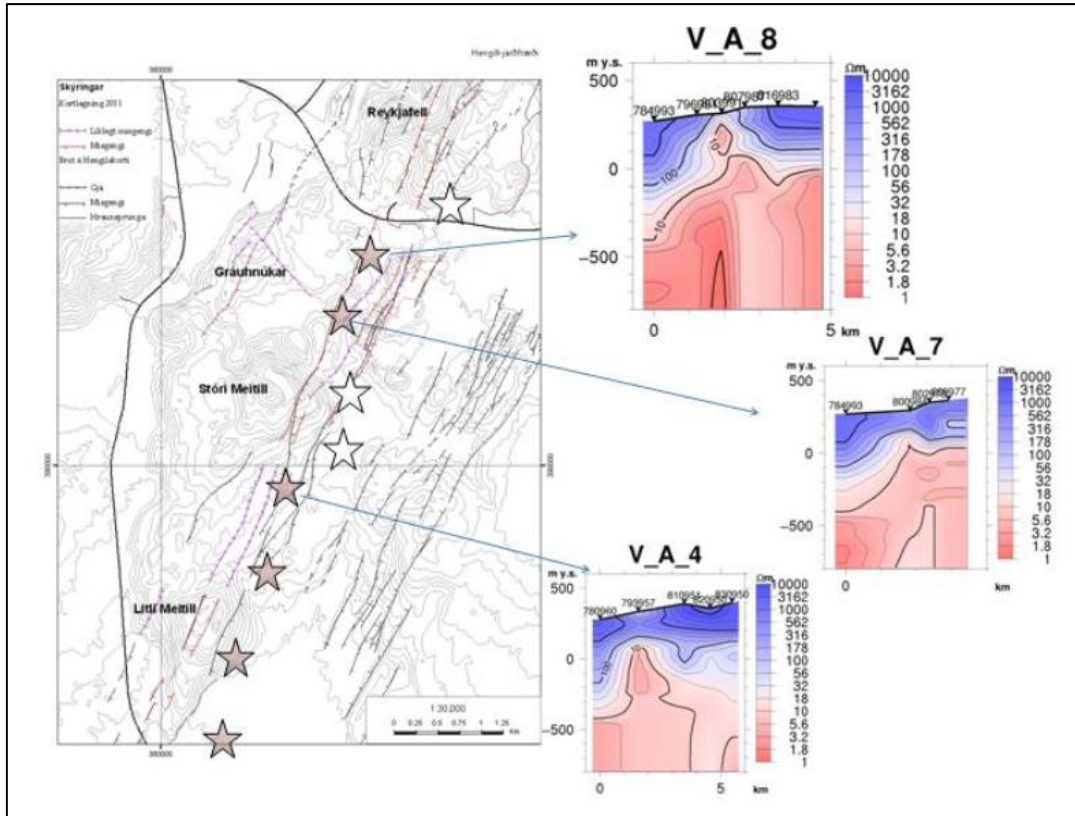
Enginn jarðhiti er á yfirborði fyrirhugaðs framkvæmdasvæðis við Gráuhnúka og þar af leiðandi voru engar jarðefnafræðilegar vísbendingar fyrir hendi um eiginleika jarðhitans á þessum slóðum. Jarðfræði svæðisins hefur verið kortlögð og gerðar jarðeðlisfræðilegar mælingar svo sem viðnámsmælingar, þyngdarmælingar og segulmælingar.

Jarðeðlisfræðileg gögn benda til þess að háhitaummyndun sé til staðar sunnarlega í sprungurein Hengilsins (Knútur Árnason, 2007). Þær vísbendingar ásamt borunum sýna að öflugt háhitakerfi er undir Gráuhnúkum án þess að þess sjáist merki á yfirborði. Háhitavirknin virðist teygja sig lengra til suðurs en áður var talið. Úr því verður þó ekki skorið nema með borunum. Nú hefur verið boruð ein rannsóknarhola inni á svæðinu, hola HE-57. Þær mælingar sem gerðar hafa verið í HE-57 benda til þess að hún geti verið nærri austurjaðri jarðhitans við Gráuhnúka.

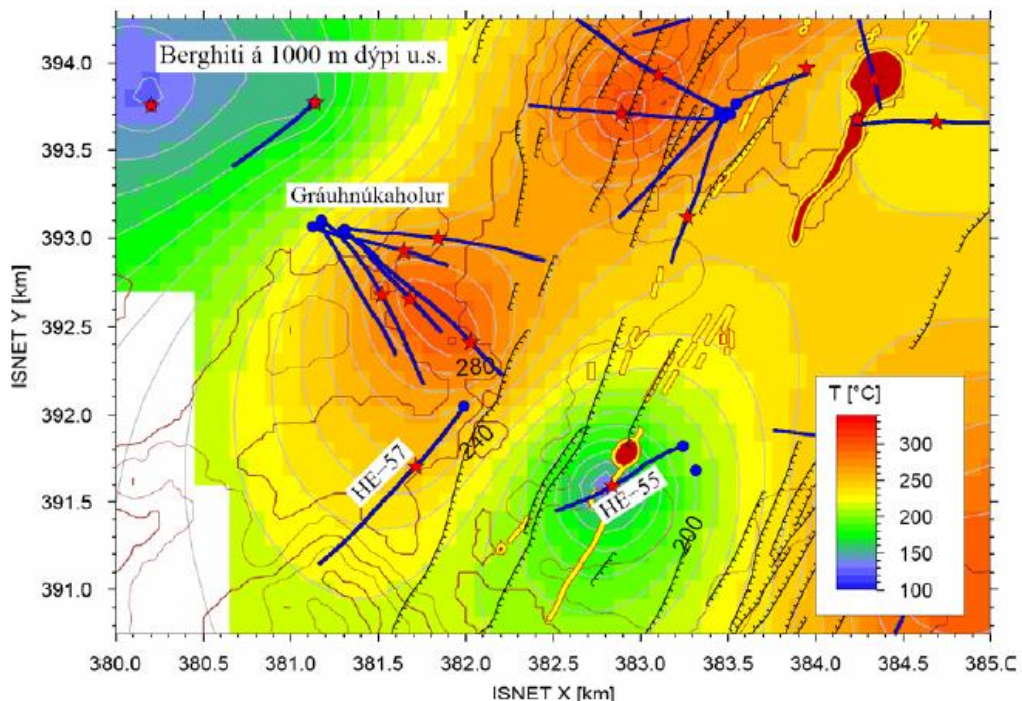
Í skýrslu Knúts Árnasonar og Ingvars Þórs Magnússonar (2001) var gerð grein fyrir TEM-mælingum við Hengil og á Hellisheiði frá árunum 1999 og 2000. Mælingarnar voru túlkaðar ásamt eldri TEM-mælingum og gefin heildarmynd af viðnámskipan á svæðinu niður á 1 km dýpi. Rannsóknir Knúts Árnasonar (2007) benda til þess að háhitaummyndun sé til staðar sunnarlega í sprungurein Hengilsins og teygja sig suður fyrir Gráuhnúka. Við úrvinnslu TEM-mælinga á suðvestanverðu Hengilssvæðinu frá 2006 vöktu athygli viðnámsóreglur í nokkrum mælingum. Við nánari skoðun á mælingunum á suðvestanverðu Hengilssvæði kom í ljós að viðnámsóreglur lögðust á línu frá Reykjafelli og í suðsuðvestur, austan við Litla-Meitil. Líklegt þótti því að þarna væri, eða hefði verið, uppstreymisrás sem er (var) nægjanlega öflug til að mynda frávik í viðnámi (Ragna Karlsdóttir, 2011). Á mynd 4 sýna stjörnur þau svæði þar sem lágt við nám teygir sig upp í jarðlagastaflanum. Þessi svæði liggja í eða við Reykjafellssigdældina samkvæmt kortlagningu á Björns S. Harðarsonar og Sigurðar G. Kristinssonar (2012) á svæðinu.

Í endurskoðuðu reiknilíkani fyrir Hengilssvæðið var varmabúskapur líkansins lagaður að nýrri þekkingu á útbreiðslu berghita á Hellisheiði. Hæsti hitinn virðist vera staðbundinn (Gunnar Gunnarsson, 2010). Mikinn hita er að finna sunnan Hengilsins á Hellisheiði. Sá hiti er mestur á beltum sem liggja frá Gráuhnúkum í suðvestri um Reykjafell og Hellisskarð að Skarðsmýrarfjalli. Um suðurjaðar jarðhitans er ekkert vitað með vissu og alls ekki ljóst hvort og þá hve langt hann nær suður fyrir orkuvinnslusvæðið við Gráuhnúka. Mynd 5 sýnir berghita á Gráuhnúkasvæðinu á 1000 m dýpi undir sjó. Myndin er byggð á gögnum úr borholum.

Í líkanreikningunum var gert ráð fyrir að hitinn við Gráuhnúka væri afmarkaður til austurs af holu HE-57. Hitauppsprettan var látin vera u.þ.b. undir miðjum holusveimnum við Gráuhnúka og suðurjaðar jarðhitans látinn enda rétt sunnan við Gráuhnúkasvæðið. Talið er mögulegt að hitinn nái lengra til suðurs. Austurjaðar svæðisins afmarkist við holu HE-57. Vesturjaðar svæðisins kemur skýrt fram í niðurrennslisholum sem boraðar hafa verið vestan við vinnslusvæðið á Hellisheiði.



Mynd 4. Jarðeðlisfræðileg gögn yfirfærð á sprungu/misgengiskort.



Mynd 5. Berghiti á Gráuhnúkasvæðinu á 1000 m dýpi undir sjó

Holutoppur eru táknðir með bláum punktum og holuferlar skáboraðra holna með bláum línum. Hitinn er metinn út frá hitamælingum í borholum á svæðinu og sýnir rauð stjarna staðsetningu þeirra mæligilda sem notuð eru við að teikna berghitann. Inná kortið eru einnig teiknuð misgengi (kambaðar línur) og gosmenjar frá nútíma (gulbryddaðar rauðar skellur).

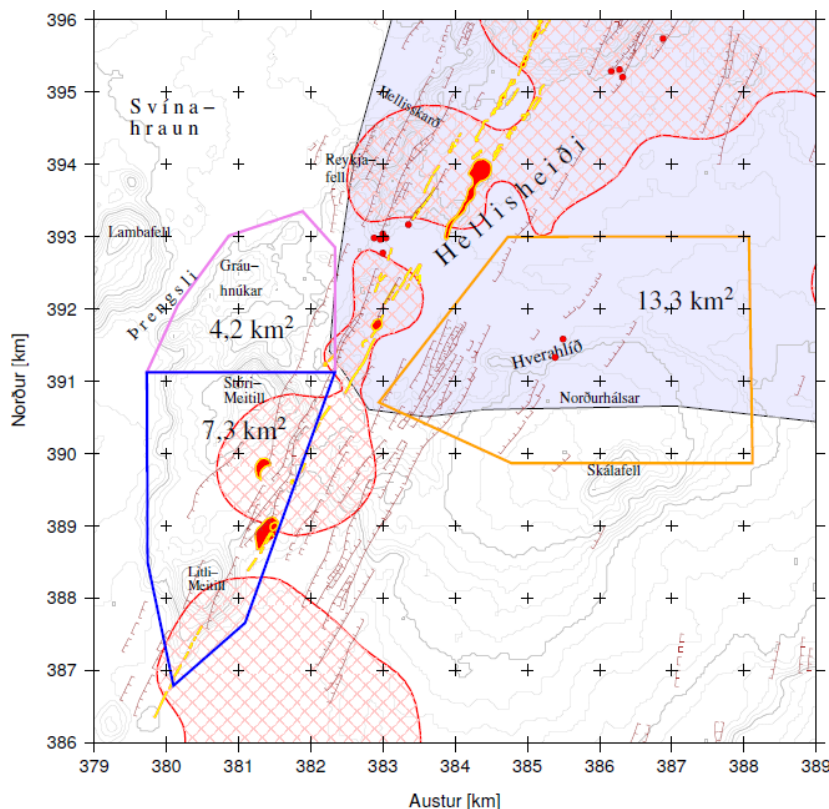


## 5. Nýting og losun affallsvatns

Mynd 6 sýnir afmörkun nýtingarsvæðisins við Gráuhnúka sem hér hefur verið lýst. Grái flekkurinn er afmörkun háhitasvæðisins í Hengli skv. skýrslu Iðnaðarráðuneytisins frá 1994. Sú afmörkun var byggð á hita, ummyndunar og dreifingu viðnáms. Rauðskástrikuðu svæðin tákna háviðnámskjarna. Gráuhnúkasvæðið er rétt vestan við skilgreinda lágviðnámsvæðið og utan þess svæðis sem háviðnámskjarninn nær yfir. Eins og áður hefur komið fram þá fannst um 300°C hiti þegar niðurdælingaholur voru boraðar inn undir þetta svæði. Því getur lágviðnámið legið dýpra en sást í eldri mælingum. Iðnaðarsvæði hefur verið skilgreint í skipulagi og fyrstu drög að framkvæmdasvæði verið skilgreint (mynd 7).

Gert er ráð fyrir að jarðhitinn verði nýttur við Hellisheiðarvirkjun. Áður en til þess kemur þarf að vera búið að leysa losun affallsmála við Hellisheiðarvirkjun á annan hátt en nú er. Losun affallsvatns frá Gráuhnúkasvæðinu munu vera í tengslum við losun affallsvatns Hellisheiðarvirkjunar en einnig verður athugað hvort hægt verði að losa hluta affallsvatns á eða við svæðið.

Notkun jarðhitans við Gráuhnúka hefur einkum verið hugsaður til að viðhalda núverandi orkuvinnslu í Hellisheiðarvirkjun. Þá yrðu hluti þeirra 15-25 viðbótarhola boraðar við Gráuhnúka



Mynd 6. Afmörkun vinnslusvæða á suðvestur hluta Hengilssvæðis

Grái flekkurinn er afmörkun háhitasvæðisins í Hengli skv. skýrslu Iðnaðarráðuneytisins frá 1994. Sú afmörkun var byggð á hita, ummyndunar og dreifingu viðnáms. Rauðskástrikuðu svæðin tákna háviðnámskjarna. Gul-, blá- og bleiklitaðar útlínur tákna afmörkun mismunandi nýtingarsvæða.



Mynd 7. Drög að framkvæmdasvæði við Gráuhnúka

## 6. Tilvitnanir

Björn S. Harðarson, Helga M. Helgadóttir og Hjalti Franzson (2007). Hellsheiðarvirkjun. Niðurrenslissvæðið við Gráuhnúka. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2007/001.

Björn S. Harðarson, Sigurður G. Kristinsson, 2012. Jarðfræðikortlagning á Gráuhnúka-svæði Sigdalurinn milli Reykjafells og Litla-Meitils. ÍSOR -2012/001.

Gunnar Gunnarsson, 2010. Spá um viðbrögð jarðhitakerfisins á Hellsheiði við vinnslu. Orkuveita Reykjavíkur skýrsla 2010-9.

Iðnaðarráðuneytið, 1994. Innlendir orkulindir til vinnslu raforku.

Knútur Árnason og Ingvar Þór Magnússon, 2001. Jarðhiti við Hengil og á Hellsheiði. Niðurstöður viðnámsmælinga. Orkustofnun skýrsla OS-2001/091.

Knútur Árnason, 2007. TEM-viðnámsmælingar á Hengilssvæði 2006 og tillaga að rannsóknarborunum við Eldborg. ÍSOR-2007/005.

Kristján Sæmundsson, 1995a. Hengill, jarðfræðikort (berggrunnur) 1:50.000. Orkustofnun, Hitaveita Reykjavíkur, Landmælingar Íslands.

Kristján Sæmundsson, 1995b. Hengill, jarðhiti, ummyndun og grunnvatn 1:25.000. Orkustofnun, Hitaveita Reykjavíkur, Landmælingar Íslands.

Kristján Sæmundsson, 2003. Hellsheiðarvirkjun jarðfræðilegar aðstæður á virkjunarsvæði. Íslenskar Orkurannsóknir. Greinargerð KS 03/02. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur.

Kristján Sæmundsson, Snorri P. Snorrason og Guðmundur Ó. Friðleifsson (1990). Skýrsla um jarðfræðikort af suðurhluta Hengilssvæðis milli Hengladala og Krossfjalla. Orkustofnun, OS-90008/JHD-02 B.

Mannvit, 2009. Nýting jarðhita við Gráuhnúka fyrir Hellsheiðarvirkjun. Drög að tillögu að matsáætlun. (<https://www.or.is/sites/default/files/skgra1002.pdf>).

Ragna Karlsdóttir (2011). Jarðhitasprunga við Litla-Meiti á Hengilssvæði. Rýnt í viðnámsmælingar. Íslenskar orkurannsóknir, greinargerð, ÍSOR-11017.